

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 1 (163) 2021

УДК 631/635(062.552):378.4(477.41)БНАУ
А 26

Агробіологія = Agrobiology: збірник наукових праць. № 1 (163) 2021. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2021. 223 с. DOI 10.33245

Засновник, редакція, видавець і виготовлювач:
Білоцерківський національний аграрний університет (БНАУ)

Збірник розглянуто і затверджено до друку рішенням Вченої ради БНАУ
(Протокол № 4 від 25.05.2021 р.)

«Агробіологія» («Agrobiology») – збірник наукових праць є фаховим виданням, який включено до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б» (Наказ Міністерства освіти і науки України № 1643 від 28.12.2019 р.), і є продовженням «Вісника Білоцерківського державного аграрного університету», започаткованого 1992 року. Збірник представлено на порталі Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського, включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Google Scholar, Crossref.

Редакційна колегія:

Головний редактор – **Карпук Л.М.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна
Заступник головного редактора – **Єзерковська Л.В.**, канд. с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Члени редакційної колегії:

Базиль П., гол. інженер, Французька асоціація географічної інформації (AFIGEO), Сен-Манде, Франція
Белік П., д-р габіл., проф., Словацький сільськогосподарський університет, Нітра, Словацька Республіка
Броун Р., д-р наук, Університетський коледж Writtle, Ессекс, Великобританія
Вахній С.П., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна
Демидась Г.І., д-р с.-г. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна
Іващенко О.О., д-р с.-г. наук, проф., академік НААН, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київ, Україна
Лавров В.В., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна
Литвиненко М.А., д-р с.-г. наук, проф., академік НААН, Селекційно-генетичний інститут Національного центру насіннезнавства та сортовивчення, Одеса, Україна
Лобачова С.В., ст. викладач, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна
Ніколсон С., д-р філософії, ст. викладач, Університетський коледж Writtle, Ессекс, Великобританія
Примак І.Д., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна
Сич З.Д., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна
Стасєв Г., д-р наук, проф., Державний аграрний університет, Кишинів, Молдова
Террі С., д-р філософії, Університетський коледж Writtle, Ессекс, Великобританія
Ткаченко Н., д-р філософії, Університет Варвіка, Ковентрі, Великобританія
Хахула В.С., канд. с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна
Шароглазова Г.О., канд. техн. наук, доц., Полоцький державний університет, Полоцьк, Білорусь
Шмідке К., д-р наук, проф., Дрезденський університет прикладних наук, Дрезден, Німеччина

Editorial board:

Editor-in-Chief – **Karpuk L.M.**, D.Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine
Deputy Editor-in-Chief – **Ezerkovska L.V.**, PhD, Assistant Professor, Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Members of editorial board:

Bazile P., Chief Engineer, French Association for Geographic Information (AFIGEO), Saint-Mandé, France
Bielik P., D. habil., Prof., Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic
Browne R., PhD, Writtle University College, Essex, United Kingdom
Demydas' G.I., D.Sc., Prof., National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine

Ivashchenko O.O., D.Sc., Prof., Academician of NAAS, Institute of bioenergy crops and sugar beet NAAS, Kyiv, Ukraine

Khakhula V.S., PhD, Ass. Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Lavrov V.V., D.Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Lytvynenko M.A., D.Sc., Prof., Academician of NAAS, Breeding and Genetic Institute of the National Center for Seed Science and Variety Research, Odessa, Ukraine

Lobachova S.V., Senior Lecturer, Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Nicholson S., PhD, Senior Lecturer, Writtle University College, Essex, United Kingdom

Prymak I.D., D.Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Schmidtke K., D.Sc., Prof., University of Applied Sciences, Dresden, Germany

Sharoglazova G.O., PhD, Ass. Prof., Polotsk State University, Polotsk, Belarus

Stasyev G., D.Sc., Prof., National Agricultural University of Moldova, Kyshyniv, Moldova

Sych Z.D., D.Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Terry S., PhD, Writtle University College, Essex, United Kingdom

Tkachenko N., PhD, University of Warwick, Coventry, United Kingdom

Vakhniy S.P., D.Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Редакционная коллегия:

Главный редактор – **Карпук Л.М.**, д-р с.-х. наук, проф., Белоцерковский НАУ, Белая Церковь, Украина
Заместитель главного редактора – **Езерковская Л.В.**, канд. с.-х. наук, доц., Белоцерковский НАУ, Белая Церковь, Украина

Члены редакционной коллегии:

Базиль П., глав. инженер, Французская ассоциация географической информации (AFIGEO), Сен-Манде, Франция

Белик П., д-р габил., проф., Словацкий сельскохозяйственный университет, Нитра, Словацкая Республика

Бруун Р., д-р наук, Университетский колледж Writtle, Эссекс, Великобритания

Вахний С.П., д-р с.-х. наук, проф., Белоцерковский НАУ, Белая Церковь, Украина

Демьдаць Г.И., д-р с.-х. наук, проф., Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина

Иващенко А.А., д-р с.-х. наук, проф., академик НААН, Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН, Киев, Украина

Лавров В.В., д-р с.-х. наук, проф., Белоцерковский НАУ, Белая Церковь, Украина

Литвиненко Н.А., д-р с.-х. наук, проф., академик НААН, Селекционно-генетический институт Национального центра семеноводства и сортоизучения, Одесса, Украина

Лобачова С.В., ст. преподаватель, Белоцерковский НАУ, Белая Церковь, Украина

Николсон С., д-р философии, ст. преподаватель, Университетский колледж Writtle, Эссекс, Великобритания

Прымак И.Д., д-р с.-х. наук, проф., Белоцерковский НАУ, Белая Церковь, Украина

Стасев Г., д-р наук, проф., Государственный аграрный университет, Кишинев, Молдавия

Сыч З.Д., д-р с.-х. наук, проф., Белоцерковский НАУ, Белая Церковь, Украина

Терри С., д-р философии, Университетский колледж Writtle, Эссекс, Великобритания

Ткаченко Н., д-р философии, Университет Варвика, Ковентри, Великобритания

Хахула В.С., канд. с.-х. наук, доц., Белоцерковский НАУ, Белая Церковь, Украина

Шароглазова Г.А., канд. техн. наук, доц., Полоцкий государственный университет, Полоцк, Беларусь

Шмидке К., д-р наук, проф., Дрезденский университет прикладных наук, Дрезден, Германия

Адреса редакції: Білоцерківський національний аграрний університет, Соборна площа, 8/1, м. Біла Церква, 09117, Україна, e-mail: redakciavidil@ukr.net.

ЗМІСТ

АГРОНОМІЯ

Прυμαк І., Карпук Л., Yermolaiev M., Pavlichenko A., Filipova L. Main criteria for evaluation of efficiency and contradictions in the process of crop rotation implementation (<i>Примац І.Д., Карпук Л.М., Єрмолаєв М.М., Павліченко А.А., Філіпова Л.М. Основні критерії оцінювання ефективності і протиріч у процесі реалізації сівозмін</i>).....	7
Волкова О.М., Беляєв В.В., Скиба В.В., Пришляк С.П., Гейко М.М., Закономірності накопичення ¹³⁷ Cs у надземних та підземних органах повітряно-водяних рослин водоєм Полісся та Лісостепу України.....	15
Ганженко О.М. Енергетична продуктивність сорго цукрового залежно від строків збирання урожаю в центральній частині Лісостепу України.....	23
Дубчак О.В., Андрєєва Л.С., Вакуленко П.І., Паламарчук Л.Ю. Створення гібридів цукрових буряків нового покоління.....	32
Євчук Я.В., Кононенко Л.М., Войтовська В.І., Третякова С.О. Амінокислотний склад незнежиреного борошна кунжутного та перспективи його використання у виробництві органічних продуктів спеціального призначення.....	41
Єщенко В.О., Коваль Г.В., Калієвський М.В. Причини зниження урожайності польових культур на фоні пшоскорізного основного обробітку ґрунту.....	49
Кліпакова Ю.О., Білоусова З.В., Коротка І.О., Кенєва В.А. Вплив передпосівного оброблення насіння різнокомпонентними протруйниками на стан пігментного комплексу пшениці озимої в умовах Південного Степу України.....	59
Кубрак С.М., Гуменюк Ю.В., Ус О.І., Волошина О.І. Класифікація сортів часнику озимого методом кластерного аналізу в умовах Правобережного Лісостепу України.....	68
Любич В.В., Желєзна В.В. Хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти залежно від удобрення і тривалості зберігання.....	75
Любич В.В., Полянецька І.О. Оцінювання сортів пшениці твердої озимої за показниками росту та розвитку.....	85
Мищенко С.В. Стативна структура конвергентних гібридів конопель.....	93
Лозінський М.В., Устинова Г.Л., Панченко Т.В. Особливості прояву ступеня фенотипового домінування за довжиною стебла в F ₁ пшениці м'якої озимої.....	104
Пида С.В., Конончук О.Б., Тригуба О.В., Гурська О.В. Ефективність застосування мікробіологічних препаратів Ризобофит та Ризогумін за біометричними показниками бобів (<i>Faba bona Medic</i>).....	115
Правдива Л.А. Урожайність сорго зернового залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України.....	122
Примац І.Д., Єрмолаєв М.М., Панченко О.Б., Ображій С.В., Войтовик М.В., Присяжнюк Н.М., Панченко І.А., Філіпова Л.М. Зміна запасів продуктивної ґрунтової вологи під агрофітоценозами залежно від систем основного обробітку в короткоротаційній сівозміні.....	131
Рожков А.О., Демков Д.В. Польова схожість насіння і виживаність рослин сафлору красильного (<i>Carthamus tinctorius L.</i>) залежно від ширини міжрядь та норми висіву.....	145
Сабадин В.Я., Сидорова І.М., Куманська Ю.О., Бурлаченко Д.О. Успадкування стійкості проти збудника борошнистої роси ячменю ярого (<i>Erysiphe graminis f. sp. hordei</i>) в F ₁ та мінливість у F ₂ в умовах Правобережного Лісостепу України.....	156
Чинчик О.С., Оліфірович С.Й., Оліфірович В.О. Тривалість вегетації та продуктивність сортів квасолі звичайної в умовах південної частини Лісостепу західного.....	166
Шубенко Л.А., Шох С.С., Федорук Ю.В., Михайлюк Д.В., Вуйко А.М. Вміст основних хімічних елементів у плодах черешні різних строків досягання.....	173

ЕКОЛОГІЯ

Beznosko I., Parfenyuk A., Gorgan T., Gavrilyuk L., Turovnik Y. Ecological significance of winter wheat varieties in phytosanitary optimization of agroecosystems (<i>Безноско І.В., Парфенюк А.І., Горган Т.М., Гаврилюк Л.В., Туровнік Ю.А. Екологічне значення сортів пшениці озимої у фітосанітарній оптимізації агроєкосистем</i>).....	180
Grabovska T., Jelínek M., Shevchenko V. Effect of organic farming on the ladybird beetle diversity (Coleoptera: Coccinellidae) (<i>Грабовська Т.О., Єлінек М., Шевченко В.О. Вплив органічного землеробства на різноманітність жуків-сонечок (Coleoptera: Coccinellidae)</i>).....	188
Michel R., Romanchuk L. Investigations of radiation exposures in the aftermath of the Chernobyl accident (<i>Мішель Р., Романчук Л.Д. Дослідження радіаційного впливу після аварії на Чорнобильській АЕС</i>).....	198
Марченко А.Б., Хрик В.М., Масальський В.П., Роговський С.В., Олешко О.Г., Крупа Н.М., Жихарева К.В., Бойко В.М. Дендроценоз внутрішнього двору головного корпусу Білоцерківського національного аграрного університету: різноманіття, вікова структура та життєвий стан.....	206
Нікітіна О.В. Екологічна оцінка ступеня забруднення чорнозему опідзоленого радіоактивними нуклідами за тривалого землекористування.....	217

CONTENT

AGRONOMY

Prymak I., Karpuk L., Yermolaiev M., Pavlichenko A., Filipova L. Main criteria for evaluation of efficiency and contradictions in the process of crop rotation implementation.....	7
Volkova O., Belyaev V., Skyba V., Prishlyak S., Heiko M. The regularities of ¹³⁷ Cs accumulation in the above- and underground parts of aerial-and-aquatic plants originated from various types of reservoirs in the Polissia and the Forest-Steppe of Ukraine.....	15
Hanzhenko O. Energy productivity of sugar sorghum in the central part of the Forest-steppe of Ukraine depending on the harvesting time.....	23
Dubchak O., Andreyeva L., Vakulenko P., Palamarchuk L. Creation of new generation sugar beet hybrids	32
Yevchuk Y., Kononenko L., Voitovska V., Tretiakova S. Amino acid composition of low-fat sesame flour and prospects for its use in manufacturing organic products for special purposes.....	41
Yeshchenko V., Koval G., Kalievsky M. The reasons for the decrease in the field crops yield against the background of flat-cut basic tillage.....	49
Klipakova Yu., Bilousova Z., Korotka I., Keneva V. Influence of seed pre-sowing treatment with multicomponent treaters on the condition of winter wheat pigment complex in the Southern Steppe of Ukraine....	59
Kubrak S., Humeniuk Yu., Us O., Voloshyna O. Winter garlic variety cluster analysis under conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	68
Liubych V., Zheliezna V. Bakery properties of spelt wheat grain depending on fertilization and storage period.....	75
Liubych V., Polianetska I. Evaluation of durum winter wheat varieties by growth and development indicators.....	85
Mishchenko S. Sex structure of hemp convergent hybrids.....	93
Lozinskiy M., Ustinova H., Panchenko T. Peculiarities of the phenotypic dominance degree manifestation by stem length in F ₁ bread winter wheat.....	104
Pyda S., Kononchuk O., Tryhuba O., Hurska O. The effectiveness of Ryzobofit and Ryzohumin microbiological preparations use for beans biometric indicators (<i>Faba bona Medic</i>).....	115
Pravdyva L. Energy productivity of grain sorghum depending on the elements of cultivation technology in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	122
Prymak I., Yermolayev M., Panchenko O., Obrazhiy S., Voitovyk M., Prysiazhniuk N., Panchenko I., Filipova L. Change of the productive soil moisture amount under different agrophytocenoses in accordance with the used tillage system in short-term crop rotation.....	131
Rozhkov A., Demkov D. Field germination and preservation of safflower plants (<i>Carthamus tinctorius L.</i>) depending on the row-spacing width and seeding rate.....	145
Sabadyn V., Sydorova I., Kumanska Yu., Burlachenko D. Inheritance of resistance of spring barley to <i>Erysiphe graminis</i> f. sp. <i>hordei</i> in F ₁ and variability in F ₂ in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	156
Chynchyk O., Olifirovych S., Olifirovych V. Vegetation duration and productivity of common bean varieties in the southern part of the western Forest-steppe.....	166
Shubenko L., Shokh S., Fedoruk Yu., Mykhailiuk D., Vuiko A. The content of the main chemical elements in sweet cherry fruits of different ripening periods.....	173

ECOLOGY

Beznosko I., Parfenyuk A., Gorgan T., Gavrilyuk L., Turovnik Y. Ecological significance of winter wheat varieties in phytosanitary optimization of agroecosystems.....	180
Grabovska T., Jelínek M., Shevchenko V. Effect of organic farming on the ladybird beetle diversity (Coleoptera: Coccinellidae).....	188
Michel R., Romanchuk L. Investigations of radiation exposures in the aftermath of the Chernobyl accident.....	198
Marchenko A., Khryk V., Masalskyi V., Rogovskyi S., Oleshko O., Krupa N., Zhykhareva K., Boyko V. Dendrocenosis of the Bila Tserkva national agricultural university main building courtyard: diversity, age and condition.....	206
Nikitina O. Environmental evaluation of nuclide pollution rate of podzolized chernozem after long land use.....	217

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ


Прымак І., Карпук Л., Yermolaiev M., Pavlichenko A., Filipova L. Main criteria for evaluation of efficiency and contradictions in the process of crop rotation implementation (<i>Прымак І.Д., Карпук Л.М., Ермолаев Н.Н., Павличенко А.А., Филипова Л.М. Основные критерии оценки эффективности и противоречий в процессе реализации севооборотов</i>).....	7
Волкова О.Н., Беляев В.В., Скуба В.В., Пришляк С.П., Гейко М.Н. Закономерности накопления ¹³⁷ Cs в надземных и подземных органах воздушно-водяных растений водоемов Полесья и Лесостепи Украины.....	15
Ганженко А.Н. Энергетическая продуктивность сахарного сорго в зависимости от сроков уборки урожая в центральной части Лесостепи Украины.....	23
Дубчак О.В., Андреева Л.С., Вакуленко П.И., Паламарчук Л.Ю. Создание гибридов сахарной свеклы нового поколения.....	32
Евчук Я.В., Кононенко Л.М., Войтовская В.И., Третьякова С.А. Аминокислотный состав необезжиренной кунжутной муки и перспективы ее использования в производстве органических продуктов специального назначения.....	41
Ещенко В.Е., Коваль Г.В., Калиевский М.В. Причины снижения урожайности полевых культур на фоне плоскорезной основной обработки почвы.....	49
Клипакова Ю.А., Белоусова З.В., Короткая И.А., Кенева В.А. Влияние предпосевной обработки семян разнокомпонентными протравителями на состояние пигментного комплекса пшеницы озимой в условиях Южной Степи Украины.....	59
Кубрак С.М., Гуменюк Ю.В., Ус О.И., Волошина Е.И. Классификация сортов чеснока озимого методом кластерного анализа в условиях Правобережной Лесостепи Украины	68
Любыч В.В., Железная В.В. Хлебопекарные свойства зерна пшеницы спелты в зависимости от удобрения и продолжительности хранения.....	75
Любыч В.В., Полянецкая И.О. Оценка сортов пшеницы твердой озимой по показателям роста и развития.....	85
Мищенко С.В. Половая структура конвергентных гибридов конопли.....	93
Лозинский Н.В., Устинова Г.Л., Панченко Т.В. Особенности проявления степени фенотипического доминирования длины стебля в F ₁ пшеницы мягкой озимой.....	104
Пыда С.В., Конончук А.Б., Тригуба Е.В., Гурская О.В. Эффективность применения микробиологических препаратов Рызобифит и Рызогумин по биометрическим показателям бобов (<i>Faba bona Medic</i>).....	115
Правдивая Л.А. Энергетическая продуктивность сорго зернового в зависимости от элементов технологии возделывания в условиях Правобережной Лесостепи Украины	122
Прымак І.Д., Ермолаев Н.Н., Панченко А.Б., Ображий С.В., Войтовик М.В., Присяжнюк Н.М., Панченко І.А., Филипова Л.Н. Изменение запасов продуктивной почвенной влаги и коэффициента водопотребления агрофитоценозами в зависимости от систем основной обработки в коротко-ротационном севообороте.....	131
Рожков А.А., Демков Д.В. Полевая всхожесть семян и сохранность растений сафлора красильного (<i>Carthamus tinctorius L.</i>) в зависимости от ширины междурядий и нормы высева.....	145
Сабатин В.Я., Сидорова И.М., Куманская Ю.А., Бурлаченко Д.А. Наследование устойчивости к возбудителю мучнистой росы ячменя ярового (<i>Erysiphe graminis f. sp. hordei</i>) в F ₁ и изменчивость в F ₂ в условиях Правобережной Лесостепи Украины.....	156
Чинчик А.С., Олифиревич С.И., Олифиревич В.А. Продолжительность вегетации и продуктивность сортов фасоли обыкновенной в условиях южной части Лесостепи западной.....	166
Шубенко Л.А., Шох С.С., Федорук Ю.В., Михайлюк Д.В., Вуйко А.М. Содержание основных химических элементов в плодах черешни разных сроков созревания.....	173

ЭКОЛОГИЯ

Beznosko I., Parfenyuk A., Gorgan T., Gavrilyuk L., Turovnik Y. Ecological significance of winter wheat varieties in phytosanitary optimization of agroecosystems (<i>Безноско І.В., Парфенюк А.И., Горган Т.М., Гаврилюк Л.В., Туровник Ю.А. Экологическое значение сортов пшеницы озимой в фитосанитарной оптимизации агроэкосистем</i>).....	180
Grabovska T., Jelínek M., Shevchenko V. Effect of organic farming on the ladybird beetle diversity (Coleoptera: Coccinellidae) (<i>Грабовская Т.А., Елинек М., Шевченко В.А. Влияние органического земледелия на разнообразие божьих коровок (Coleoptera: Coccinellidae)</i>).....	188
Michel R., Romanchuk L. Investigations of radiation exposures in the aftermath of the Chernobyl accident (<i>Мишель Р., Романчук Л.Д. Исследования радиационного воздействия после аварии на Чернобыльской АЭС</i>).....	198
Марченко А.Б., Хрык В.Н., Масальский В.П., Роговский С.В., Олешко А.Г., Крупа Н.Н., Жихарева К.В., Бойко В.Н. Дендроценоз во внутреннем дворе главного корпуса Белоцерковского национального аграрного университета: разнообразие, возрастная структура и жизненное состояние ..	206
Никитина О.В. Экологическая оценка степени загрязнения чернозема оподзоленного радио-активными нуклидами при длительном землепользовании.....	217

АГРОНОМІЯ

UDC 631.582-027.236

Main criteria for evaluation of efficiency and contradictions in the process of crop rotation implementationPrymak I. , Karpuk L. , Yermolaiev M.,Pavlichenko A. , Filipova L. *Bila Tserkva National Agrarian University* m.yerm_2@ukr.net

Prymak I., Karpuk L., Yermolaiev M., Pavlichenko A., Filipova L. Main criteria for evaluation of efficiency and contradictions in the process of crop rotation implementation. Zbirnyk naukovykh prac' «Агробіологія», 2021. no. 1, pp. 7–14.

Рукопис отримано: 23.11.2020 р.

Прийнято: 07.12.2020 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-7-14

The nature of subjective positioning on the role of crop rotations in agriculture from many points of view, namely – agrochemical, biological, geological and energetic. This leads to the belief that crop rotation arose as a need for reasonable human interaction with nature, a careful attitude to it. However, a comprehensive ecological and biosphere approach to understanding the essence of crop rotation requires the resolution of certain contradictions that arise in the implementation of modern farming systems.

Based on the data of long-term field experiments, the main indicators of the biological cycle of humus carbon in black soil are calculated. The calculation is based on the balance of humus as the difference between the final and initial content and reserves in the soil under different crop rotations.

We found that the joint application of organic and mineral fertilizers had a positive effect on the balance of humus and nitrogen in the soil and, ultimately, on crop yields and crop rotation productivity. Against this background, a positive balance of humus (+1.29 t/ha) and total nitrogen (+80 kg/ha) in the soil is observed. Strengthening the organic fertilizer system by using, in addition to manure, by-products of crops – cereal straw, peas, corn stalks contributed to the formation of a positive balance of humus and nitrogen in the soil: the annual accumulation of humus was 0.28 t/ha, nitrogen 14 kg/ha.

Due to the humification of crop residues of cereals, peas and perennial legumes during the 7-year study period in the soil of control crop rotation 1 formed humus 2.85 t/ha, in crop rotation 14 with grasses – 7.0, the rest of crop rotations – from 3.4 up to 4.0 t/ha.

In general, 5.5 % of the initial stock of humus or 8.9 t/ha was mineralized in the crop rotation without fertilizers during the specified period. If we add to this about 3 t/ha of humus, the decomposition of which in the process of mineralization was compensated by plant residues, then during this period decomposed about 12 t/ha of humus. This value of mineralization characterizes the parameters of the biological cycle of humus in the control crop rotation.

Key words: soil, fertilizers, crop rotations, crop yield, crop rotation productivity, plant residues, humification, humus, humus mineralization, humus balance.

Problem statement and analysis of recent research. The research network in field and model experiments and the practice of crop production has accumulated a significant array of initial data for the development of scientific principles for the crop rotations use in agriculture. In particular, in the main regions of grain production, the level of development of previously relevant 7–10-field crop rotations was 90 %. Fundamental transformations of the agricultural sector of the economy in

the direction of market relations have led to the formation of agricultural enterprises with a small land area and narrow specialization, but, unfortunately, they also caused the destruction of the existing system of crop rotation.

Analysis of modern land management in agriculture shows that it is more consistent with market conditions than with scientifically and environmentally sound land use [1–3]. Analysis of operational and statistical reporting shows that

most land users do not take any measures to preserve soils and increase their fertility.

In Ukraine, the history of crop rotations dates back to the 10-13th centuries, when the three-field system of agriculture was put into operation. In the 18th century it was proposed to switch to seven-field crop rotations. This system implied growing "better" spring crops (wheat, barley, flax) after fertilized fallow, followed by "worse" spring ones such as oats, and the fifth, sixth and seventh crops were to become the uncultivated fallows (cited in [4]). This was based on the need to improve the soil not only with the manure, but with natural vegetation as well. After that, propaganda was launched for the development of crop rotation with legumes and root crops.

At the current stage of agriculture development with the introduction of resource-saving and environmentally sound agricultural technologies, the role of crop rotation as an organizing and functional link of agricultural systems in solving basic provisions of the concept of its development is growing. It is extremely important that arable land productivity can increase by 25–30 % under full development of scientifically sound crop rotations under specific conditions and in combination with other technological measures.

Thus, crop rotation is an important factor in the management of all subsystems of the agricultural system. Their development, introduction and improvement are the main stages of implementation of adaptive landscape systems of agriculture, designed to make full use of natural and man-made resources of the industry. Their final effect depends on the structure of sown areas, the composition of crops and the order of their alternation.

Crop rotation plays an extremely important role here, because from the agrochemical point of view it is a factor of cultivation that largely determines the vector of use and reproduction of soil fertility, primarily the formation of a favorable balance of nutrients and humus. Crop rotation also carries out the cycle of nutrients, affects soil absorption, nutrients and their redistribution in the soil profile, and most importantly – contributes to their uniform use by different crops.

From the biological point of view, crop rotation contributes to the balance in the environment, has a positive effect on the phytosanitary condition, biological activity of the soil. It stabilizes the synthesis of humic substances and their destruction. According to the data (F.I. Pchel'nikov, 1989), crop rotation with 50 % saturation of perennial grasses with additional application of 4 tons of organic fertilizers per 1 ha of crop rotation area provides expanded reproduction of the humus fund with a humification coefficient of more than 1.0.

Continuous cultivation of cereals reduces the content of organic matter in the soil by 20 %, and row crops, including potatoes – even more.

From the geological point of view, crop rotation carries out biological weathering, actively influences the combination of biological and geological cycles of substances in nature, the formation of landscapes and the state of the environment. From energy one – it is a biological accumulator of solar energy, it carries out the processes of energy and mass transfer in the soil-plant-atmosphere system.

Unfortunately, nowadays the idea of crop rotation is in many cases reduced to a simplified technocratic understanding of its essence. At the present stage of development, a science of agriculture requires a comprehensive ecological and biosphere approach to understanding the essence of crop rotation, including the resolution of contradictions that arise in the implementation of modern farming systems considered in their agronomic, economic and environmental classifications [5].

The first contradiction is that the change of crops and mechanical tillage, which is carried out in the vast majority of cases annually, cause a violation of the established mechanisms of biogeocenosis and soil formation. Due to the use of heavy agricultural machinery and numerous technological operations, the soil structure is destroyed, sprayed, followed by compaction and deterioration of the water-air regime, the development of erosion and other negative processes. The contradiction can be solved due to reasonable reduction in the share of arable land and the periodic transformation of some lands into others.

The second contradiction of the agricultural system is that the results of in-farm land management, especially on light granulometric composition, in particular, sod-podzolic soils often fails to achieve the desired soil homogeneity not only on a large crop rotation, but also on one crop rotation field. As a result, we have a variety of yields in different fields of crop rotation against the background of inefficient use of fertilizers and ameliorants.

The elimination of this contradiction, as in the first case, helps the crop rotation factor, or rather – the differentiated use of different quality lands in the field crop rotations, other types and types of crop rotations and output fields. Some, especially economically profitable crops that require a high agricultural background, can be placed either in specially designated areas of enhanced environmental control, or in the most favorable links of crop rotations. The third contradiction in modern economic conditions arises due to the lack of

proper interaction between the main branches of agricultural production – agriculture and animal husbandry [6]. The latter is essentially out of sight of land management. This has led to the widespread introduction of specialized crop rotations, saturated with one or two crops or groups of crops, among which there is no place for fodder due to lack of production and economic needs.

This contradiction is the main one and its solution can be achieved, on the one hand, by deconcentration of agricultural production, improvement of the structure of sown areas in crop rotations, their saturation with green manures, perennial grasses and intermediate crops.

With the development of farming and home-stead land use, the importance of intermediate (especially green) crops increases even more, given the acute shortage of manure, peat and compost. Legumes have a special priority for these purposes. However, the most important thing in this case is the restoration of the full range of the livestock industry, its integration, primarily with crop production, which is the basis of agriculture in general.

Undoubtedly, the process of intensification of agriculture is primarily associated with increasing soil fertility. In world practice, landowners who increase soil fertility receive a triple economic effect: from income from land rent 2, associated with increased yields from improving the quality of land (and land rent 2 is not taxed because the land tax rate remains unchanged); from improving the conditions for granting loans for the use of land as collateral and from partial reimbursement by the state of the costs of reclamation in the framework of national agro-industrial projects. Accordingly, the owners who allow the deterioration of agricultural land, there are problems with bank lending and withdraw part of the profits in the form of penalties for reducing the natural fertility of soils.

The regrettable situation in Ukraine is that that companies that master the advanced, primarily landscape, farming systems, incur losses from the tax press in addition to extra technological costs.

The aim of the research. Currently, there is an urgent need to develop the optimal new forms of land use organization based on the introduction of highly specialized crop rotations with short rotation. But when they are introduced into production, there arise difficulties with growing crops that require a long break to return to the previous place of cultivation (sugar beets, flax, legumes, sunflowers, etc.) or crops similar in biological properties (winter rye and wheat, barley, oat). With a high saturation of such crops, and even more so – their long-term continuous cultivation, the phenome-

non of allelopathic soil fatigue, deterioration of phytosanitary condition of crops, imbalance of water consumption of crops inevitably increases.

The use of fertilizers and pesticides can somewhat alleviate these negative effects, but the predecessor in crop rotation is crucial, in particular, we found a difference in the nature of the use of soil moisture by winter wheat plants depending on the predecessor. During its cultivation in the 4-field crop rotation after peas, moisture consumption per unit of dry matter of the crop was equal to 354 conventional units, and in the 3-field crop with increasing wheat saturation and changes in the predecessor (instead of peas – soybeans, not to mention the worst) yield of dry matter of the crop (according to our data – exactly 1.0 t/ha), but also a significant increase in water consumption to 390 um. from

The dependence of crop water consumption on the level of crop rotation saturation is most clearly manifested in crop rotations with a clearly "market" crop today – sunflower. Thus, in a 2-field crop rotation, where it occupies 50 % of the area and returns to the previous place of cultivation in one year compared to a 5-field crop rotation, where the return period is 4 years, not only reduces its yield (6.0 kg/ha), but also 17 % increase in moisture consumption for the formation of the unit yield of dry matter. This leads to a significant increase in the intensity of the water regime of the soil.

Similarly, the return of a much more adequate (compared to sunflower) in terms of impact on soil fertility soybeans to the previous place in crop rotation after 1 year causes a significant decrease in yield due to liquefaction of crops and fewer beans per plant. Even its cultivation after post-harvest crops did not eliminate the negative impact of such convergence of soybean fields in crop rotation. Returning two years later to the previous place of cultivation also reduced the grain yield of this crop compared to crop rotations, where it was grown after 4 years. Comparison of soybean and pea units showed that winter wheat after soybean provided 7 % higher yield of whole grain (weight of 1000 grains 40 g and more) than after pea, but the quality of winter wheat grain for growing after peas is higher than after soybeans.

Material and methods of research. Specifically, in a long-term experiment on chernozem typical Forest-steppe of the Left Bank, the efficiency of crop rotation and fertilizer systems in 4-field crop rotations at different saturation of cereals was determined: 1) 100 % (including 25 % – peas), 2) 75 % – grain, 25 % – perennial legumes and 3) 75 % – cereals and 25 % – sugar beets. For comparison, separate organic and mineral fertilizer systems and their combinations were used.

Research results and discussion. The main indicators of the biological cycle of humus carbon in the soil-plant system of different crop rotations are determined. Indicators of the degree of humification of the whole set of organic substances (manure, by-products and crop residues) that entered the soil during the observation period were used in the study. In parallel, the change in total nitrogen reserves in the soil (kg/ha) was determined.

Currently, it is indisputable and unanimous that the majority of scientists in the area believe that the humus content in the soil is an integral indicator of its fertility [7–9]. The permanent decrease in the humus content in the soils of Ukraine is unequivocally negative. Over the past two decades, according to the state institution "Institute of Soil Protection of Ukraine", it lost from 0.4 to 0.8 tons per hectare, which is equivalent to a loss of 453.4 billion hryvnias [10]. Over a long period of 133 years (1882–2015), the humus content in absolute terms decreased by 1.01 % of the original value or 24.2 %. In the Forest-Steppe zone, these figures were 1.3 and 28.8 % [11].

Apart from other diagnostic criteria, the actual content and absolute reserves of humus was determined and the soil studied under the research was identified as a typical shallow low-humus chernozem. Its arable layer contains 3.08–3.14 % or 95–99 t/ha of humus and 5.1 t/ha of total nitrogen, subsoil – respectively 2.72–2.89 % or 50–58 t/ha of humus and 3.2 t/ha of nitrogen.

Under the hydrothermal conditions characteristic of the subzone of unstable moisture, this amount of humus and nitrogen is quite adequate to ensure the proper intensity of biological and physicochemical processes in the soil, which determine the level of yield of crops grown.

However, the reduction of humus and nitrogen content in the soil inevitably leads to a decrease in crop productivity and crop rotation in general. This is evidenced by the rather low, compared to other variants of the experiment, crop yields and crop rotation productivity obtained on the variant without fertilizers. Here, the yield of winter wheat was 4.22 t/ha, corn – 5.1, barley – 2.74, peas – 1.95 t/ha. The productivity of 1 hectare of arable land was 3.51 tons of grain yields, 5.93 tons of feed units, and 0.51 tons of digestible protein.

Undoubtedly, root and post-harvest crop residues are an important source of organic matter in the soil. However, under a mineral system of crop fertilization and the absence of fertilizers, crop residues compensate for the loss of humus by only 24–40 %. In this regard, there is now a need to involve alternative forms of organic fertilizers, including by-products (non-commercial) of crop yields in the process of soil humus reproduction [12–16].

The entry of dry organic matter and nitrogen into the soil by plant residues in the system of crop rotations studied by us is shown in table. 1. So, during the above period in the soil in crop rotations with 100 % saturation with grain crops (including 25 % of peas and corn for grain) (var. 1–7) received from 18.2 to 26.4 t/ha of plant residues, in grain and beet (var. 6) – 23.8 t and in crop rotation with perennial legumes (var. 14) – 42.2 t/ha. In accordance with the plant residues received nitrogen for var. 1 without fertilizers – 229 kg/ha, in fertilized variants of crop rotations 2–7 – 296–352, in crop rotation with perennial grasses – 586 kg/ha.

Table 1 – Intake of organic matter and nitrogen into the soil with plant residues in various crop rotations

Crop rotation option							
1	4	5	2	3	6	7	14
Plant residues (root and postharvest), t / ha							
18,2	21,9	22,1	22,8	24,5	23,8	26,4	42,2
Nitrogen total, kg / ha							
229	296	294	301	324	322	352	586

If we take the coefficient of humification of crop residues for 15 %, peas – 20, perennial legumes – 25 %, then from the specified number during the specified period of research in the soil of control crop rotation 1 formed humus 2.85 t/ha, in crop rotation 14 grasses – 7.0, other crop rotations – from 3.4 to 4.0 t/ha.

However, it was found that the actual humic substances formed from plant residues cannot fully compensate for the loss of humus from the cultivation of annual crops without the use of organic and mineral fertilizers. According to previously obtained data in long-term field experiments using isotopic indication of plants and soil ^{15}N [17], the annual mineralization of humus for growing without fertilizers of winter wheat is 0.71 t/ha, barley – 0.57, corn – 0.83–1, 1, sugar beets – 1.29–1.34, legumes – 0.8, perennial grasses – 0.09–0.2 t/ha.

These data also indicate unequal influence on the formation balance of humus and nitrogen in the soil of different species and doses of fertilizers in crop rotations. At the same time, in crop rotations with peas, which differ only in the level of fertilizer application (var. 2–5), manure application as fertilizer significantly improved the balance in the layer of 0–40 cm compared to the option without fertilizers, bringing it closer to deficit-free but completely humus deficient. has not been eliminated. Even more insufficient to eliminate the deficit of humus and nitrogen in the soil, which was created in the absence of fertilizers in the control crop rotation, was the use of mineral fertilizer system.

Strengthening the organic fertilizer system by using, in addition to manure, by-products of crops

– cereal straw, peas, corn stalks contributed to the formation of a positive balance of humus and nitrogen in the soil: the annual accumulation of humus was 0.28 t/ha, nitrogen 14 kg/ha.

Given that crop yields and crop rotation productivity for mineral fertilizers, despite the shortage of humus and nitrogen in the soil were high and not inferior even to options with organo-mineral fertilizer system, it can be argued that a significant proportion of nitrogen for crop formation was used from the soil. , the mineralization of organic matter which under the influence of nitrogen mineral fertilizers is known to increase slightly [18–20].

plant system. As can be seen from table. 2, the biological cycle of organic matter in general (in terms of humus) significantly exceeds balance indicators. If we add to this about 3 t/ha of humus, the decomposition of which in the process of mineralization was compensated by plant residues, then for the specified term decomposed about 12 t/ha of humus. This value of mineralization characterizes the parameters of the biological cycle of humus in the control of crop rotation.

In the rest of crop rotations under application of some organic fertilizers, as well as under their combination with mineral ones or in the presence of pe-

Table 2 – Humus cycle in the 0-40-cm layer of soil in the crop rotation system

Variants	Fertilizers applied for 7 years					Stock of humus in the soil, t/ha		New formation of humus in the soil, t/ha, due to:			Balance of humus, t/ha	Biological cycle of humus, t/ha
	organic, t/ha		mineral kg/ha			day off	At the end of research	Manure	Straw	Vegetatable remains		
	manure	Straw	N	P	K							
1	-	-	-	-	-	147.3	138.4	-	-	2.85	-8.90	11.75
4	60	-	-	-	-	147.3	146.8	4.0	-	3.4	-0.47	7.87
5	60	36	-	-	-	147.3	149.2	4.0	5.8	3.4	+1.94	11.26
2	-	-	330	295	375	147.3	143.5	-	-	3.5	-3.84	7.37
3	60	-	330	295	375	147.3	148.6	4.0	-	3.8	+1.29	6.51
6	60	-	340	310	385	147.3	147.7	4.0	-	3.7	+0.45	7.25
7	60	-	330	295	375	147.3	148.1	4.0	-	4.0	+0.84	7.16
14	-	-	330	295	375	147.3	151.0	-	-	7.0	+3.69	3.31

We found that the combined application of organic and mineral fertilizers in the experiment had a positive effect on the balance of humus and nitrogen in the soil and, ultimately, on crop yields and crop rotation productivity. Against this background, a positive balance of humus (+1.29 t/ha) and total nitrogen (+80 kg/ha) in the soil is observed.

Undoubtedly, the most noticeable role in creating a positive balance humus and nitrogen in the soil play perennial legumes. Replacement of peas with perennial grasses in a 4-field crop rotation (var. 14) contributed to the formation of a positive balance of humus and nitrogen in the soil even with a purely mineral fertilizer system in this crop rotation in contrast to similar crop rotation with peas (var. 2). The annual increase in humus and nitrogen content in the soil in crop rotation with perennial grasses was the highest.

It is obvious that the difference between the initial and final reserves of humus in the soil makes it impossible to get a complete picture of the biological cycle of organic matter in the soil-

rennial legumes in the accumulation of humus content and reserves, its real biological cycle ranged from 3.3 tons, 3 t/ha in crop rotation using straw as fertilizer (var. 5). In crop rotation 2 under the mineral fertilizer system, taking into account the compensation of decomposition of 3.5 t/ha of humus due to plant residues, its real cycle was 7.37 t/ha.

Conclusions. Thus, the protective effect of both organic and mineral fertilizers in preserving the humus fund of the studied typical chernozem is obvious, although it differed to some extent in quantity and quality: the effect of organic fertilizers is direct and significant, and the effect of mineral fertilizers in replenishing the soil with humic substances is less significant and it is not direct but rather indirect.

Thus, crop rotation is a dominant factor in the agricultural system. Crop productivity, technological and fodder value of cultivated products, soil fertility, energy conservation are adequate to it in all cases, which makes the basis for developing effective technologies for growing all crops.

LIST OF REFERENCES

1. Жученко А.А. Стратегія адаптивної інтенсифікації сільського господарства. Пушчино, 1994. 148 с.
2. Odum E.P. Basic Ecology. Sauners Publ.Comp. Philadelphia, 1983. P. 16–79.
3. Гринченко Т.О., Кошкалда І.В., Роман Б.В. Щодо визначення економічної оцінки земель сільськогосподарського призначення. Вісник аграрної науки. 2012. № 4. С. 67–71.
4. Иванов А.Л. Критерии оценки эффективности севооборотов во Владимирском ополье. Аграрная наука. 1996. № 5. С. 23–25.
5. Манько Ю.П., Танчик С.П., Примак І.Д. Зміст сучасних систем землеробства в Україні та пропозиції щодо їх класифікації. Вісник аграрної науки. 2015. № 12. С. 17–21.
6. Єщенко В.О. Місце науково обґрунтованих сівозмін у сучасному землеробстві. Вісник Уманського НУ садівництва. 2014. № 2. С. 3–6.
7. Сайко В.Ф. Проблема забезпечення ґрунтів органічною речовиною. Вісник аграрної науки. 2003. № 5. С. 5–8.
8. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А. Зміни органічної речовини чорноземів під впливом тривалого сільськогосподарського використання. Посібник українського хлібороба. 2016. Т. 1. С. 121–123.
9. Баланс гумусу в короткоротаційній сівозміні Правобережного Лісостепу України залежно від систем удобрення чорнозему типового / Примак І.Д. та ін. Агробіологія. 2020. № 1. С. 151–159.
10. Яцук І., Панасенко В. Ґрунти потребують захисту. Віче: журнал Верховної Ради України. 2013. № 15. URL: <http://veche.kiev.ua/journal/3785/>
11. Балуєк С.А., Даниленко А.С., Фурдичко О.І. Звернення до керівництва держави щодо подолання кризової ситуації у сфері охорони земель. Вісник аграрної науки. 2017. № 11. С. 5–8.
12. Молдован В.Г., Квасніцька Л.С. Залежність показників родючості чорнозему опідзоленого від сівозмінного чинника та систем удобрення. Вісник аграрної науки. 2012. № 5. С. 16–18.
13. Іваніна В.В. Оптимізація зерно-бурякової сівозміни в умовах біологізації землеробства. Вісник аграрної науки. 2012. № 6. С. 10–14.
14. Панченко О.Б. Відтворення родючості чорнозему типового залежно від систем основного обробітку ґрунту і удобрення в зернопропащій сівозміні Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2016. 22 с.
15. Кривенко А.І. Агробіологічні основи технологій вирощування озимих зернових культур у Південному Степу: монографія. Вінниця: Нілан ЛТД, 2018. С. 106–108.
16. Гангур В.В. Агробіологічні основи формування сівозмін різної ротації в Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра. с.-г. наук: 06.01.01. Чабани, 2019. 54 с.
17. Застосування мітки ¹⁵N в агрохімічних дослідженнях / Захарченко І.Г. та ін. Землеробство. Київ: Урожай, 1974. Вип. 36. С. 43–49.
18. Mazur G.A., Yermolayev N.N. Some features of humus accumulation mechanisms in a sod-podzolic loamy sand

dy soil as related to liming and fertilization. Soviet Soil Sci. 1985. № 4. P. 58–64.

19. Цвей Я.П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін: монографія. Київ: Компрінт, 2014. С. 78–86, 331 с.

20. Трус О.М. Біологічна активність чорнозему опідзоленого після тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. Агробіологія. 2018. Вип. 1. С. 106–114.

REFERENCES

1. Zhuchenko, A.A. (1994). Strategija adaptivnoj intensifikacii sel'skogo hazjajstva [Strategy of adaptive intensification of agriculture]. Pushchino, 148 p.
2. Odum, E.P. (1983). Basic Ecology. Sauners Publ. Comp. Philadelphia, pp. 16–79.
3. Grinchenko, T.O., Koshkald, I.V., Roman, B.V. (2012). Shhodo vyznachennja ekonomichnoi' ocinky zemel' sil'skogospodars'kogo pryznachennja [Regarding the definition of economic valuation of agricultural land]. Visnyk agrarnoi' nauky [Bulletin of Agricultural Science], no. 4, pp. 67–71.
4. Ivanov, A.L. (1996). Kriterii ocenki jeffektivnosti sevooborotov vo Vladimirskom opol'e [Criteria for assessing the efficiency of crop rotations in the Vladimir region]. Agrarnaja nauka [Agricultural science], no. 5, pp. 23–25.
5. Manko, Yu.P., Tanchik, S.P., Primak, I.D. (2015). Zmist suchasnyh system zemlerobstva v Ukraїni ta propozyicii' shhodo i'h klasyfikacii' [Content of modern systems agriculture in Ukraine and proposals for their classification]. Visnyk agrarnoi' nauky [Bulletin of Agricultural Science], no. 12, pp. 17–21.
6. Yeshchenko, V.O. (2014). Misce naukovo obgrunтовanyh sivozmin u suchasnomu zemlerobstvi [The place of scientifically substantiated crop rotations in modern agriculture]. Visnyk Umans'kogo NU sadivnytva [Bulletin of Uman National University of Horticulture], no. 2, pp. 3–6.
7. Saiko, V.F. (2003). Problema zabezpechennja g'runtiv organichnoju rehovynuju [The problem of providing soils with organic matter]. Visnyk agrarnoi' nauky [Bulletin of Agricultural Science], no. 5, pp. 5–8.
8. Skrylnyk, E.V., Kutova, A.M., Getmanenko, V.A. (2016). Zminy organichnoi' rehovyny chornozemiv pid vplyvom tryvalogo sil'skogospodars'kogo vykorystannja [Changes in the organic matter of chernozems under the influence of long-term agricultural use]. Posibnyk ukrai'ns'kogo hliboroba [Guide for Ukrainian farmers]. Vol. 1, pp. 121–123.
9. Prymak, I.D., Panchenko, O.B., Voytovyk M.V., Obrazhnyi, S.V., Panchenko, I.A. (2020). Balans gumusu v korotkorotacijnij sivozmini Pravoberezhnogo Lisostepu Ukraїny zalezno vid system udobrennja chornozemu typovogo [Humus balance in short-rotation crop rotation of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine depending on typical chernozem fertilization systems]. Agrobiologija [Agrobiology], no. 1, pp. 151–159.
10. Yatsuk, I., Panasenko, V. (2013). G'runtuy potrebut' zahystu [Soils need protection]. Viche: zhurnal Verhovnoi' Rady Ukraїny [Viche: journal of the Verkhovna Rada of Ukraine], no. 15. Available at: <http://veche.kiev.ua/journal/3785/>
11. Balyuk, S.A., Danylenko, A.S., Furdichko, O.I. (2017). Zvernennja do kerivnytva derzhavy shhodo po-

dolannya kryzovoi' situacii' u sferi ohorony zemel' [Appeal to the state leadership to overcome the crisis situation in the field of land protection]. *Visnyk agrarnoi' nauky* [Bulletin of Agricultural Science], no. 11, pp. 5–8.

12. Moldovan, V.G., Kvasnitskaya, L.S. (2012). Zalezhnist' pokaznykiv rodjuchosti chornozemu opidzolenogo vid sivozminnogo chynnyka ta system udobrennja [Dependence of chernozem podzolic fertility indicators on crop rotation factor and fertilizer systems]. *Visnyk agrarnoi' nauky* [Bulletin of Agricultural Science], no. 5, pp. 16–18.

13. Ivanina, V.V. (2012). Optyimizacija zerno-burjakovoi' sivozminy v umovah biologizacii' zemlerobstva [Optimization of grain and beet crop rotation in the conditions of biologization of agriculture]. *Visnyk agrarnoi' nauky* [Bulletin of Agricultural Science], no. 6, pp. 10–14.

14. Panchenko, O.B. (2016). Vidtvorennja rodjuchosti chornozemu typovogo zalezhno vid system osnovnogo obrobittu g'runtu i udobrennja v zernoprosapnij sivozmini Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. ... kand. s.-g. nauk: 06.01.01 [Reproduction of fertility of typical chernozem depending on the systems of basic tillage and fertilizer in grain crop rotation of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: author's ref. dis. for science degree of Cand. of Agricultural Science: 06.01.01]. Kyiv, 22 p.

15. Kryvenko, A.I. (2018). Agrobiologichni osnovy tehnologij vyroshhuvannja ozymykh zernovykh kul'tur u Pivdennomu Stepu: monografija [Agrobiological bases of technologies of cultivation of winter grain crops in the Southern Steppe]. Vinnytsia, Nilan LTD, pp. 106–108.

16. Gangur, V.V. (2019). Agrobiologichni osnovy formuvannja sivozmin riznoi' rotacii' v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. ... d-ra. s.-g. nauk: 06.01.01 [Agrobiological bases of formation of crop rotations of different rotation in the Left-Bank Forest-steppe of Ukraine: author's ref. dis. for science degree of Dr. of Agricultural Science: 06.01.01]. Chabani, 54 p.

17. Zakharchenko, I.G., Pirozhenko, G.S., Shilina, L.I., Medvid, G.K. (1974). Zastosuvannja mitky 15N v agrohimichnykh doslidzhennjah [Application of the 15N label in agrochemical studies]. *Zemlerobstvo* [Agriculture]. Kyiv, Harvest, Issue 36, pp. 43–49.

18. Mazur, G.A., Yermolaiev, M.M. (1985). Some features of humus accumulation mechanisms in a sod-podzolic loamy sandy soil as related to liming and fertilization. *Soviet Soil Sci.* no. 4, pp. 58–64.

19. Tsvey, Ya.P. (2014). Rodjuchist' g'runtiv i produktyvnist' sivozmin: monografija [Soil fertility and productivity of crop rotations]. Kyiv, Komprint, pp. 78–86, 331 p.

20. Trus, O.M. (2018). Biologichna aktyvnist' chornozemu opidzolenogo pislja tryvalogo zastosuvannja dobriv u pol'ovij sivozmini [Biological activity of podzolic chernozem after long-term application of fertilizers in field crop rotation]. *Agrobiologija* [Agrobiology]. Issue 1, pp. 106–114.

Основні критерії оцінювання ефективності і протиріч у процесі реалізації сівозмін

Прымак І.Д., Карпук Л.М., Єрмолаєв М.М., Павліченко А.А., Філіпова Л.М.

Досліджено характер суб'єктивного позиціонування щодо значення сівозмін у землеробстві з багатьох поглядів, а саме – агрохімічного, біологічного, геологічного та

енергетичного. Це зумовлює переконання, що сівозмінна виникла як необхідність розумної взаємодії людини з природою, бережливого ставлення до неї. Однак комплексний еколого-біосферний підхід до пізнання суті сівозмін вимагає вирішення певних протиріч, які виникають за реалізації сучасних систем землеробства.

На основі даних багаторічних польових дослідів розраховано основні показники біологічного колообігу вуглецю гумусу в чорноземному ґрунті. В основу розрахунку покладено баланс гумусу як різницю між кінцевим і вихідним умістом і запасами в ґрунті під різними сівозмінами.

Встановлено, що сумісне внесення органічних і мінеральних добрив позитивно вплинуло на баланс гумусу і азоту в ґрунті та, у підсумку, на врожайність культур і продуктивність сівозмін. На цьому фоні удобрення відмічається позитивний баланс гумусу (+1,29 т/га) і загального азоту (+80 кг/га) у ґрунті. Посилення органічної системи удобрення через використання, окрім власне гною, побічної продукції культур – соломи зернових колосових, гороху, стебел кукурудзи, сприяло формуванню позитивного балансу гумусу і азоту в ґрунті: щорічне нагромадження гумусу становило 0,28 т/га, азоту – 14 кг/га.

Завдяки гуміфікації рослинних решток зернових культур, гороху і багаторічних бобових трав упродовж 7-річного терміну досліджень у ґрунті контрольної сівозмінні 1 утворювалося гумусу 2,85 т/га, у сівозміні 14 з травами – 7,0, решті сівозмін – від 3,4 до 4,0 т/га.

Назагал у сівозміні без добрив упродовж означеного терміну мінералізувалося 5,5 % від вихідного запасу гумусу, або 8,9 т/га. Якщо додати до цього ще приблизно 3 т/га гумусу, розкладання якого в процесі мінералізації було компенсовано через рослинні рештки, то за вказаний період розклалося приблизно 12 т/га гумусу. Ця величина мінералізації характеризує параметри біологічного кругообігу гумусу в контрольній сівозміні.

Ключові слова: ґрунт, добрива, сівозмін, урожайність культур, продуктивність сівозмін, рослинні рештки, гуміфікація, гумус, мінералізація гумусу, баланс гумусу.

Основные критерии оценки эффективности и противоречий в процессе реализации севооборотов

Прымак И.Д., Карпук Л.М., Ермолаев Н.Н., Павличенко А.А., Филипова Л.М.

Исследован характер субъективного позиционирования относительно значения севооборотов в земледелии из многих точек зрения, а именно – агрохимической, биологической, геологической и энергетической. Это приводит к убеждению, что севооборот возник как необходимость разумного взаимодействия человека с природой, бережного отношения к ней. Однако комплексный эколого-биосферный подход к познанию сути севооборота требует решения определенных противоречий, возникающих при реализации современных систем земледелия.

На основе данных многолетних полевых опытов рассчитаны основные показатели биологического круговорота углерода гумуса в черноземной почве. В основу расчета положен баланс гумуса как разница между конечным и исходным содержанием и запасами в почве под разными севооборотами.

Установлено, что совместное внесение органических и минеральных удобрений положительно повлияло на баланс гумуса и азота в почве и, в итоге, на урожайность культур и продуктивность севооборотов. На этом фоне удобрения отмечается положительный баланс гумуса (+1,29 т/га) и общего азота (+80 кг/га) в почве. Усиление органической системы удобрения за счет использования, кроме собственно навоза, побочной продукции культур – соломы зерновых колосовых, гороха, стеблей кукурузы способствовало формированию положительного баланса гумуса и азота в почве: ежегодное накопление гумуса составило 0,28 т/га, азота – 14 кг/га.

За счет гумификации растительных остатков зерновых культур, гороха и многолетних бобовых трав в течение 7-летнего срока исследований в почве контрольного сево-

борота 1 образовывалось гумуса 2,85 т/га, в севообороте 14 с травами – 7,0, остальных севооборотов – от 3,4 до 4,0 т/га.

В общем в севообороте без удобрений в течение указанного срока минерализовалось 5,5 % от исходного запаса гумуса, или 8,9 т/га. Если добавить к этому еще около 3 т/га гумуса, разложение которого в процессе минерализации было компенсировано за счет растительных остатков, то за указанный период разложилось около 12 т/га гумуса. Эта величина минерализации характеризует параметры биологического круговорота гумуса в контрольном севообороте.

Ключевые слова: почва, удобрения, севооборот, урожайность культур, продуктивность севооборотов, растительные остатки, гумификация, гумус, минерализация гумуса, баланс гумуса.



Copyright: Prymak I.D. et al. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Prymak I.D.
Karpuk L.M.
Pavlichenko A.A.
Filipova L.M.

<https://orcid.org/0000-0002-0094-3469>
<https://orcid.org/0000-0002-5860-5286>
<https://orcid.org/0000-0002-4795-5643>
<https://orcid.org/0000-0002-7447-5418>

АГРОНОМІЯ

УДК 504.5:581.526.3:620.267(477.41/.42)

Закономірності накопичення ^{137}Cs у надземних та підземних органах повітряно-водяних рослин водойм Полісся та Лісостепу України

Волкова О.М. ¹, Беляєв В.В. ¹, Скиба В.В. ², Пришляк С.П. ¹, Гейко М.М.²¹ Інститут гідробіології НАН України² Білоцерківський національний аграрний університет

Волкова О.М., Беляєв В.В., Скиба В.В., Пришляк С.П., Гейко М.М. Закономірності накопичення ^{137}Cs у надземних та підземних органах повітряно-водяних рослин водойм Полісся та Лісостепу України. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 15–22.

Volkova O.M., Belyaev V.V., Skyba V.V., Prishlyak S.P., Gejko M.M. Zakonomirnos-ti nakopychennja ^{137}Cs u nadzemnyh ta pid-zemnyh organah povit'rijano-vodjanyh ros-lyn vodojm Polissja ta Lisostepu Ukraїny. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 15–22.

Рукопис отримано: 09.02.2021 р.

Прийнято: 24.02.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-15-22

Метою дослідження було встановлення закономірностей накопичення ^{137}Cs у надземних та підземних органах повітряно-водяних рослин у різно-типних водоймах Полісся та Лісостепу України, які розташовані на територіях різного ступеня радіонуклідного забруднення.

Дослідження виконували у 2014–2018 рр. Вищі водяні рослини відби-рали в евтрофних, оліготрофних та дистрофних водоймах – великих і малих водосховищах, озерах і ставках різного призначення. Водойми розташовані на територіях, які за щільністю забруднення ^{137}Cs вважаються умовно чистими, або належать до зон посиленого радіоекологічного контролю, гарантованого добровільного відселення, безумовного (гарантованого) від-селення та зони відчуження. Об'єктами досліджень були 8 видів повітря-но-водяних рослин, які широко розповсюджені у прісних водоймах Полісся та Лісостепу України. Питомий вміст ^{137}Cs у надземних органах, корене-вищах і коренях рослин визначали загальноприйнятими гамма-спектроме-тричними методами.

Аналіз отриманих даних довів загальну, характерну для рослин з усіх до-сліджених водойм закономірність – рівні вмісту ^{137}Cs у надземних органах і ко-ренивищах рослин здебільшого достовірно не різнилися, а у ґрунтових коренях були значно вищими. Питома активність ^{137}Cs у ґрунтових коренях *Phragmites australis* перевищувала його активність у надземних органах у 6–25, *Typha angustifolia* – у 5–20, *Glyceria maxima* – у 7–10, *Scirpus lacustris* – у 4–9, *Alisma plantago-aquatica* – у 3, *Sagittaria sagittifolia* – у 2, *Butomus umbellatus* – у 3, *Iris pseudacorus* – у 4 рази. Рівні вмісту ^{137}Cs в надземних органах та кореневи-щах у більшості досліджених рослин достовірно не різнилися.

Результати дослідження надалі дадуть змогу оцінити внесок повітря-но-водяних рослин у формування радіонуклідного забруднення донних відкладень та вдосконалити уявлення про значення вищих водяних рослин у процесах міграції та перерозподілу радіоактивних елементів у водних екосистемах. Виявлені закономірності формування рівнів вмісту ^{137}Cs у підземних органах рослин необхідно враховувати під час визначення дози опромінення рослин у забруднених радіонуклідами водоймах.

Ключові слова: повітряно-водяні рослини, надземні органи, підземні органи, корені, коренивища, ^{137}Cs , водосховища, озера, ставки.

Постановка проблеми та аналіз остан-ніх досліджень. Упродовж останнього століт-тя техногенна діяльність та впровадження на-укових досягнень без належного оцінювання їх впливу на довкілля призвели до низки сер-йозних наслідків – глобального потепління, забруднення екосистем відходами техногенно-го виробництва, важкими металами, пестици-дами, штучними радіоактивними елементами. Внаслідок експлуатації підприємств атомної

енергетики та аварій на підприємствах ядерно-го паливного циклу до навколишнього середо-вища надходять техногенні радіонукліди, які стають постійно діючим чинником впливу на біосистеми різного рівня організації. Числен-ними дослідженнями, які було розпочато після виникнення проблем, пов'язаних із надходжен-ням штучних радіонуклідів до навколишнього середовища, доведено важливе значення пріс-новодних екосистем у процесах розповсю-

дження радіоактивних речовин. Було доведено, що континентальні водойми є основними резервуарами накопичення радіонуклідів, а водотоки – транспортними магістралями, якими радіоактивні речовини мігрують на значні відстані [1, 2, 3]. Отже, предметом багатьох радіоекологічних досліджень стали гідробіоти, зокрема вищі водяні рослини, які розглядали як невід’ємну складову водних екосистем, що бере участь у процесах міграції та перерозподілу радіоактивних речовин [4].

Нині одними з пріоритетних напрямів радіоекологічних досліджень водних екосистем є вивчення закономірностей міграції радіоактивних речовин у компонентах водойм та прогнозне оцінювання забруднення водних екосистем методами математичного моделювання [5, 6]. У водній радіоекології більшість моделей присвячено визначенню динаміки вмісту радіонуклідів у воді та їхтїофауні, тимчасом дослідження міграції радіонуклідів за участю вищих водяних рослин вкрай обмежені. Значною мірою це пов’язано з тим, що основний масив даних щодо накопичення радіоактивних речовин вищими водяними рослинами стосується формування радіонуклідного забруднення їх надземних органів [7, 8, 9, 10, 11]. Значення у процесах перерозподілу радіоактивних речовин за компонентами водних екосистем вищих водяних рослин, зокрема повітряно-водяних, які домінують за біомасою у прісних водоймах з уповільненою течією та мають розвинену кореневу систему, дотепер не визначено, оскільки закономірності накопичення радіонуклідів у підземних органах рослин досліджено не повним обсягом. У фаховій літературі є відомості про те, що питома активність ^{90}Sr та ^{137}Cs у підземних органах деяких видів рослин вища, ніж у надземних. Таке явище відзначено для очерету звичайного та рогузу вузьколистого з Київського та Канівського водосховищ [1, 12] та очерету звичайного з водойми-охолоджувача ЧАЕС [11, 13]. Недоліком цих робіт можна вважати те, що у процесі досліджень корені не відокремлювали від кореневищ. У деяких публікаціях наведені дані про значне, порівнюючи з надземними органами, накопичення радіонуклідів у коренях деяких видів водяних рослин, однак не визначали рівні радіонуклідного забруднення кореневищ [12, 14]. Наведено результати визначення питомої активності ^{90}Sr та ^{137}Cs у надземних органах, кореневищах та коренях очерету звичайного з водойми зони відчуження Чорнобильської АЕС та відзначено, що найвища питома активність обох радіонуклідів зареєстрована у ґрунтових коренях [11].

Дослідження особливостей радіонуклідного забруднення підземних органів рослин необхідні й для визначення дози їх внутрішнього опромінення, оскільки упродовж останнього десятиріччя спостерігають низку цитогенетичних порушень у тканинах ґрунтових коренів повітряно-водяних рослин [15, 16, 17, 18]. Крім того, наразі ефективними та низькозатратними вважаються способи очищення стічних вод, що базуються на використанні водної рослинності, яка здатна ефективно акумулювати різні забруднювальні речовини, зокрема радіонукліди. До таких технологій належать різкофільтрація (аквафітодезактивація) та фітоекстракція [19, 20, 21, 22]. Подальші дослідження закономірностей накопичення радіоактивних елементів в окремих органах та тканинах рослин сприятимуть удосконаленню наявних технологій.

Метою дослідження було встановлення закономірностей накопичення ^{137}Cs у надземних та підземних органах повітряно-водяних рослин у водоймах різного типу Полісся та Лісостепу України, які розташовані на територіях різного ступеня радіонуклідного забруднення.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження виконували у 2014–2018 рр. Вищі водяні рослини відбирали у водоймах різного типу, розташованих у лісостеповій та поліській зонах України – Київському (район с. Страхолисся) та Канівському (м. Ржищів) водосховищах, Повчанському водосховищі на р. Жерів (Лугинський район Житомирської області), озерах Глибоке (зона відчуження ЧАЕС), Біле (Володимирецький район Рівненської області), Лісове (Іванківський район Київської області), рибоводних ставках (м. Біла Церква та с. Кирдани Таращанського району Київської області), ставках комплексного призначення (с. Шконева, Іванківський район Київської області). Водойми різняться за трофічним статусом та щільністю забруднення прибережних територій (табл. 1) і розташовані на територіях, які за щільністю забруднення ^{137}Cs вважаються умовно чистими або належать до зон посиленого радіоекологічного контролю, гарантованого добровільного відселення, безумовного (гарантованого) відселення та зони відчуження.

Об’єктами досліджень були повітряно-водяні рослини: рогіз вузьколистий – *Typha angustifolia* L., очерет звичайний – *Phragmites australis* (Cav.), лепешняк великий – *Glyceria maxima* (C. Gartm.), куга озерна – *Scirpus lacustris* L., стрілолист стрілолистий – *Sagittaria saggitifolia* L., півники болотні – *Iris pseudacorus* L., частуха подорожникова – *Alisma plantago-aquatica* L. та сусак зонтичний – *Butomus umbellatus* L. Проби відбирали у період форму-

Таблиця 1 – Характеристика досліджуваних водойм та щільність забруднення ^{137}Cs прибережних територій за 1996–2021 [5]

Зона	Типи*	Водойма	Трофічний статус	Щільність, кБк/м ²
Полісся	1	Київське водосховище	Евтрофна	185
	2	Повчанське водосховище	Евтрофна	1480
	3	Глибоке	Евтрофна	40000
	3	Лісове	Дистрофна	1480
	3	Біле	Оліготрофна	185
	4	Ставки, с. Шкнева	Евтрофна	20–40
Лісостеп	1	Канівське водосховище	Евтрофна	20–40
	5	Ставки, м. Біла Церква	Евтрофна	185
	5	Ставки, с. Кирдани	Евтрофна	180

Примітка: 1 – велике водосховище; 2 – мале водосховище; 3 – озеро 4 – стави комплексного призначення; 5 – рибоводні стави.

вання найбільшої за вегетаційний сезон маси надземних органів – липні – серпні. Рослини, які не утворюють щільних заростей, викопували з подальшим відокремлюванням надземних органів, ґрунтових коренів та кореневищ. У монодомінантних заростях на одну пробу надземної частини відбирали 5–8 окремих пагонів, підземної – 5–8 kernів донних відкладів потужністю 30 см і відокремлювали корені та кореневища від ґрунту за допомогою гідрологічних сит. Обмежувалися відбором 30-сантиметрового шару тому, що згідно з [23], саме в цьому шарі зосереджено 90 % підземної частини повітряно-водяних рослин. Проби висушували на повітрі до постійної маси.

Питому активність ^{137}Cs у рослинах (Бк/кг повітряно-сухої маси) визначали у відділі водної радіоекології Інституту гідробіології НАН України на гамма-спектрометрі з детекторами ДГДК-100В та амплітудним аналізатором SBS-30, і на кафедрі безпеки життєдіяльності Білоцерківського національного аграрного університету – на УСК «Гамма Плюс».

Результати дослідження та їх обговорення. Досліджені види повітряно-водяних рослин є трав'янистими багаторічниками, у яких надземні органи відмирають наприкінці вегетаційного сезону, тому частина накопичених у надземній фітомасі радіонуклідів повертається до водних мас, а решта надходить у детрит. Саме тому оцінювали вміст ^{137}Cs в усіх надземних органах загалом, включаючи стебла, листя, генеративні органи та стеблові корені. Ґрунтові корені рослин також оновлюються кожен рік, однак життєдіяльність кореневищ триває довше. Так, у очерету звичайного кореневища оновлюються упродовж трьох років, у рогаза вузьколистого та лепешняка великого – приблизно за два роки, тобто на початку наступного вегетаційного сезону зосереджений у зимуючих кореневищах ^{137}Cs може надійти

до надземних органів [4]. Отже, доцільно було визначити питому активність радіонукліда у кореневищах та ґрунтових коренях рослин, що дасть змогу у подальших дослідженнях оцінити їх значення у процесах захоронення ^{137}Cs у донних відкладах.

Типовими представниками екологічної групи повітряно-водяних рослин, які широко розповсюджені у прісноводних водоймах України та утворюють монодомінантні зарості на мілководдях досліджених водойм, є очерет звичайний та рогіз вузьколистий. Середня питома активність ^{137}Cs у надземних органах очерету звичайного зареєстрована у діапазоні величин від 4 до 7394, у кореневищах – від 4 до 5752, у ґрунтових коренях – від 32 до 44958 Бк/кг (табл. 2).

Закономірно, що найвища активність радіонукліда відзначена у рослинах з оз. Глибоке, яке розташоване у зоні відчуження ЧАЕС і характеризується найвищою серед досліджених водойм щільністю забруднення площі водозбору (табл. 1). Приблизно у 3 рази меншим виявився рівень забруднення рослин з оз. Лісове – зона обов'язкового відселення. Варто відзначити, що у місцях відбору рослин у Повчанському водосховищі щільність забруднення прибережних територій була приблизно такою самою, як в оз. Лісове, а питома активність ^{137}Cs в очереті звичайному – на два порядки меншою. Вміст радіонукліда у рослинах, відібраних в оз. Біле, також був вищим, ніж у проточних водоймах з відповідною щільністю забруднення прибережних територій. Останнє можна пояснити тим, що рівні радіонуклідного забруднення водяних рослин залежать не лише від щільності радіоактивних випадіння на площу водозбору та поверхню водойм, а й від швидкості їх водообміну, і у фахових джерелах є відомості про аномально високе накопичення радіонуклідів гідробіонтами замкнених озер [1, 6].

Таблиця 2 – Питома активність ^{137}Cs у надземних та підземних органах очерету звичайного (Бк/кг) та відношення активність коренів/активність надземних органів (К)

Водойми	Органи			К
	Надземні	Кореневища	Корені	
Київське водосховище	34±5	38±6	385±5	11,3
Канівське водосховище	30±6	29±5	368±70	12,3
Повчанське водосховище	44±9	35±7	452±91	10,3
Оз. Глибоке	7394±3800	5752±862	44958±6700	6,1
Оз. Біле	139±21	107±16	3410±511	24,5
Оз. Лісове	2578±387	2875±431	28566±4285	11,1
Стави, м. Біла Церква	35±7	50±10	280±43	8,0
Стави, с. Шкнева	6±2	12±4	70±13	11,6
Стави, с. Кирдани	4±1	4±2	32±6	8,0

Аналіз отриманих даних довів загальну, характерну для повітряно-водяних рослин з усіх досліджених водойм закономірність – питома активність ^{137}Cs у ґрунтових коренях очерету звичайного була значно вищою, ніж у надземних органах. У рослинах більшості досліджених водойм відношення активність ґрунтових коренів/активність надземних органів зареєстровано у діапазоні величин 6,1–12,3, а в середньому становило 10. Виключенням було відношення активність коренів/активність надземних органів для рослин з оліготрофного оз. Біле, яке становило 24,5.

У більшості досліджених водойм питома активність ^{137}Cs у кореневищах очерету звичайного, які є видозміненими стеблами, достовірно не різнилася від рівнів його накопичення у надземних органах, і лише у рослин із ставків комплексного призначення, які розташовані на території с. Шкнева, вміст ^{137}Cs у кореневищах був у 2 рази вищим, ніж у надземних органах.

Середня питома активність ^{137}Cs у надземних та підземних органах рогозу вузьколистого була дещо меншою, ніж очерету звичайного, і становила у надземних органах 3–1580, кореневищах – 3–1400, у коренях – 24–8500 Бк/кг (табл. 3).

Однак, як і у разі очерету звичайного, питома активність радіонукліда у ґрунтових коренях значно перевищувала рівні радіонуклідного забруднення надземних органів і кореневищ. У рогозу вузьколистого з більшості дослідже-

них водойм відношення активність коренів/активність надземних органів становило 8–20, і лише у рослин з оз. Лісове – 5,4.

Існує тенденція до збільшення величини відношення активність коренів/активність надземних органів рогозу вузьколистого із прискоренням водообміну водойм, тобто зазначене відношення найменшим було у замкнених озерах. Питома активність ^{137}Cs у кореневищах рогозу вузьколистого достовірно не різнилася від його вмісту у надземних органах.

Особливості накопичення ^{137}Cs у надземних та підземних органах були проаналізовані ще для 6-ти видів повітряно-водяних рослин, які зустрічалися у межах досліджених фітоценозів лише в окремих водоймах (табл. 4).

Питома активність ^{137}Cs у ґрунтових коренях лепешняка великого перевищувала його вміст у надземних органах у 6,6–9,8 рази, кути озерної – у 3,7–9,2, частухи подорожникової – у 2,7–3, стрілолиста стрілолистого – у 1,9–2,1, сусака зонтичного та півників болотних – у 2,7 та 3,6 рази, відповідно. Активність ^{137}Cs у надземних органах та кореневищах зазначених видів рослин достовірно не різнилася, і лише у кореневищах лепешняка великого з Повчанського водосховища перевищувала активність коренів приблизно у 2 рази, а у кореневищах півників болотних із ставків у м. Біла Церква була у 2 рази меншою за активність коренів.

Таблиця 3 – Питома активність ^{137}Cs у надземних та підземних органах рогозу вузьколистого (Бк/кг) та відношення активність коренів/активність надземних органів (К)

Водойми	Органи			К
	Надземні	Кореневища	Корені	
Київське водосховище	4±1	7±2	80±24	20,0
Канівське водосховище	5±2	9±3	94±28	18,0
Повчанське водосховище	16±3	24±7	222±24	13,9
Оз. Біле	66±10	82±12	627±94	9,5
Оз. Лісове	1580±240	1400±210	8500±1300	5,4
Стави, м. Біла Церква	23±6	28±10	272±40	11,0
Стави, с. Шкнева	214±	17±5	215±42	10,0
Стави, с. Кирдани	3±1	3±1	24±6	8,0

Таблиця 4 – Питома активність ^{137}Cs у надземних та підземних органах деяких видів повітряно-водяних рослин (Бк/кг) та відношення активність коренів/активність надземних органів (К)

Водойми, види рослин	Органи			К
	Надземні	Кореневища	Корені	
Київське водосховище, лепешняк великий	30±6	29±6	295±65	9,8
Київське водосховище, стрілолист стрілолистий	119±25	115±24	250±59	2,1
Київське водосховище, частуха подорожникова	110±24	105±21	297±59	2,7
Канівське водосховище, куга озерна	10±2	9±3	92±22	9,2
Канівське водосховище, стрілолист стрілолистий	129±27	86±24	242±30	1,9
Канівське водосховище, сусак зонтичний	38±8	45±9	102±24	2,7
Повчанське водосховище, лепешняк великий	59±13	100±21	387±79	6,6
Оз. Біле, куга озерна	522±101	395±83	1920±450	3,7
Оз. Лісове, частуха подорожникова	3765±950	3100±600	11160±2800	3,0
Стави, м. Біла Церква, півники болотні	22±3	12±2	80±12	3,6

Висновки. За результатами досліджень рівнів вмісту ^{137}Cs у надземних та підземних органах повітряно-водяних рослин у різно-типних водоймах, які за щільністю забруднення ^{137}Cs вважаються умовно чистими, або належать до зон посиленого радіоекологічного контролю, гарантованого добровільного відселення та зони відчуження, виявлено загальну, характерну для рослин з усіх водойм закономірність – питома активність ^{137}Cs у ґрунтових коренях була значно вищою, ніж у надземних органах.

Питома активність ^{137}Cs у ґрунтових коренях очерету звичайного, рогузу вузьколистого та лепешняка великого перевищувала активність надземних органів у 5–20 разів, куги

озерної – у 4–9, стрілолиста стрілолистого, частухи подорожникової, сусака зонтичного та півників болотних – у 2, 3, 3 та 4 рази, відповідно. Рівні вмісту ^{137}Cs в надземних органах та кореневищах у більшості досліджених рослин достовірно не різнилися.

Результати дослідження надалі дадуть змогу оцінити внесок повітряно-водяних рослин у радіонуклідне забруднення донних відкладів та вдосконалити уявлення щодо значення вищих водяних рослин у процесах міграції та перерозподілу радіоактивних елементів у водних екосистемах. Виявлені закономірності формування рівнів вмісту ^{137}Cs у підземних органах рослин необхідно враховувати під час визначення дози опромінення рослин у забруднених радіонуклідами водоймах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волкова О.М. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм різного типу: дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.17. Київ, 2008. 348 с.
2. Марей А.Н. Санитарная охрана водоемов от загрязнений радиоактивными веществами. М.: Атомиздат, 1976. 224 с.
3. Радіонукліди у водних екосистемах України / М.І. Кузьменко та ін. К.: Чорнобильінтерінформ, 2001. 318 с.
4. Лукина Л.Ф., Смирнова Н.Н. Физиология высших водных растений. К.: Наук. думка, 1988. 188 с.
5. 25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього: національна доповідь України. К.: КІМ, 2011. 356 с.
6. Radiation-induced cytogenetic and hematologic effects on aquatic biota within the Chernobyl exclusion zone / D.I. Gudkov et al. Journal Environ. Radioactivity. 2016. 151(2). 438 p.
7. Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах / М.І. Кузьменко та ін. К.: Наукова думка, 2010. 262 с.
8. Радиоэкологический мониторинг пресноводных экосистем / А.В. Трапезников и др.; отв. ред. И.М. Донник. Ин-т экологии растений и животных. Екатеринбург: АкадемНаука, 2019. Т. 4. 447 с.
9. Трапезников А.В., Трапезникова В.Н., Коржавин А.В. Динамика радиоэкологического состояния пресноводных экосистем, подверженных многолетнему воздействию атомной электростанции в границах наблюдательной зоны. Радиационная биология. Радиоэкология. 2015. Т. 55. № 3. С. 302–313. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0869803115020150>.
10. Современное гидробиологическое и радиоэкологическое состояние водоема-охладителя Чернобыльской АЭС: доповіді Національної академії наук України

/ Д.И. Гудков и др. 2015, № 1. С. 173–179. DOI: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2015.01.173>

11. Physicochemical forms of (90)Sr and (137)Cs in components of Glyboke Lake ecosystem in the Chernobyl exclusion zone / Ch. Ganzha et al. *Journal of Environmental Radioactivity*. 04 May 2013, 127. P. 176–181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2013.03.013>

12. Радиоактивное и химическое загрязнение Днепра и его водохранилищ после аварии на Чернобыльской АЭС / В.Д. Романко и др. К.: Наукова думка, 1992. 194 с.

13. Accumulation and distribution of radionuclides in higher aquatic plants during the vegetation period / Ganzha Ch.D. et al. *Journal of Environmental Radioactivity*. 10 Aug 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106361>

14. Павлютин А.П., Бабуцкий В.А. Высшая водная растительность в озере, загрязненном радионуклидами: состав, распределение, запасы и накопление цезия-137. *Гидробиол. журн.* 1996. Т. 32. № 4. С. 79–86.

15. Shevtsova N.L., Gudkov D.I. Cytogenetic damages in the common reed *Phragmites australis* in the water bodies of the Chernobyl exclusion zone. *Hydrobiological Journal*. 49 (2). 2013. 85 p. DOI: <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v49.i2.80>

16. Shevtsova N.L., Yavniuk A.A., Gudkov D.I. Effect of rest period on germination of the common reed seeds from the water bodies of the Chernobyl exclusion zone. *Hydrobiological Journal*. 50 (5). 2014. 78 p.

17. Aquatic Plants and Animals in the Chernobyl Exclusion Zone: Effects of Long-Term Radiation Exposure on Different Levels of Biological Organization / D. Gudkov et al. In: *Genetics, Evolution and Radiation*. 2017. 287 p.

18. Гудков І.М. Радиобіологія. Херсон ОЛДИ-ПЛЮС, 2016. 504 с.

19. Гринжевський М.В. Аквакультура України (організаційно-економічні аспекти). Львів: Вільна Україна, 1998. 365 с.

20. Використання гідрофітних систем для відновлення якості забруднених вод / Міхєєв О.М. та ін. К.: Центр учбової літератури, 2018. 171 с.

21. Остроумов С.А. О самоочищении водных экосистем. Антропогенное влияние на водные экосистемы: материалы конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Н.С. Строганова: сборник статей / под редакцией О.Ф. Филенко. М.: Т-во научных изданий КМК, 2005. С. 94–119.

22. Томілін Ю.А. Радіонукліди в компонентах водних екосистем південного регіону України: міграція, розподіл, накопичення і контрзаходи: автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.01. Миколаїв: Видавництво МДГУ ім. Петра Могили, 2007. 40 с.

23. Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ / Сиренко Л.А. и др. К.: Наук. Думка. 1989. 232 с.

REFERENCES

1. Volkova, O.M. (2008). Tehnogenni radionuklidy u gidrobiontah vodojm riznogo typu: dys. ... d-ra biol. nauk: 03.00.17 [Man-caused radionuclides in aquatic organisms of reservoirs of different types: dis. Dr. Biol. Science: 03.00.17]. Kyiv, Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, 348 p.

2. Marej, A.N. (1976). Sanitarnaja ohrana vodoemov ot zagrjaznenij radioaktivnymi veshhestvami [Sanitary

protection of water bodies from radioactive contamination]. Moscow, Atomizdat, 224 p.

3. Kuz'menko, M.I., Romanenko, V.D., Derevec', V.V., Volkova, O.M. (2001). Radionuklidy u vodnyh ekosystemah Ukrai'ny [Radionuclides in aquatic ecosystems of Ukraine]. Kyiv, Chornobylinterinform, 318 p.

4. Lukina, L.F., Smirnova, N.N. (1988). Fiziologija vysshih vodnyh rastenij [Physiology of higher aquatic plants]. Kyiv, Scientific thought, 188 p.

5. 25 rokiv Chornobyl's'koi' katastrofy [25 years of the Chernobyl disaster]. Bezpeka majbutn'ogo: nacional'na dopovid' Ukrai'ny [Security of the future: a national report of Ukraine]. Kyiv, KIM, 2011, 356 p.

6. Gudkova, D.I., Shevtsova, N.L., Pomortseva, N.A., Dzyubenko, E.V., Kaglyana, A.E., Nazarov, A.B. (2016). Radiation-induced cytogenetic and hematologic effects on aquatic biota within the Chernobyl exclusion zone. *Journal Environ. Radioactivity*. 151(2), 438 p.

7. Kuz'menko, M.I., Gudkov, D.I., Kirjejev, S.I., Beljajev, V.V., Volkova, O.M., Klenus, V.G., Kagljan, O.Je., Shevcova, N.L., Shyroka, Z.O., Nasvit, O.I., Nazarov, O.B., Dzyubenko, O.V., Zarubin, O.L., Jurchuk, L.P., Karapysh, V.A., Mardarevych, M.G. (2010). Tehnogenni radionuklidy u prsnovodnyh ekosystemah [Man-made radionuclides in freshwater ecosystems]. Kyiv, Scientific thought, 262 p.

8. Trapeznikov, A.V., Trapeznikova, V.N., Korzhavin, A.V., Nykolkyn, V.N. (2019). Radiojekologicheskij monitoring presnovodnyh jekosistem [Radioecological monitoring of freshwater ecosystems]. In-t jekologii rastenij i zhivotnyh [Institute of Plant and Animal Ecology]. Ekaterinburg, AkademNauka, Vol. 4, 447 p.

9. Trapeznikov, A.V., Trapeznikova, V.N., Korzhavin, A.V. (2015). Dinamika radiojekologicheskogo sostojanija presnovodnyh jekosistem, podverzhennyh mnogoletnemu vozdeystviyu atomnoj jelektrostantsii v granicah nabljudaej zony [Dynamics of the radioecological state of freshwater ecosystems subject to long-term effects of a nuclear power plant within the observed zone]. *Radiacionnaja biologija. Radiojekologija [Radiation biology. Radioecology]*. Vol. 55, no. 3, pp. 302–313. Available at: <https://doi.org/10.7868/S0869803115020150>.

10. Gudkov, D.I., Protasov, A.A., Shherbak, V.I., D'jachenko, T.N., Kagljan, A.E., Silaeva, A.A., Pashkova, O.V. (2015). Sovremennoe gidrobiologicheskoe i radiojekologicheskoe sostojanie vodoema-ohladel'telja Chernobyl's'koj AjeS: dopovidi Nacional'noi' akademii' nauk Ukrai'ni [The current hydrobiological and radioecological state of the cooling pond of the Chernobyl nuclear power plant: additional findings of the National Academy of Sciences of Ukraine], no. 1, pp. 173–179. Available at: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2015.01.173>

11. Ganzha, Ch., Gudkova, D., Ganzhab, D., Klenu-sa, V., Nazarov, A. (2013). Physicochemical forms of (90)Sr and (137)Cs in components of Glyboke Lake ecosystem in the Chernobyl exclusion zone. *Journal of Environmental Radioactivity*. 127, pp. 176–181. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2013.03.013>

12. Romanenko, V.D., Kuz'menko, M.Y., Evtushenko, N.Ju. (1992). Radioaktivnoe i himicheskoe zagrjaznenie Dnepra i ego vodohranilishh posle avarii na chernobyl's'koj AjeS [Radioactive and chemical contamination of the Dnieper and its reservoirs after the accident at the Chernobyl nuclear power plant]. Kyiv, Scientific thought, 194 p.

13. Ganzha, Ch.D., Gudkov, D.I., Ganzha, D.D., Nazarov, A.B. (2020). Accumulation and distribution of radionuclides in higher aquatic plants during the vegetation period. *Journal of Environmental Radioactivity*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106361>

14. Pavljutin, A.P., Babuckij V.A. (1996). Vysshaja vodnaja rastitel'nost' v ozere, zagrijaznennom radionuklidami: sostav, raspredelenie, zapasy i nakoplenie cezija-137 [Higher aquatic vegetation in a lake contaminated with radionuclides: composition, distribution, stocks and accumulation of cesium-137]. *Gidrobiol. zhurn. [Hydrobiological Journal]*. Vol. 32, no. 4, pp. 79–86.

15. Shevtsova, N.L., Gudkov, D.I. (2013). Cytogenetic damages in the common reed *Phragmites australis* in the shhater bodies of the Chornobyl ehclusion zone. *Hydrobiological Journal*. 49 (2), 85 p. Available at: <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v49.i2.80>

16. Shevtsova, N.L., Javniuk, A.A., Gudkov, D.I. (2014). Effect of rest period on germination of the common reed seeds from the shhater bodies of the Chornobyl ehclusion zone. *Hydrobiological Journal*, 50 (5), 78 p.

17. Gudkov, D., Shevtsova, N., Pomortseva, N., Dzyubenko, E. (2017). Aquatic Plants and Animals in the Chernobyl Ehclusion Zone: Effects of Long-Term Radiation Ehposure on Different Levels of Biological Organization. *Genetics, Evolution and Radiation*. 287 p. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-48838-7_24

18. Gudkov, I.M. (2016). *Radiobiologija [Radiobiology]*. Kherson, OLDY-PLJuS, 504 p.

19. Grynzhivs'kyj, M.V. (1998). *Akvakul'tura Ukraïny (organizacijno-ekonomichni aspekty) [Aquaculture of Ukraine (organizational and economic aspects)]*. Lviv, Free Ukraine, 365 p.

20. Mihjejev, O.M., Madzhd, S.M., Lapan', O.V., Kulynych, Ja.I. (2018). *Vykorystannja gidrofitnyh system dlja vidnovlennja jakosti zabrudnennja zabrudnenyh vod [Use of hydrophytic systems to restore the quality of polluted water pollution]*. Kyiv, Center for Educational Literature, 171 p.

21. Ostroumov, S.A. (2005). *O samoochishhenii vodnyh jekosistem. Antropogennoe vlijanie na vodnye jekosistemy: materialy konferencii, posvjashhennoj 100-letiju so dnja rozhdenija N.S. Stroganova: sbornik statej [On self-purification of aquatic ecosystems. Anthropogenic Influence on Aquatic Ecosystems: proceedings of the conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of N.S. Stroganov: collection of articles]*. Moscow, KMK Scientific Publishing Partnership, pp. 94–119.

22. Tomilin, Ju.A. (2007). *Radionuklidy v komponentah vodnyh ekosystem pivdenного regionu Ukraïny: migracija, rozpodil, nakopychennja i kontrzahody: avtoref. dys. ... d-ra byol. nauk: 03.00.01 [Radionuclides in components of aquatic ecosystems of the southern region of Ukraine: migration, distribution, accumulation and countermeasures: author's ref. dis. Dr. Biol. Science: 03.00.01]*. Mykolaiv, Petro Mohyla Moscow State University Publishing House, 40 p.

23. Sirenko, L.A., Koreljava, I.A., Mihajlenko, L.E. (1989). *Rastitel'nost' i bakterial'noe naselenie Dnepra i ego vodohranilishh [Vegetation and bacterial population of the Dnieper and its reservoirs]*. Kyiv, Scientific thought, 232 p.

Закономерности накопления ¹³⁷Cs в надземных и подземных органах воздушно-водных растений водоемов Полесья и Лесостепи Украины

Волкова О.Н., Беляев В.В., Скуба В.В., Пришляк С.П., Гейко М.Н.

Целью исследования было установление закономерностей накопления ¹³⁷Cs в надземных и подземных органах воздушно-водных растений из разнотипных водоемов Полесья и Лесостепи Украины, расположенных на территориях различной степени радиоактивного загрязнения.

Исследования выполняли в 2014–2018 гг. Высшие водные растения отбирали в эвтрофных, олиготрофных и дистрофных водоемах – больших и малых водохранилищах, озерах и прудах различного назначения. Водоемы расположены на территориях, которые относительно плотности загрязнения ¹³⁷Cs считаются условно чистыми, либо отнесены к зонам усиленного радиологического контроля, гарантированного добровольного отселения, безусловного (гарантированного) отселения и зоны отчуждения. Объектами исследований были 8 видов воздушно-водных растений, которые широко распространены в пресных водоемах Полесья и Лесостепи Украины. Удельное содержание ¹³⁷Cs в надземных органах, корневищах и корнях растений определяли общепринятыми гамма-спектрометрическими методами.

Анализ полученных данных доказал общую, характерную для растений из всех исследованных водоемов закономерность – уровни содержания ¹³⁷Cs в надземных органах и корневищах растений в основном достоверно не отличались, а в грунтовых корнях были значительно выше. Удельная активность ¹³⁷Cs в грунтовых корнях *Phragmites australis* превышала его активность в надземных органах в 6–25, *Typha angustifolia* – 5–20, *Glyceria maxima* – 7–10, *Scirpus lacustris* – 4–9, *Alisma plantago-aquatica* – 3, *Sagittaria saggitifolia* – 2, *Butomus umbellatus* – 3, *Iris pseudacorus* – в 4 раза. Уровни содержания ¹³⁷Cs в надземных органах и корневищах в большинстве исследованных растений достоверно не отличались.

Результаты исследования в дальнейшем позволят оценить вклад воздушно-водных растений в формирование радиоактивного загрязнения донных отложений и усовершенствовать представление о значении высших водных растений в процессах миграции и перераспределения радиоактивных элементов в водных экосистемах. Выявленные закономерности формирования уровней содержания ¹³⁷Cs в подземных органах растений необходимо учитывать при определении дозы облучения растений в загрязненных радионуклидами водоемах.

Ключевые слова: воздушно-водные растения, надземные органы, подземные органы, корни, корневища, ¹³⁷Cs, водохранилища, озера, пруды.

The regularities of ¹³⁷Cs accumulation in the above- and underground parts of aerial-and-aquatic plants originated from various types of reservoirs in the Polissia and the Forest-Steppe of Ukraine

Volkova O., Belyaev V., Skyba V., Prishlyak S., Heiko M.

The aim of the study was to establish the regularities of ¹³⁷Cs accumulation in the above- and underground parts of aerial-and-aquatic plants originated from various types of reservoirs in the Polissia and the Forest-Steppe of Ukraine,

located in territories varying in the degrees of radioactive contamination.

The studies were carried out in 2014–2018. Higher aquatic plants were sampled in eutrophic, oligotrophic, and dystrophic reservoirs including large and small ones as well as lakes and ponds used for various purposes. The reservoirs were located in the areas that are considered conditionally clean relative to the density of ^{137}Cs contamination, or are classified as zones of enhanced radiological control, guaranteed voluntary resettlement, unconditional (guaranteed) resettlement and exclusion zones. The objects of research were 8 species of aerial aquatic plants widespread in the fresh water reservoirs of the Polissya and the Forest-Steppe of Ukraine. The specific content of ^{137}Cs in the aboveground parts, rhizomes, and roots of the plants was determined by common gamma-spectrometric methods.

The analysis of the obtained results revealed a common regularity typical of plants from all the studied reservoirs – the levels of ^{137}Cs in the aboveground parts and the rhizomes did not differ significantly, but in the ground roots they were

significantly higher. The specific activity of ^{137}Cs in ground roots of *Phragmites australis* exceeded its activity in above ground parts by 6–25 times, in *Tupha angustifolia* – by 5–20, *Glyceria maxima* by 7–10, *Scirpus lacustris* by 4–9, *Alisma plantago-aquatica* – by 3 times, *Sagittaria saggitifolia* – by 2, *Butomus umbellatus* – by 3, *Iris pseudacorus* – by 4 times. The levels of ^{137}Cs content in aboveground parts and rhizomes in most of the studied plants did not differ significantly.

The results of the study will further make it possible to assess the role of aerial-and-aquatic plants in the bottom sediments radioactive contamination and to improve the understanding of the role of higher aquatic plants in the processes of radioactive elements migration and redistribution in aquatic ecosystems. The revealed regularities of ^{137}Cs levels formation in the underground parts of plants should be taken into account in determining the radiation dose of plants growing in radionuclides contaminated reservoirs.

Key words: aerial-and-aquatic plants, aboveground parts, underground parts, roots, rhizomes, ^{137}Cs , reservoirs, lakes, ponds.



Copyright: Волкова О.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Волкова О.М.
Беляєв В.В.
Скиба В.В.
Пришляк С.П.

<https://orcid.org/0000-0002-5868-4842>
<https://orcid.org/0000-0003-4465-7816>
<https://orcid.org/0000-0002-3605-1147>
<https://orcid.org/0000-0002-3838-3073>


АГРОНОМІЯ

УДК 633.62

Енергетична продуктивність сорго цукрового залежно від строків збирання урожаю в центральній частині Лісостепу України

Ганженко О.М. 

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

 Ganzhenko74@gmail.com

Ганженко О.М. Енергетична продуктивність сорго цукрового залежно від строків збирання урожаю в центральній частині Лісостепу України. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 23–31.

Ganzhenko O.M. Energetychna produktyvnysh' sorogo cukrovogo zalezno vid strokiv zbyrannja urozhaju v central'nij chastyini Lisostepu Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 23–31.

Рукопис отримано: 09.02.2021 р.
Прийнято: 24.02.2021 р.
Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-23-31

У зв'язку з глобальними змінами клімату сорго цукрове (*Sorghum saccharatum*) є найбільш перспективною рослиною у світі, біомасу якої використовують для виробництва різних видів біопалива.

У статті наведено результати досліджень щодо встановлення залежності показників енергетичної продуктивності сорго цукрового від сортових особливостей (сорти Силосне 42 і Фаворит та гібриди Довіста і Медовий F1) та строків збирання зеленої біомаси.

Мета досліджень – виявити вплив сортових особливостей та строків збирання урожаю на енергетичну продуктивність сорго цукрового у зоні нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України.

Предмет досліджень – показники енергетичної продуктивності сорго цукрового (врожайність зеленої біомаси; цукристість соку; вихід біогазу, біоетанолу, твердого біопалива; загальний вихід енергії).

Дослідження проводили впродовж 2016–2020 років в зоні нестійкого зволоження центральної частини Лісостепу України в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України.

Встановлено, що найбільший вихід біопалива та енергії (до 791,8 ГДж/га) досягається за вирощування сорго цукрового гібрида Довіста за умови збирання його біомаси у фазу повної стиглості насіння (початок жовтня). Збирання біомаси сорго цукрового на біогаз доцільно розпочинати не раніше фази викидання волоті. Для забезпечення максимального виходу біоетанолу оптимальними строками збирання зеленої біомаси сорго цукрового є II декада вересня – I декада жовтня, а максимальний вихід твердого біопалива досягається за збирання біомаси не раніше фази воскової стиглості зерна. На формування урожаю зеленої біомаси сорго цукрового найбільше впливали погодні умови (47,4 %), меншим був вплив сортових особливостей (17,8 %) та строків збирання (12,8 %), а на вихід енергії найбільший вплив чинили строки збирання біомаси (37,4 %). Встановлено тісну лінійну кореляційну залежність виходу енергії від врожайності зеленої ($R^2=0,81$) та сухої біомаси ($R^2=0,99$). Найбільш екологічно пластичним за показником загального виходу енергії з одиниці площі виявився гібрид Медовий F1 ($b=1,62$), що свідчить про перспективність вирощування цього гібрида за сприятливих погодних умов та належного рівня агротехніки.

Ключові слова: сорго цукрове, сортові особливості, строки збирання, вихід енергії, вихід біопалива, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У зв'язку з глобальними змінами клімату сорго цукрове (*Sorghum saccharatum*) є найбільш перспективною рослиною у світі, біомасу якої використовують для виробництва різних видів біопалива. Перевагами сорго є швидкі темпи приросту біомаси, ранні строки дозрівання, ефективне використання води та обмежена потреба у добривах [1, 2, 3, 4].

Невдовзі дефіцит вологи стане домінуючим чинником, який стримуватиме розвиток аграрного виробництва. За вегетаційний період сорго цукрове потребує у 4 рази менше води порівняно з цукровою тростиною, тому передбачається, що посіви сорго цукрового витіснять цукрову тростину (*Saccharum officinarum*) та інші цукроносні й кормові культури [5, 6, 7].

Сорго цукрове належить до С4 рослин, які більш ефективно використовують світло, воду та елементи живлення порівняно з С3 рослинами [8]. Крім того, сорго цукрове більш посухостійка культура, ніж цукрова тростина (*Saccharum officinarum*) та кукурудза (*Zea mays*), які нині використовують для виробництва біопалива у світі [1]. Виробництво і використання біоетанолу, виготовленого з біомаси сорго цукрового, дає змогу більш як на 70 % зменшити викиди парникових газів [9].

Отже, набуває актуальності питання дослідження впливу елементів технології вирощування сорго цукрового на показники продуктивності та якості його біомаси. Такі дослідження проводять здебільшого в країнах з теплим та посушливим кліматом, таких як: Індія [7], США [10, 11], Пакистан [3, 4], Туреччина [12], країни Африки [13].

Відомо, що урожайність зеленої біомаси сорго цукрового та вихід біоетанолу значно залежать від сортових особливостей, а також від строків сівби насіння та строків збирання зеленої біомаси. Встановлено, що у південно-західних штатах США найбільший розрахунковий вихід біоетанолу було отримано за сівби насіння у травні, а ступінь впливу строків сівби насіння на продуктивність сорго цукрового значно залежала від його сортових особливостей [10]. Іншими дослідженнями було встановлено, що ранні строки сівби насіння сорго цукрового дають змогу на 13 % збільшити вихід біоетанолу [11].

Дослідженнями, які проводили у теплих і посушливих умовах Азії встановлено, що збільшення вегетаційного періоду з 60 до 120 діб сприяє підвищенню сухої біомаси сорго цукрового на 48 % [3]. Заразом, подовження періоду вегетації рослин призводило до зростання вмісту целюлози, геміцелюлози та лігніну, що зменшувало питомий вихід біометану [3]. Ранні і пізні строки сівби насіння сорго цукрового в цих умовах зменшували врожайність сухої біомаси на 23 % [4].

Турецькими вченими встановлено, що збирання стебел сорго цукрового у більш пізні строки сприяє збільшенню висоти рослин, врожаю зеленої і сухої біомаси та вмісту в ній лігніну. Під час збирання сорго цукрового у періоди викидання волотей і молочної стиглості зерен вміст сухої речовини не перевищував 24,7 % [12]. Отже, найкращим строком збирання сорго цукрового для кормів є фаза воскової або повної стиглості. Збирання зеленої біомаси сорго цукрового до настання фази воскової стиглості унеможливає подальше її силосування незалежно від сортових особливостей [12].

Дослідженнями, проведеними в Кенії встановлено, що строки збирання біомаси сорго цукрового є важливим чинником, що впливає на вміст цукру і вихід біопалива. Результати досліджень довели, що збирання зеленої біомаси сорго цукрового через 104–117 діб після сівби насіння найбільш оптимальні для виробництва біоетанолу [13].

Широкомасштабні дослідження, які були проведені в чотирьох різних регіонах Індії довели, що найвищу врожайність зеленої біомаси, вихід соку та вміст цукрів у соці відмічали за сівби насіння сорго цукрового у червні. За цього строку сівби отримали максимальний вихід біоетанолу для усіх 12 сортів сорго цукрового, які досліджували [7].

Українськими дослідниками встановлено, що ранні строки сівби насіння сорго цукрового (III декада квітня) зменшують урожайність його зеленої біомаси на 6,6 т/га, цукристість соку – на 0,5 %, вихід біоетанолу – на 0,34 т/га порівняно з оптимальними строками (I–II декади травня) [14]. За сівби насіння сорго цукрового в II декаді травня показники фотосинтетичної продуктивності були максимальними [15], а засміченість посівів бур'янами – мінімальною [16]. Найбільший вихід твердого біопалива у правобережній частині Лісостепу України було отримано за ширини міжрядь 45 см та густоти стояння рослин сорго цукрового 250 тис. шт./га [17]. Вітчизняними вченими також відмічено, що оптимальні строки та способи збирання біомаси сорго цукрового залежать від сортових особливостей, погодних умов, а також від способів подальшого використання зібраної біомаси: для виробництва біогазу чи біоетанолу [18].

Отже, попри значну кількість наукових публікацій з результатами досліджень щодо технологічних аспектів вирощування сорго цукрового на енергетичні цілі, невирішеним залишається питання оцінювання енергетичного потенціалу сучасних сортів сорго цукрового в умовах Центрального Лісостепу України.

Мета дослідження – виявити вплив сортових особливостей та строків збирання врожаю на енергетичну продуктивність сорго цукрового у зоні нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2016–2020 рр. у зоні нестійкого зволоження центральної частини Лісостепу України на полях Білоцерківської дослідно-селекційної станції ІБКіЦБ НААН за схемою двофакторного дослідження (табл. 1). Площа посівної ділянки 54 м², облікової – 28,8 м². Повторність дослідження – чотириразова. Загальна площа дослідження – 0,37 га.

Таблиця 1 – Схема досліджу

Чинник А: Сортові особливості		Чинник Б: Строки збирання	
A1	Силосне 42 (середньостиглий)	B1	I декада серпня
A2	Довіста (середньопізній)	B2	III декада серпня
A3	Медовий F1 (середньоранній)	B3	II декада вересня
A4	Фаворит (середньостиглий)	B4	I декада жовтня

Дослід закладається за методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти досліджу розміщують на ділянках послідовно. Сівбу насіння сорго цукрового проводять на глибину 4–6 см із шириною міжрядь 45 см та густотою стояння рослин 200 тис. шт./га (9,0 схожих насінин на 1 м рядка).

Дослідження проводили на чорноземах типових крупнопилуватого середньосуглинкового механічного складу, з глибиною гумусового шару від 1,0 до 1,2 м з вмістом гумусу в орному шарі (0–30 см) 3,9 %, що характерно для малогумусних чорноземів. Реакція ґрунтового розчину – близька до нейтральної (рН сольової витяжки становить 6,5). Лужногідролізованого азоту в орному шарі ґрунту – 134 мг (за Тюриним); рухомих форм фосфору – 160 мг (за Кірсановим); обмінного калію – 96 мг (за Чіріковим) на 1 кг ґрунту.

Температурний режим за роки досліджень був без значних коливань, однак з перевищенням середніх багаторічних показників. У 2016 році за період вегетації температура повітря була більшою за середні багаторічні значення на 2,5 °С. За кількістю опадів 2016 рік відзначився нерівномірністю їх випадання, у квітні та травні опадів випало більше відповідно на 12,4 та 49,2 мм від середніх багаторічних, однак у червні, липні, серпні та вересні опадів випало менше відповідно на 35,3; 60,5; 38,0 та 30,4 мм.

У 2017 році температура повітря за вегетаційний період була вищою за середні багаторічні показники на 1,9 °С. Загалом за вегетаційний період кількість опадів у 2017 році була меншою на 159,2 мм від середніх багаторічних значень. Зокрема, у квітні, червні, липні та серпні кількість опадів була меншою за середні багаторічні показники на 32,1; 46,3; 36,9 та 43,9 мм відповідно, у травні і вересні кількість опадів була майже на рівні з багаторічними даними.

У 2018 році за період вегетації температура повітря була більшою за багаторічні значення на 2,9 °С. Кількість опадів за вегетаційний період була нижчою за середні багаторічні показники на 84,8 мм. Слід зазначити, що у червні та вересні кількість опадів перевищила середні багаторічні показники на 11 та 20,2 мм, тимчасом у квітні, травні, липні та серпні їх кількість була нижчою на 36,8; 2,4; 31,8 та 45,0 мм.

У 2019 році температура повітря в середньому за вегетаційний період перевищувала

багаторічні дані на 1,8 °С. За кількістю опадів 2019 рік відзначився певною нерівномірністю випадання опадів. У травні та червні їх кількість перевищувала середні багаторічні показники на 28,8 та 26,7 мм відповідно. У квітні, липні, серпні та вересні їх кількість була меншою за середні багаторічні показники відповідно на 14,8; 61,9; 38,6 та 12,9 мм.

У 2020 році температура повітря за місяцями була вищою за середні багаторічні показники, і в середньому за вегетаційний період перевищувала на 1,4 °С. Слід зазначити, що 2020 рік був посушливим, оскільки кількість опадів була значно меншою за середні багаторічні дані. У квітні, червні, липні та вересні кількість опадів була меншою за середні багаторічні показники на 32,0; 46,7; 62,8 та 12,3 мм відповідно, у травні та серпні їх кількість дещо перевищила середні багаторічні дані на 44,7 та 6,6 мм.

Розрахунок виходу біопалива та енергії проводили відповідно до методичних рекомендацій [18].

Отримані експериментальні дані обробляли статистично з використанням дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів [19, 20].

Результати дослідження та обговорення. За результатами досліджень встановлено, що за першого строку збирання (I декада серпня) врожайність зеленої біомаси сорго цукрового у середньому за 2016–2020 рр. була найменшою і становила для гібридів Довіста і Медовий F1 відповідно 78,9 та 83,8 т/га, а для сортів Фаворит та Силосне 42 – 70,1 та 67,6 т/га відповідно (табл. 2). Перенесення строків збирання на кінець серпня дало змогу підвищити врожайність зеленої біомаси в середньому на 28,8 %. Так, врожайність зеленої біомаси гібридів Довіста і Медовий F1 зросла до 111,4 та 106,9 т/га, а сортів Фаворит та Силосне 42 – до 87,1 та 81,6 т/га відповідно. Подальше перенесення строків збирання на середину вересня дало змогу підвищити врожайність зеленої біомаси гібридів Довіста і Медовий F1 до 128,6 та 107,0 т/га, а сортів Фаворит і Силосне 42 – до 91,9 та 83,0 т/га. У більш пізній строк збирання (початок жовтня) спостерігалось незначне зменшення врожайності зеленої біомаси для гібрида Медовий F1 та сорту Фаворит та незначне збільшення для сорту Силосне 42 і гібрида Довіста.

Таблиця 2 – Показники енергетичної продуктивності сорго цукрового залежно від сортових особливостей та строків збирання (середнє за 2016–2020 рр.)

Чинник А Строки збирання	Чинник Б Сортові особливості	Урожайність зеленої біомаси, т/га	Цукри- стість соку, %	Розрахунковий вихід біопалива			Вихід енергії, ГДж/га
				біогазу, тис.м ³ /га	біоетано- лу, т/га	твердого біопалива, т/га	
Строк 1 (I декада серпня)	Силосне 42	67,6	6,6	7,4	1,0	11,6	209,8
	Довіста	78,9	6,2	8,6	1,1	13,6	244,9
	Медовий F1	83,8	6,8	9,5	1,3	14,9	270,2
	Фаворит	70,1	5,5	7,1	0,9	11,1	199,5
Строк 2 (III декада серпня)	Силосне 42	81,6	11,6	13,4	2,2	21,0	389,6
	Довіста	111,4	12,0	18,5	3,1	29,0	541,1
	Медовий F1	106,9	14,2	18,8	3,4	29,5	557,0
	Фаворит	87,1	10,8	13,5	2,1	21,1	390,5
Строк 3 (II декада вересня)	Силосне 42	83,0	13,3	14,7	2,5	23,1	431,3
	Довіста	128,6	13,8	24,4	4,1	38,4	715,5
	Медовий F1	107,0	15,4	20,4	3,8	32,0	605,2
	Фаворит	91,9	13,0	16,3	2,7	25,7	478,1
Строк 4 (I декада жовтня)	Силосне 42	84,7	14,2	15,6	2,7	24,5	460,4
	Довіста	135,6	16,1	26,6	5,0	41,7	791,8
	Медовий F1	106,6	17,0	21,0	4,3	33,0	634,3
	Фаворит	88,8	15,4	16,5	3,1	25,9	491,6
НІР _{0,05}		4,3	0,7				

Виявлено, що на ранніх фазах розвитку рослин сорго цукрового (до фази викидання волоті) цукристість соку є невисокою і коливається в межах від 5,5 (сорт Фаворит) до 6,8 % (гібрид Медовий F1). За збирання біомаси у фазу викидання волоті (кінець серпня) концентрація вуглеводів у соці стебел зростає приблизно в 1,9 раза і становить у гібридів Довіста і Медовий F1 відповідно 12,0 і 14,2 %, а у сортів Фаворит і Силосне 42 – 10,8 і 11,6 % відповідно. Перенесення строків збирання на середину вересня забезпечило зростання вмісту вуглеводів у соці в середньому на 14,1 %, водночас максимальні показники цукристості були у гібридів Довіста (13,8 %) та Медовий F1 (15,4 %). У фазі повної стиглості зерна у зоні нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України рослини сорго цукрового накопичили максимальну кількість цукрів у соці, водночас найбільша цукристість соку була у гібридів Довіста (16,1 %) і Медовий F1 (17,0 %), у сортів Фаворит та Силосне 42 цей показник становив відповідно 15,4 та 14,2 %.

Розрахунковий вихід біогазу з біомаси сорго цукрового, зібраної у фазі інтенсивного росту (кінець липня – початок серпня), є незначним і коливається в межах від 7,1 (сорт Фаворит) до 9,5 тис. м³/га (гібрид Медовий F1). З кожним наступним строком збирання вихід біогазу для усіх досліджуваних сортів і гібридів зростає, що пов'язано зі зростанням урожайності зеленої біомаси та вмісту сухої речовини. Так, за збирання біомаси у кінці серпня вихід біогазу зростає у середньому майже у 2 рази порівняно

зі збиранням на початку місяця, і становить для гібридів Довіста і Медовий F1 відповідно 18,5 та 18,8 тис. м³/га, а для сортів Фаворит і Силосне 42 – 13,5 та 13,4 тис. м³/га відповідно.

Перенесення строків збирання на середину вересня дає змогу збільшити вихід біогазу в середньому на 18,4 % порівняно з попереднім строком. Максимальний вихід біогазу отримано за збирання сорго цукрового у фазі повної стиглості зерен, водночас вихід біогазу з гібридів Довіста і Медовий F1 становить відповідно 26,6 та 21,0 тис. м³/га, а з сортів Фаворит та Силосне 42 – 16,5 та 15,6 тис. м³/га.

Отже, збирання біомаси сорго цукрового на біогаз у зоні нестійкого зволоження Східного Лісостепу України доцільно розпочинати не раніше фази викидання волоті.

Результати досліджень свідчать, що збирання біомаси сорго цукрового у фазі інтенсивного росту на біоетанол не доцільне, оскільки внаслідок низького вмісту цукрів вихід біоетанолу не перевищує 1,28 т/га. Починаючи з фази викидання волотей, спостерігається суттєве збільшення виходу біоетанолу з біомаси сорго цукрового більш як у 2,5 рази. Так, вихід біоетанолу з гібридів Довіста і Медовий F1 за збирання їх біомаси у кінці серпня становить відповідно 3,11 та 3,44 т/га, а з сортів Фаворит і Силосне 42 – 2,11 та 2,16 т/га. Подальше перенесення строків збирання на середину вересня дало змогу підвищити вихід біоетанолу в середньому за сортами на 20,7 % порівняно з попереднім строком збирання. Перенесення строків збирання ще на 20 днів (початок жовт-

ня) дало змогу підвищити середній за сортами вихід біоетанолу ще на 16 %. За збирання біомаси у фазі повної стиглості зерна вихід біоетанолу з гібридів Довіста і Медовий F1 становив відповідно 5,02 та 4,29 т/га, а з сортів Фаворит і Силосне 42 – 3,11 та 2,74 т/га.

Отже, для максимальної реалізації біологічного потенціалу рослин сорго цукрового щодо виходу біоетанолу оптимальними строками збирання зеленої біомаси в зоні нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України є II декада вересня – I декада жовтня.

Вихід твердого біопалива безпосередньо залежить від урожайності сухої речовини, тому враховуючи низьку врожайність зеленої біомаси та низький вміст у ній сухої речовини на початкових фазах розвитку рослин сорго цукрового (до фази викидання волоті), вихід твердого біопалива за раннього строку збирання біомаси не перевищував 14,9 т/га. За збирання біомаси сорго цукрового у кінці серпня вихід твердого біопалива зростає майже удвічі і становить: для гібридів Довіста і Медовий F1 відповідно 29,0 та 29,5 т/га, а для сортів Фаворит і Силосне 42–21,1 та 21,0 т/га. Подальше перенесення строків збирання на середину вересня дало змогу збільшити вихід твердого біопалива в середньому на 18,4 %. Найбільший вихід твердого біопалива отримано за четвертого строку збирання (початок жовтня): для гібридів Довіста і Медовий F1 відповідно 41,7 та 33,0 т/га, а для сортів Фаворит і Силосне 42 – 25,9 та 24,5 т/га.

Отже, максимальний вихід твердого біопалива з сорго цукрового досягається за збирання біомаси не раніше фази воскової стиглості зерна.

Виявлено, що в разі раннього збирання біомаси сорго цукрового (кінець липня – початок серпня) загальний вихід енергії не перевищує 270,2 ГДж/га, що пояснюється низькою врожайністю зеленої біомаси у цей час та низькою концентрацією у ній сухої речовини, зокрема цукрів. Перенесення строків збирання на 20 діб (на кінець серпня) дає змогу підвищити вихід енергії більш як у 2 рази. Так, за збирання сорго цукрового у III декаді серпня вихід енергії з біомаси гібридів Довіста і Медовий F1 становив відповідно 546,1 та 557,0 ГДж/га, а з біомаси сортів Фаворит і Силосне 42 – 390,5 та 389,6 ГДж/га. Завдяки збільшенню вмісту сухої речовини та вуглеводів у біомасі сорго цукрового у фазах воскової та повної стиглості насіння вихід енергії також зростає. Так, за збирання біомаси в середині вересня вихід енергії коливається від 431,3 (сорт Силосне 42) до 715,5 ГДж/га (гібрид Довіста). Перенесення строків збирання ще на 20 діб (на початок жовтня) дає

змогу несуттєво збільшити загальний вихід енергії (лише на 6,6 %), однак за таких умов є ризик вилягання рослин, що ускладнює процес їх збирання.

Отже, для максимальної реалізації енергетичного потенціалу рослин сорго цукрового збирання зеленої біомаси слід проводити не раніше фази воскової стиглості зерен. За виходом енергії з одиниці площі, починаючи із фази воскової стиглості зерна, гібрид Довіста значно переважав інші досліджувані сорти і гібриди.

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що в зоні нестійкого зволоження центральної частини Лісостепу України на формування врожаю зеленої біомаси сорго цукрового найбільше впливали погодні умови (47,4 %), меншим був вплив сортових особливостей (17,8 %) та строків збирання (12,8 %). Однак, на вихід енергії найбільший вплив чинили строки збирання біомаси (37,4 %), а вплив погодних умов (26,9 %) та сортових особливостей (13,3 %) був меншим (рис. 1). Це пояснюється тим, що вихід енергії більше залежить від врожайності сухої біомаси, ніж від зеленої.

Результати регресійного аналізу підтверджують більш тісну залежність виходу енергії від урожайності сухої біомаси, оскільки коефіцієнт детермінації між виходом енергії та врожайністю зеленої біомаси становив $R^2=0,81$ (рис. 2а), а між виходом енергії та врожайністю сухої біомаси – $R^2=0,99$ (рис. 2б). Крім того, коефіцієнт рівняння регресійної залежності виходу енергії від врожайності зеленої біомаси менший порівняно з відповідним коефіцієнтом для сухої біомаси ($b_1=6,39 < b_2=20,93$).

Строкатість погодних умов за роки проведення досліджень дала змогу провести оцінювання екологічної пластичності та стабільності досліджуваних сортів та гібридів сорго цукрового. Попри те, що за середніми показниками енергетичної продуктивності середньопізній гібрид Довіста був попереду інших досліджуваних сортів і гібридів сорго цукрового, за рівнем екологічної пластичності він поступився середньоранньому гібриду Медовий F1 (рис. 3). Так, за показником виходу енергії найбільш пластичним був гібрид Медовий F1 ($b=1,60$). Дещо поступався йому гібрид Довіста ($b=1,15$). Екологічна пластичність досліджуваних сортів за показником виходу енергії була значно нижчою і становила $b=0,58$ для сорту Фаворит та $b=0,67$ для сорту Силосне 42. Водночас досліджувані сорти забезпечували високі показники стабільності, що свідчить про те, що їх вирощування у цій зоні забезпечує хоч і не високий, однак стабільний вихід енергії з одиниці площі навіть за несприятливих погодних умов.

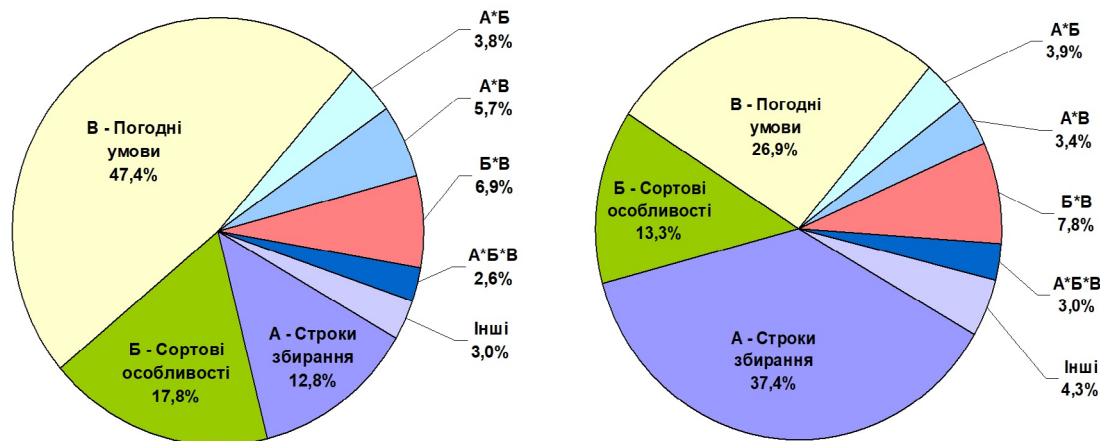


Рис. 1. Вплив досліджуваних чинників на:
а) урожайність зеленої біомаси; б) вихід енергії.

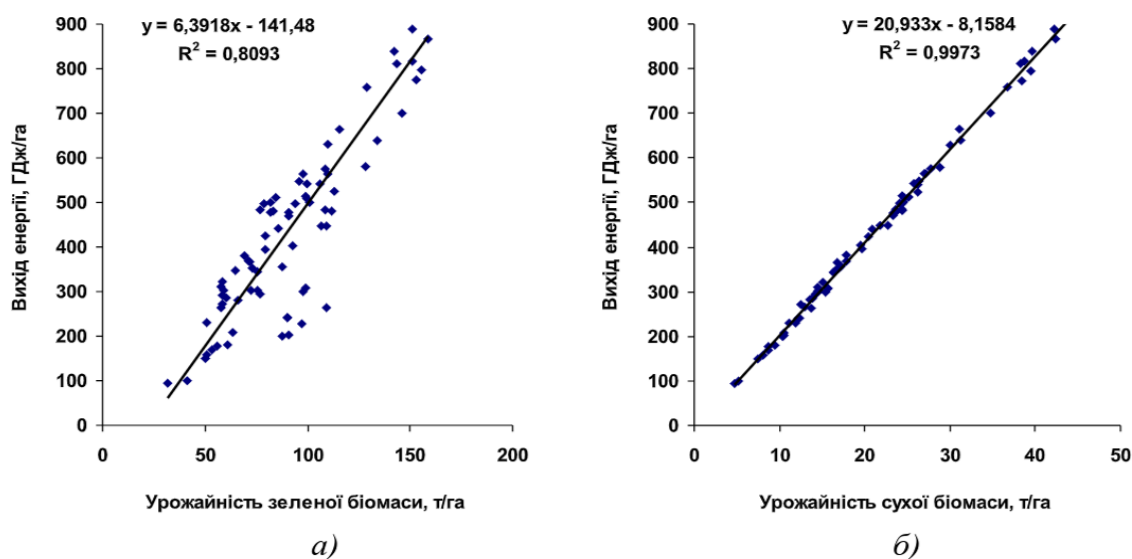


Рис. 2. Регресійна залежність виходу енергії від:
а) урожайності зеленої біомаси; б) урожайності сухої біомаси.

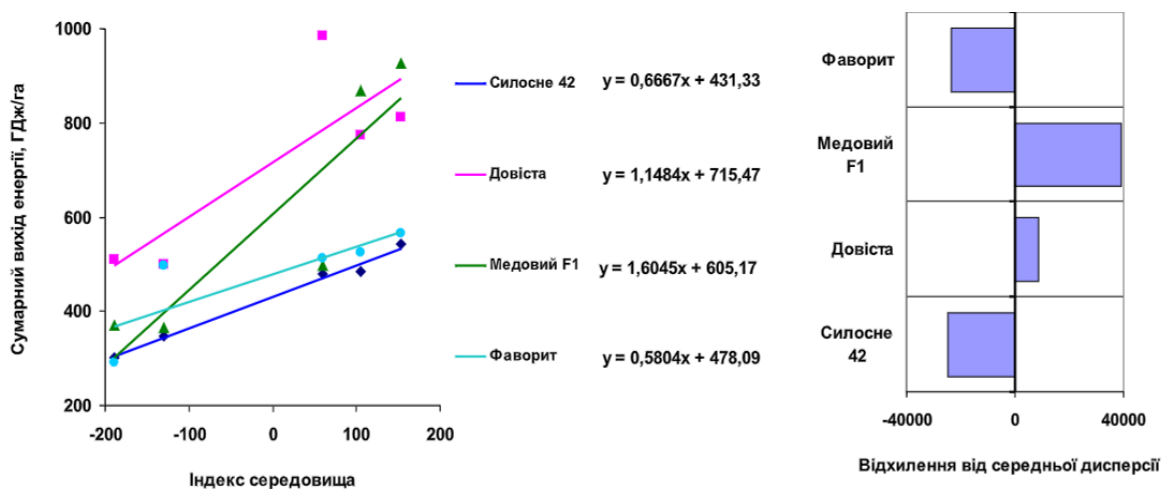


Рис. 3. Екологічна стабільність та пластичність сортів сорго цукрового за виходом енергії.

Отже, у зоні нестійкого зволоження центральної частини Лісостепу України найбільший середній за 2016–2020 рр. вихід біопалива та енергії отримано з біомаси цукрового сорго гібрида Довіста (до 791,8 ГДж/га), однак найбільш екологічно пластичним за показником загального виходу енергії з одиниці площі виявився гібрид Медовий F1 ($b=1,62$), що свідчить про перспективність вирощування цього гібрида за умови сприятливих погодних умов та належного рівня агротехніки.

Висновки. Отже, в зоні нестійкого зволоження центральної частини Лісостепу України найбільший середній за 2016–2020 рр. вихід біопалива та енергії (до 791,8 ГДж/га) отримано з сорго цукрового середньопізнього гібрида Довіста за умови збирання його біомаси у фазу повної стиглості насіння (початок жовтня).

Збирання біомаси сорго цукрового на біогаз доцільно розпочинати не раніше фази викидання волоті. Для забезпечення максимального виходу біоетанолу оптимальними строками збирання зеленої біомаси сорго цукрового є II декада вересня – I декада жовтня, а максимальний вихід твердого біопалива досягається за збирання біомаси не раніше фази воскової стиглості зерна.

На формування врожаю зеленої біомаси сорго цукрового найбільше впливали погодні умови (47,4 %), меншим був вплив сортових особливостей (17,8 %) та строків збирання (12,8 %), а на вихід енергії найбільший вплив чинили строки збирання біомаси (37,4 %).

Виявлено тісну лінійну кореляційну залежність виходу енергії від врожайності зеленої ($R^2=0,81$) та сухої біомаси ($R^2=0,99$).

Найбільш екологічно пластичним за показником загального виходу енергії з одиниці площі виявився гібрид Медовий F1 ($b=1,62$), що свідчить про перспективність вирощування цього гібрида за сприятливих погодних умов та належного рівня агротехніки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Almodares A., Hadi M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*. 2009. Vol. 4, Issue 9. P. 772–780.
2. Ethanol Production from Sweet Sorghum Syrup for Utilization as Automotive Fuel in India / Prasad S. et al. *Energy Fuels*. 2007. Vol. 21, Issue 4. P. 2415–2420. DOI: <https://doi.org/10.1021/ef060328z>
3. Combined cultivar and harvest time to enhance biomass and methane yield in sorghum under warm dry conditions in Pakistan / Hassan M.U. et al. *Industrial Crops and Products*. 2019. Vol. 132. P. 84–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.019>
4. Cultivar and seeding time role in sorghum to optimize biomass and methane yield under warm dry climate / Hassan M.U. et al. *Industrial Crops and Products*. 2020. Vol. 145, Article ID 111983. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111983>
5. Sweet sorghum – a potential alternate raw material for bioethanol and bioenergy / Reddy B.V. et al. *International Sorghum and Millets Newsletter*. 2005. Vol. 46. P. 79–86.
6. Soltani A., Almodares A. Evaluation of the investments in sugar beet and sweet sorghum production. *National Convention of Sugar Production from Agriculture Products*. 13–16 March 1994. Shahid Chamran University. Ahwaz, Iran.
7. Effect of Time of Planting on Cane Yield and Quality Characters in Sweet Sorghum / Ratnavathi C. et al. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*. 2012. Vol. 2, Issue 1. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.4236/jsbs.2012.21001>
8. Byrt C.S., Grof C.P.L., Furbank R.T. C-4 Plants as Biofuel Feedstocks: Optimising Biomass Production and Feedstock Quality from a Lignocellulosic Perspective. *Journal of integrative plant biology*. 2011. Vol. 53, Issue 2, P. 120–135. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.01023.x>
9. Life-cycle energy use and greenhouse gas emissions of production of bioethanol from sorghum in the United States / Cai H. et al. *Biotechnology for biofuels*. 2013, Vol. 6, Article number: 141. DOI: <https://doi.org/10.1186/1754-6834-6-141>
10. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona / Teetor V.H. et al. *Industrial Crops and Products*. 2011. Vol. 34, Issue 2. P. 1293–1300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.09.010>
11. Agronomic practices for production of ethanol from sweet sorghum / Lueschen W.E. et al. *Journal of production agriculture*. 1991. Vol. 4, Issue 4. P. 619–625. DOI: <https://doi.org/10.2134/jpa1991.0619>
12. Effect of Harvesting Time on Yield, Composition and Forage Quality of Some Forage Sorghum Cultivars / Atis I. et al. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2012. Vol. 14, Issue 6. P. 879–886. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijab.2012.14.6-879-886>
13. Effect of harvesting stage on sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes in Western Kenya / Oyier M.O. et al. *The Scientific World Journal*. 2017. Vol. 2017, Article ID: 8249532. 10 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/8249532>
14. Ганженко О.М. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність та вихід біоетанолу з сорго цукрового у Центральному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. DOI: <https://doi.org/10.21498/na.7.2019.204794>
15. Герасименко Л.А. Вплив строків сівби та глибини загорання насіння на фотосинтетичну продуктивність посівів сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.). Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2014. № 4. С. 73–77.
16. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сорго цукрового та забур'яненість посівів / Л.А. Правдива та ін. *Карантин і захист рослин*. 2018. № 8. С. 8–11.
17. Сторожик Л.І., Музика О.В. Ефективність вирощування сорго цукрового для переробки на біопаливо. *Таврійський Науковий Вісник*. 2019. Вип. 108. С. 91–100.
18. Методичні рекомендації з вирощування і перероблення цукрового сорго як сировини для виробництва різних видів біопалива в різних ґрунтово-кліматичних зонах України / О.М. Ганженко та ін. К.: Компрінт, 2020. 20 с.
19. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних

у пакеті STATISTICA 6.0. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

20. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С.О. Ткачик. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2015. 160 с.

REFERENCES

1. Almodares, A., Hadi, M.R. (2009). Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 4, Issue 9, pp. 772–780.

2. Prasad, S., Singh, A., Jain, N., Joshi, H.C. (2007). Ethanol Production from Sweet Sorghum Syrup for Utilization as Automotive Fuel in India. *Energy Fuels*. Vol. 21, Issue 4, pp. 2415–2420. Available at: <https://doi.org/10.1021/ef060328z>

3. Hassan, M.U., Chattha, M.U., Barbanti, L., Chattha, M.B., Mahmood, A., Khan, I., Nawaz, M. (2019). Combined cultivar and harvest time to enhance biomass and methane yield in sorghum under warm dry conditions in Pakistan. *Industrial Crops and Products*. Vol. 132, pp. 84–91. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.019>

4. Hassan, M.U., Chattha, M.U., Barbanti, L., Mahmood, A., Chattha, M.B., Khan, I., Mirza, S., Aziz, S.A., Nawaz, M., Aamer, M. (2020). Cultivar and seeding time role in sorghum to optimize biomass and methane yield under warm dry climate. *Industrial Crops and Products*. Vol. 145, article ID 111983. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111983>

5. Reddy, B.V., Ramesh, S., Reddy, P.S., Ramaiah, B., Salimath, M., Kachapur, R. (2005). Sweet sorghum – a potential alternate raw material for bioethanol and bioenergy. *International Sorghum and Millets Newsletter*. Vol. 46, pp. 79–86.

6. Soltani, A., Almodares, A. (1994). Evaluation of the investments in sugar beet and sweet sorghum production. National Convention of Sugar Production from Agriculture Products. 13–16 March 1994. Shahid Chamran University. Ahwaz, Iran.

7. Ratnavathi, C., Kumar, S., Kumar, B., Krishna, D., Patil, J. (2012). Effect of Time of Planting on Cane Yield and Quality Characters in Sweet Sorghum. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*. Vol. 2, Issue 1, pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.4236/jsbs.2012.21001>

8. Byrt, C.S., Grof, C.P.L., Furbank, R.T. (2011). C-4 Plants as Biofuel Feedstocks: Optimising Biomass Production and Feedstock Quality from a Lignocellulosic Perspective. *Journal of integrative plant biology*. Vol. 53, Issue 2, pp. 120–135. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.01023.x>

9. Cai, H., Dunn, J.B., Wang, Z.C. (2013). Life-cycle energy use and greenhouse gas emissions of production of bioethanol from sorghum in the United States. *Biotechnology for biofuels*. Vol. 6, article number: 141. Available at: <https://doi.org/10.1186/1754-6834-6-141>

10. Teetor, V.H., Duclos, D.V., Wittenberg, E.T. (2011). Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Industrial Crops and Products*. Vol. 34, Issue 2, pp. 1293–1300. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.09.010>

11. Lueschen, W.E., Putnam, D.H., Kanne, B.K., Hoverstad, T.R. (1991). Agronomic practices for production

of ethanol from sweet sorghum. *Journal of production agriculture*. Vol. 4, Issue 4, pp. 619–625. Available at: <https://doi.org/10.2134/jpa1991.0619>

12. Atis, I., Konuskan, O., Duru, M., Gozubenli, H., Yilmaz, S. (2012). Effect of Harvesting Time on Yield, Composition and Forage Quality of Some Forage Sorghum Cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*. Vol. 14, Issue 6, pp. 879–886. Available at: <https://doi.org/12-208/AWB/2012/14-6-879-886>

13. Oyier, M.O., Owuochi, J.O., Oyoo, M.E., Cheruiyot, E., Mulianga, B., Rono, J. (2017). Effect of harvesting stage on sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes in Western Kenya. *The Scientific World Journal*. Vol. 2017, article ID: 8249532, 10 p. Available at: <https://doi.org/10.1155/2017/8249532>

14. Hanzhenko, O.M. (2019). Vplyv elementiv tekhnologii vyroshchuvannya na produktyvnist ta vykhid bioetanolu z sorho tsukrovoho u Tsentralnomu Lisostepu Ukrainy [Influence of elements of cultivation technology on productivity and yield of bioethanol from sugar sorghum in the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Novitni ahrotekhnologii [The latest agricultural technologies]*, no. 7. Available at: <https://doi.org/10.21498/na.7.2019.204794>

15. Herasymenko, L.A. (2014). Vplyv strokiv sivby ta hlybyny zahortannia nasinnia na fotosyntetychnu produktyvnist posiviv sorho tsukrovoho (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.). [Influence of sowing dates and seed wrapping depth on photosynthetic productivity of sugar sorghum (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.) Crops.]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn [Variety research and protection of plant variety rights]*, no. 4, pp. 73–77.

16. Pravdyva, L.A. (2018). Vplyv elementiv tekhnologii vyroshchuvannya na produktyvnist sorho tsukrovoho ta zaburianenist posiviv [Influence of elements of cultivation technology on sugar sorghum productivity and weed infestation]. *Karantyn i zakhyst roslyn [Quarantine and plant protection]*, no. 8, pp. 8–11.

17. Storozhyk, L.I., Muzyka, O.V. (2019). Efektyvnist vyroshchuvannya sorho tsukrovoho dlia pererobky na biopalyvo [Efficiency of sugar sorghum cultivation for biofuel processing]. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk [Taurian Scientific Bulletin]*. Vol. 108, pp. 91–100. Available at: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.14>

18. Hanzhenko, O.M. (2020). Metodichni rekomendatsii z vyroshchuvannya i pererobliannya tsukrovoho sorho yak syrovyny dlia vyrobnytstva riznykh vydiv biopalyva v riznykh gruntovo-klimatychnykh zonakh Ukrainy [Methodical recommendations for growing and processing sugar sorghum as a raw material for the production of different types of biofuels in different soil and climatic zones of Ukraine], 20 p.

19. Ermantraut, E.R., Prysiashniuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh u paketi STATISTICA 6.0 [Statistical analysis of agronomic research data in the STATISTICA 6.0 package]. *Kyiv, PolihrafKonsalting*, 55 p.

20. Tkachyk, S.O. (2015). Metodyka derzhavnoi nauково-tekhnichnoi ekspertyzy sortiv roslyn [Methods of state scientific and technical examination of plant varieties]. *Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktivnykh roslynnytstva [Methods for determining the quality of crop products]*. Vinnytsia, Nilan-LTD, 160 p.

Энергетическая продуктивность сахарного сорго в зависимости от сроков уборки урожая в центральной части Лесостепи Украины**Ганженко А.Н.**

В связи с глобальными изменениями климата сахарное сорго (*Sorghum saccharatum*) благодаря его быстрым темпам роста, раннему созреванию, эффективному использованию воды и ограниченной потребности в удобрениях является наиболее перспективным в мире растением для производства биотоплива.

В статье приведены результаты исследований по установлению зависимости показателей энергетической продуктивности сахарного сорго от сортовых особенностей (сорта Силосное 42 и Фаворит и гибриды Довиста и Медовый F1) и сроков уборки зеленой биомассы.

Цель исследований – установить влияние сортовых особенностей и сроков уборки урожая на энергетическую продуктивность сорго сахарного в зоне неустойчивого увлажнения центральной части Лесостепи Украины.

Предмет исследований – показатели энергетической продуктивности сахарного сорго (урожайность зеленой биомассы; сахаристость сока; выход биогаза, биоэтанола, твердого биотоплива; общий выход энергии).

Исследования проводили в течение 2016–2020 годов в зоне неустойчивого увлажнения центральной части Лесостепи Украины в условиях Белоцерковской опытно-селекционной станции Института биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины.

Установлено, что наибольший выход биотоплива и энергии (до 791,8 ГДж/га) достигается при выращивании сахарного сорго гибрида Довиста при условии сбора его биомассы в фазу полной спелости семян (начало октября). К сбору биомассы сахарного сорго на биогаз целесообразно приступать не ранее фазы выбрасывания метелки. Для обеспечения максимального выхода биоэтанола оптимальными сроками уборки зеленой биомассы сахарного сорго является II декада сентября – I декада октября, а максимальный выход твердого биотоплива достигается при уборке биомассы не ранее фазы восковой спелости зерна. На формирование урожая зеленой биомассы сахарного сорго больше влияли погодные условия (47,4 %), меньше было влияние сортовых особенностей (17,8 %) и сроков уборки (12,8 %), а на выход энергии наибольшее влияние оказали сроки уборки биомассы (37,4 %). Установлено тесную линейную корреляционную зависимость выхода энергии от урожайности зеленой ($R^2=0,81$) и сухой биомассы ($R^2=0,99$). Наиболее экологически пластичным по показателю общего выхода энергии с единицы площади оказался гибрид Медовый F1 ($b=1,62$), что свидетельствует о перспективности выращивания этого гибрида при благоприятных погодных условиях и надлежащем уровне агротехники.

Ключевые слова: сорго сахарное, сортовые особенности, сроки уборки, выход энергии, выход биотоплива, продуктивность.

Energy productivity of sugar sorghum in the central part of the Forest-steppe of Ukraine depending on the harvesting time**Hanzhenko O.**

Due to global climate change, sugar sorghum (*Sorghum saccharatum*), due to its fast growth rate, early maturation, efficient use of water and limited need for fertilizers, is the most promising plant for biofuel production in the world.

The article presents the results of the study on establishing the dependence of sugar sorghum energy performance indicators on varietal characteristics (varieties 'Silosne 42' and 'Favorit' and hybrids 'Dovista' and 'Medoviy F1') and the green biomass harvesting time.

The purpose of the research was to establish the influence of varietal characteristics and harvesting time on sugar sorghum energy productivity in the zone of unstable moisture in the Central part of the Forest-Steppe of Ukraine.

The research subject is sugar sorghum energy productivity indicators (yield of green biomass; sugar content of juice; yield of biogas, bioethanol, solid biofuel; total energy yield).

The studies were carried out during 2016–2020 in the zone of unstable moisture in the central part of the Forest-Steppe of Ukraine in the conditions of the Bila Tserkva Experimental Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Sciences of Ukraine.

It has been established that the highest yield of biofuel and energy (up to 791.8 GJ/ha) is achieved under growing sugar sorghum of the 'Dovista' hybrid, provided that its biomass is collected in the phase of full seed ripeness (early October). It is advisable to start collecting sugar sorghum biomass for biogas after the panicle throwing phase. To ensure the maximum yield of bioethanol, the optimal time for harvesting green biomass of sugar sorghum is the second decade of September – the first decade of October. The maximum yield of solid biofuel is achieved under harvesting biomass after the phase of waxy ripeness of grain. The formation of the yield of green biomass of sugar sorghum was more influenced by weather conditions (47.4 %), the influence of varietal characteristics (17.8 %) and the timing of harvesting (12.8 %) was less. But the energy yield was most influenced by the timing of harvesting biomass (37.4 %).

A close linear correlation between the energy output and the yield of green ($R^2=0.81$) and dry biomass ($R^2=0.99$) was established. The most ecological plasticity in terms of the total energy yield per unit area turned out to be the 'Medoviy F1' hybrid ($b=1.62$), which indicates the prospects of growing this hybrid under favorable weather conditions and high level of agricultural technology.

Key words: sugar sorghum, varietal characteristics, harvesting time, energy yield, biofuel yield, productivity.



Copyright: Ганженко О.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.




УДК 633.63:631.52:575.125

Створення гібридів цукрових буряків нового покоління

Дубчак О.В. , Андреева Л.С., Вакуленко П.І., Паламарчук Л.Ю.

Верхняцька дослідно-селекційна станція, ІБКІЦБ НААН України

 betaver2019@masl.com

Дубчак О.В., Андреева Л.С., Вакуленко П.І., Паламарчук Л.Ю. Створення гібридів цукрових буряків нового покоління. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 32–40.

Dubchak O.V., Andrejeva L.S., Vakulenko P.I., Palamarchuk L.Ju. Stvorennja gibrydiv cukrovyh burjakiv novogo pokolinnja. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 32–40.

Рукопис отримано: 09.02.2021 р.

Прийнято: 24.02.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-32-40

Наведено результати участі селекціонерів Верхняцької ДСС у програмі Бетаінтеркрос зі створення нового покоління гібридів цукрових буряків. Вивчення продуктивності новостворених гібридів одночасно в усіх зонах бурякосіяння України (екологічне сортовипробування за програмою Бетаінтеркрос) дає змогу оцінити їх адаптованість до різних агрокліматичних умов, а також для всебічного і швидкого оцінювання новостворених гібридів. У статті наведено кращі експериментальні гібриди за результатами екологічного сортовипробування 2007–2019 рр., створені з використанням вихідних форм верхняцької селекції. Серед них найбільше високопродуктивних перспективних гібридів одержано за гібридизації БЗ верхняцького походження з ЧС лініями іванівської, уманської та уладівської селекції. За цілеспрямованих топкросних схрещувань БЗ₃ 1111 ВДСС з ЧС лінією 1037 ІвДСС створено гібрид СЦ 121120 (Джура), який мав вихід цукру 115,8 % і гібрид СЦ 090922 (ЩБ 1201) (ЧС 0723 × БЗ₁ 0812) – 115,2 % до стандарту. Гібрид СЦ 110120 (Герой), отриманий з уманською ЧС лінією 0912 та верхняцьким БЗ₁ 1008, забезпечив вихід цукру 105,6 %.

Найбільш вдалі гібридні комбінації створено за участю верхняцьких материнських ЧС ліній з білоцерківськими та уманськими запилювачами. Веселоподільський БЗ 0805 у комбінації з верхняцькою ЧС лінією 0714 створив гібрид СЦ 090328 (Айдар), з виходом цукру порівняно зі стандартом 109,2 %. Гібрид СЦ 110804 (Верхня), створений у співпраці з білоцерківськими селекціонерами, мав вихід цукру 122,5 %. У процесі виконання селекційної програми Бетаінтеркрос одержано 11 успішних гібридних комбінацій ЧС ліній та БЗ власної верхняцької селекції.

За період 2010–2019 рр. до Державного реєстру сортів України занесено гібриди цукрових буряків ЩБ1201, Джура, Козак, Герой, Айдар, Верхня.

Ключові слова: селекція, генотип, цукрові буряки, гетерозис, гібрид, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У зв'язку з потеплінням клімату в Україні екологічний стан змінюється швидко, що призводить до зниження саморегуляції у рослин. Отже, до сучасних гібридів цукрових буряків ставиться вимога не лише генетично обумовленої високої продуктивності, а також толерантності до біотичних та абіотичних чинників, збереження однорідності за біоморфологічними ознаками та пластичністю до умов довкілля [1, 11].

Під час отримання нових вихідних батьківських форм, згідно з розробленими методичними рекомендаціями зі створення моделі гібридів цукрових буряків нового покоління, підбирають комбінації ознак, необхідних для

забезпечення заданого рівня продуктивності, якості та інших господарських показників майбутніх гібридів [10]. Успіх у селекційному процесі формування однонасінних стерильних гібридів цукрових буряків переважно залежить від генетичного різноманіття батьківських форм, їх селекційної цінності, методів їх оцінювання за комбінаційною здатністю і продуктивністю [1, 2, 9].

Висока продуктивність гібридів зумовлюється не лише вдалим підбором батьківських пар, а й багатьма середовищними чинниками, тому відгук селекційних матеріалів-компонентів або кінцевих гібридів необхідно вивчати за реакцією на абіотичні чинники, відбираючи їх відповідно до господарської мети [11, 18, 19].

Вивчення продуктивності новостворених гібридів одночасно в усіх зонах бурякосіяння України (екологічне сортовипробування за програмою Бетаінтеркрос) дає змогу оцінити їх адаптованість до різних агрокліматичних умов.

Для створення рослин з бажаними властивостями, передусім з високою продуктивністю і стабільністю їх прояву в мінливих умовах довкілля, застосовують метод гібридизації, який використовується для перекомбінації батьківських ознак і одержання нових гетерозисних, високопродуктивних генотипів. Значний ефект гетерозису спостерігається за гібридизації генетично різних форм [1, 7, 8, 10, 11, 15]. Оцінюючи гібриди за параметрами екологічної пластичності, можна з високою точністю розраховувати на стабільну урожайність, вміст і збір цукру впродовж багатьох років у конкретній агрокліматичній зоні [1, 2, 4, 6, 12].

Успіх селекційної роботи зі створення високопродуктивних гібридів буряків цукрових значною мірою забезпечується генетичною цінністю вихідного матеріалу, його різноманіттям та ступенем вивчення генетичної детермінації господарсько цінних ознак і закономірностей їх успадкування. Вирішення цих завдань сприятиме підвищенню інтенсивності та результативності селекційного процесу, розширенню і збагаченню вітчизняного генофонду вихідного матеріалу та поліпшенню генетичного потенціалу [22]. Застосування селекційно-генетичних методів, зокрема різних схем гібридизації, дає змогу створювати нові генотипи рослин і поліпшувати наявні. Гібридизація розширює процес формотворення, підвищує генетичну мінливість рослин за комплексом біологічних і господарських властивостей [23, 24].

Результати багатьох досліджень з гібридизації різних форм цукрових буряків доводять, що у формуванні потомків та передачі їм батьківських ознак беруть участь обидва батьківські організми, а продуктивність гібридів обумовлена генетичним потенціалом схрещуваних пар. У зв'язку з цим перед селекціонерами постала проблема комплексного підходу до формування батьківських компонентів гібридів з позицій цілісного організму. Компоненти схрещування – ЧС лінії і багатонасінні запилювачі повинні мати комбінаційну здатність і достатній рівень базисної продуктивності для того, щоб у кінцевому гібриді отримати конкурсивний гетерозис (перебільшення показників порівняно із груповим стандартом) [25].

Метою дослідження було створення високопродуктивних гібридів цукрових буряків, адаптованих до кліматичних умов різних зон бурякосіяння України, способом комбінування

кращих батьківських і материнських компонентів верхняцької селекції з матеріалами іншого походження.

Матеріал і методи дослідження. Методика селекційної програми Бетаінтеркрос розроблена в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків (ІБКіЦБ) під керівництвом М.В. Роїка та О.Г. Куліка [26]. Дослідження виконували з використанням батьківських компонентів науково-дослідних установ інституту (Білоцерківської (БЦДСС), Веселоподільської (ВПДСС), Верхняцької (ВДСС), Іванівської (ІвДСС), Уладівської (УлДСС), Уманської (УмДСС), Ялтушківської (ЯлДСС) дослідно-селекційних станцій), а також вітчизняних і зарубіжних фірм. Впровадження цієї селекційної програми забезпечило співпрацю селекціонерів мережі ІБКіЦБ і дало змогу одержувати високопродуктивні гібридні комбінації цукрових буряків нового покоління [6, 9, 13].

Селекцію батьківських і материнських компонентів гібридів на ВДСС проводять загальноприйнятими методами та методиками для селекції цукрових буряків. Завдяки цьому забезпечується їх однорідність, стабільність і генетична цінність за селектованими ознаками [2–5]. Для участі в селекційній програмі Бетаінтеркрос Верхняцькою ДСС щорічно направляються в ІБКіЦБ материнські форми верхняцької селекції з цитоплазматичною чоловічою стерильністю в поєднанні з однонасінністю плодів та високими показниками власної продуктивності. Разом з ЧС формами інших учасників програми, вони належать до набору материнських компонентів для проведення гібридизації з багатонасінними запилювачами. Щорічно, разом з батьківськими компонентами, наданими іншими учасниками програми Бетаінтеркрос, у схрещуваннях використовують верхняцькі багатонасінні запилювачі – кращі за продуктивністю селекційні матеріали, отримані з аборигенних форм, у яких в результаті тривалої селекції в цих агрокліматичних умовах закріплено господарсько цінні ознаки та високу комбінаційну здатність. На їх основі проводять цілеспрямовані схрещування за схемою топкрос. Одержані експериментальні гібриди вивчають за показниками продуктивності у сортовипробуванні Бетаінтеркрос одночасно всією мережею ІБКіЦБ, а отже оцінюють в різних екологічних умовах зон бурякосіяння України [14, 16, 17, 20, 21]. Кращі серед них передають у Державне сортовипробування для оцінювання на придатність до поширення в Україні.

Результати дослідження та обговорення. Щорічно в сортовипробуванні Бетаінтеркрос

вивчають продуктивність понад 400 новостворених пробних гібридів, із них майже 100 отримано під час застосування батьківських компонентів верхняцького походження. За результатами сортовипробування оцінюють їх урожайність, уміст, збір та вихід цукру на фоні трьох стандартів – високопродуктивних районованих гібридів цукрових буряків. Кращими вважають гібридні комбінації, що перевищують показники групового стандарту за виходом цукру.

За останні 11 трирічних циклів програми Бетаінтеркрос до списку 322 кращих рекомендованих гібридів увійшло 111, одержаних з використанням верхняцьких селекційних матеріалів, із них: 25 створених за участю ЧС ліній, 75 одержаних з використанням БЗ та 11 гібридів, створених виключно з вихідних форм верхняцького походження (табл. 1).

Створенням багатонасінних батьківських компонентів селекціонери Верхняцької ДСС почали займатися з часу використання у цукробуряковій галузі одонасінних гібридів на стерильній основі. Відтоді на станції в результаті рекурентної селекції були створені і постійно удосконалювалися аборигенні багатонасінні запилювачі кількох генетичних походжень. Се-

ред них найвищими показниками власної продуктивності та комбінаційної здатності відзначаються три генетичні гілки В 11824/68 (БЗ₁), В 11360/68 (БЗ₂) і В 11302/68 (БЗ₃). Ці генотипи, одержані на ВДСС, є пристосованими до агрокліматичних умов та толерантними до хвороб і шкідників цієї зони вирощування цукрових буряків. За період існування селекційної програми Бетаінтеркрос БЗ₁, БЗ₂ і БЗ₃ постійно брали у ній участь як багатонасінні батьківські компоненти гібридів. За період 2007–2019 рр. за їх участю одержано ряд перспективних гібридних комбінацій (табл. 2).

Серед них найбільше високопродуктивних перспективних гібридів одержано під час гібридизації БЗ верхняцького походження з ЧС лініями іванівської (7), уманської (4) та уладівської (4) селекцій. За цілеспрямованих топкросних схрещувань БЗ₃ 1111 ВДСС з ЧС лінією 1037 ІвДСС створено гібрид СЦ 121120 (Джура), який мав вихід цукру 115,8 % і гібрид СЦ 090922 (ЩБ 1201) (ЧС 0723 × БЗ₁ 0812) – 115,2 % до стандарту. Гібрид СЦ 110120 (Герой), отриманий за схрещування уманської ЧС лінії 0912 та верхняцького БЗ₁ 1008, забезпечив вихід цукру 105,6 %.

Таблиця 1 – Кількість перспективних гібридів, створених за участю верхняцьких селекційних матеріалів, 2007–2019 рр.

Цикл досліджень	Рекомендованих гібридів у циклі, шт.	Перспективні гібриди, створені за участю батьківських компонентів верхняцької селекції, шт.				Місце в рейтингу кращих за продуктивністю гібридів
		♀	♂	♀ і ♂	всього	
07-08-09	29	3	5	–	8	1, 5, 7, 9, 11, 20, 25, 27
08-09-10	23	1	6	1	8	1, 2, 4, 8, 10, 12, 18, 22
09-10-11	23	1	5	–	6	1, 2, 3, 4, 11, 15
10-11-12	50	7	14	–	21	5, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 18, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 36, 40, 42, 43, 50
11-12-13	36	2	7	2	11	10, 12, 15, 16, 17, 19, 22, 25, 30, 31, 34
12-13-14	50	2	14	2	18	2, 3, 8, 12, 16, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 32, 39, 41, 42, 44, 46, 48
13-14-15	18	–	4	1	5	2, 3, 7, 8, 17
14-15-16	21	3	5	1	9	1, 3, 6, 8, 9, 16, 17, 18, 19
15-16-17	19	1	6	1	8	1, 2, 5, 6, 8, 14, 17, 19
16-17-18	28	2	3	1	6	9, 12, 19, 21, 22, 25
17-18-19	25	3	6	2	11	1, 4, 7, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 21
Всього:	322	25	75	11	111	

Таблиця 2 – Характеристика рекомендованих гібридів, створених за участю багатонасінних запилювачів верхняцької селекції

Цикл досліджень	Шифр і походження компонентів	Шифр гібрида	Показники продуктивності гібридів, % до стандарту			
			урожайність	вміст цукру	збір цукру	вихід цукру
07-08-09	ЧС 0723 (ІвДСС)	СЦ 090922	112,7	102,7	116,1	115,2
	БЗ ₁ 0812 (ВДСС)					
08-09-10	ЧС 0827 (Ів ДСС)	СЦ 100336	113,7	102,8	116,8	119,1
	БЗ ₁ 0911 (ВДСС)					
08-09-10	ЧС0811 (УмДСС)	СЦ 100414	110,2	102,5	114,0	115,0
	БЗ ₃ 0909 (ВДСС)					
09-10-11	ЧС 0935 (ЯлДСС)	СЦ 110826	118,5	102,2	121,3	119,4
	БЗ ₂ 1009 (ВДСС)					
09-10-11	ЧС 0912 (УмДСС)	СЦ 110120	112,3	100,7	113,0	105,6
	БЗ ₁ 1008 (ВДСС)					
09-10-11	ЧС 0921 (УмДСС)	СЦ 111019	110,1	102,0	112,0	115,8
	БЗ ₂ 1008 (ВДСС)					
10-11-12	ЧС 1037 (ІвДСС)	СЦ 121120	104,0	106,8	111,8	115,8
	БЗ ₃ 1111 (ВДСС)					
10-11-12	ЧС 1012 (ІвДСС)	СЦ 120814	104,2	104,2	108,9	111,7
	БЗ ₁ 1109 (ВДСС)					
11-12-13	ЧС 1131 (УмДСС)	СЦ 130119	108,1	101,5	110,4	111,8
	БЗ ₁ 1213 (ВДСС)					
12-13-14	ЧС 1235 (Ів ДСС)	СЦ 141423	108,6	102,4	111,3	114,3
	БЗ ₁ 1305 (ВДСС)					
13-14-15	ЧС 1305 (УлДСС)	СЦ 150525	106,1	102,1	108,3	113,7
	БЗ ₂ 1405 (ВДСС)					
14-15-16	ЧС 1433 (УлДСС)	СЦ 160327	114,1	97,0	110,4	108,8
	БЗ ₃ 1509 (ВДСС)					
15-16-17	ЧС 1522 (УлДСС)	СЦ 170931	108,4	102,7	111,2	114,3
	БЗ ₂ 1605 (ВДСС)					
15-16-17	ЧС 1516 (ІвДСС)	СЦ 170125	114,0	98,8	112,4	116,2
	БЗ ₂ 1605 (ВДСС)					
16-17-18	ЧС 1609 (БлДСС)	СЦ 181001	106,2	99,3	105,3	108,9
	БЗ ₃ 1705 (ВДСС)					
16-17-18	ЧС 1632 (ІвДСС)	СЦ 181123	102,6	103,2	105,6	111,4
	БЗ ₂ 1704 (ВДСС)					
17-18-19	ЧС 1728 (БлДСС)	СЦ 191125	117,6	99,0	116,2	111,4
	БЗ ₁ 1803 (ВДСС)					
17-18-19	ЧС 1718 (УлДСС)	СЦ 190608	112,7	99,4	111,3	118,6
	БЗ ₁ 1803 (ВДСС)					

Селекцією одностійних ЧС компонентів на Верхняцькій ДСС почали займатися значно пізніше. Нині станція має велику колекцію одностійних стерильних матеріалів та їх закріплювачів стерильності різної генетичної природи, які успішно використовують у програмі Бетаінтеркрос (табл. 3).

Найбільш вдалі гібридні комбінації створено за участю верхняцьких материнських ЧС ліній з білоцерківськими та уманськими запилювачами. Веселоподільський БЗ 0805 в комбінації з верхняцькою ЧС лінією 0714 створив гібрид СЦ 090328 (Айдар), з виходом цукру порівняно зі стандартом 109,2 %. Гібрид СЦ 110804 (Верх-

Таблиця 3 – Оцінка кращих рекомендованих гібридів, створених за участю ЧС ліній верхняцької селекції

Цикл досліджень	Шифр і походження компонентів	Шифр і назва гібрида	Показники продуктивності (% до стандарту)			
			урожайність	вміст цукру	збір цукру	вихід цукру
07-08-09	ЧС 0714 (ВДСС)	СЦ 090328	119,1	101,0	119,9	109,2
	БЗ 0805 (ВПДСС)					
08-09-10	ЧС 0831 (ВДСС)	СЦ 100821	109,5	101,2	111,4	112,1
	БЗ 0909 (ВДСС)					
09-10-11	ЧС 0925 (ВДСС)	СЦ 110804	109,3	101,8	111,7	122,5
	БЗ 1001 (БЦДСС)					
10-11-12	ЧС 1002 (ВДСС)	СЦ 120319	115,8	99,5	114,4	115,4
	БЗ 1103 (ВПДСС)					
11-12-13	ЧС 1126 (ВДСС)	СЦ 130412	106,1	104,7	111,2	116,6
	БЗ 1205 (ІвДСС)					
12-13-14	ЧС 1204 (ВДСС)	СЦ 141115	107,2	101,5	108,5	117,6
	БЗ 1310 (УмДСС)					
13-14-15	ЧС 1327 (ВДСС)	СЦ 150921	107,0	100,4	106,7	114,6
	БЗ ₁ 1405 (ВДСС)					
14-15-16	ЧС1408 (ВДСС)	СЦ 160523	108,9	102,2	110,0	118,1
	БЗ ₁ 1509 (ВДСС)					
15-16-17	ЧС1507 (ВДСС)	СЦ 170523	112,5	100,4	113,0	114,8
	БЗ ₁ 1604 (ВДСС)					
16-17-18	ЧС1618 (ВДСС)	СЦ 181005	107,0	99,3	106,0	108,2
	БЗ 1702 (БЦДСС)					
17-18-19	ЧС1706 (ВДСС)	СЦ 190336	110,0	101,6	111,5	108,8
	БЗ 1809 (УлДСС)					
17-18-19	ЧС1704 (ВДСС)	СЦ 191110	112,7	100,3	112,6	119,3
	БЗ ₂ 1804 (ВДСС)					

ня), створений у співпраці з білоцерківськими селекціонерами, мав вихід цукру 122,5 %.

У процесі виконання селекційної програми Бетаінтеркрос одержано 11 успішних комбінацій ЧС ліній та БЗ власної верхняцької селекції, серед яких гібрид СЦ 100821 (Козак).

У результаті завершення кожного циклу досліджень кращі серед пробних гібридів рекомендують до вивчення у Державному сортовипробуванні на придатність до поширення на території України. За період 2010–2019 рр. у Державному сортовипробуванні вивчали продуктивність 8 перспективних гібридів, одержаних за участю верхняцьких материнських і батьківських компонентів та у співпраці з селекціонерами ДСС мережі ІБКіЦБ. За цей час 6 гібридів (ШБ1201, Джура, Козак, Герой, Айдар, Верхня) занесено до Державного реєстру сортів України, 3 гібриди знаходяться у Державному сортовипробуванні.

У статті наведено результати екологічного сортовипробування Бетаінтеркрос з вивчення продуктивності експериментальних гібридів цукрових буряків нового покоління. У таблиці 1 наведено кількість створених гібридів за участю верхняцьких селекційних матеріалів

за період 2007–2019 рр., місце в рейтингу кращих за продуктивністю та їх кількість. За роки досліджень створено 111 високопродуктивних гібридів цукрових буряків, адаптованих до агрокліматичних умов у зонах бурякосіяння України. З них 75 перспективних гібридів отримано за участю батьківських компонентів верхняцької селекції, 25 гібридів з використанням ЧС компонентів і 11 гібридів створено виключно з вихідних форм верхняцького походження.

Висновки. Участь у селекційній програмі Бетаінтеркрос дає змогу селекціонерам Верхняцької ДСС плідно співпрацювати з науковцями інших селекційних установ щодо створення високопродуктивних гібридів цукрових буряків нового покоління. У процесі створення гібридів використовують багатонасінні батьківські та одонасінні стерильні материнські форми верхняцького походження. За останні 11 років за результатами екологічного сортовипробування 39 експериментальних гібридів, одержаних за участю верхняцьких селекційних матеріалів, увійшли в першу десятку у рейтинговому списку рекомендованих до Державного сортовипробування.

Серед нових гібридів до Реєстру сортів України занесені ІЦБ1201, Джура, Герой, Айдар та Верхня, одержані в співпраці з селекціонерами мережі ІБКіЦБ, і гібрид Козак, створений за використання вихідних форм верхняцької селекції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічна пластичність і стабільність продуктивності експериментальних триплоїдних гібридів цукрових буряків / М.О. Корнєєва та ін. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. К., 2013. Вип. 18. С. 28–34.
2. Корнєєва М.О. Роль багатонасінних запилювачів цукрових буряків у формуванні гетерозису гібридів на чоловічостерильній основі. Наукові праці Інституту цукрових буряків. К., 2010. Вип. 11. С. 197–208.
3. Результати досліджень зі створення одностійкових гібридів цукрових буряків селекціонерами Уладівської та Верхняцької ДСС / Дубчак О.В. та ін. Київ. Наукові праці Інституту цукрових буряків. Вип. 18. 2013. С. 50–54.
4. Роїк М.В., Корнєєва М.О. Напрями, методи та стратегія розвитку селекції. Цукрові буряки. № 6. 2015. С. 7–9.
5. Створення цукрових буряків нового покоління / Дубчак О.В. та ін. Наукові праці Інституту цукрових буряків. Вип. № 23. 2015. С. 90–96.
6. Селекція з удосконалення форми коренеплоду цукрових буряків: зб. наук. праць / Кротюк Л.А. та ін. Біла Церква: БНАУ МАПУ, 2019. Вип. 2. С. 13–20.
7. Кулік О.Г. Матеріали результатів екологічного сортопробування за період 2009–2020 рр.: Бетаінтеркрос: 10-20 Міжнародна конференція. К: ІБКіЦБ НААНУ, 2020. 25 с.
8. Орлов С.Д., Дубчак О.В. Генетичний потенціал з ЦЧС ліній цукрових буряків. Цукрові буряки. №1 (113). К.: ІБКіЦБ, 2017. С. 6–8.
9. Створення експериментальних гібридних комбінацій цукрових буряків за параметрами моделі гібриду нового покоління: тези доповідей / Корнєєва М.О. та ін. Київ. Інститут біоенергетичних культур і ЦБ НААН України, 2017. 203 с.
10. Методичні рекомендації зі створення моделі гібридів цукрових буряків нового покоління / М.В. Роїк та ін. Київ: ІБКіЦБ, 2015. 20 с.
11. Роїк М.В., Корнєєва М.О. Гібриди нового покоління буряку цукрового і їхня роль у процесі інтенсифікації галузі. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2006. № 3. С. 71–81.
12. Драгавцев В.А. О путях создания теории селекции и технологий экологического повышения продуктивности растений. Факторы экспериментальной эволюции организмов: сб. науч. тр. К.: Логос, 2013. Т. 13. С. 38–41.
13. Ткаченко М., Борис Н.С. Залежність структури посівних площ в Україні за зростаючого попиту на сільськогосподарську продукцію та зміни клімату. Пропозиція. 288, 2019. С. 34–38.
14. Державна служба статистики України. Обсяги виробництва, урожайність та зібрана площа сільськогосподарських культур за їх видами на 01 листопада 2019 року. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

15. Дубчак О.В. Створення самофертильних ЗС і ЧС ліній цукрових буряків та добір кращих за селекційно та господарсько цінними ознаками. Агробіологія. Біла Церква, 2020. № 2. С. 47–55

16. Волкодав В.В. Методика Державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Охорона прав на сорти рослин: офіційний бюлетень. К.: Альфа, 2003. Вип. 1. Ч. 3. 106 с.

17. Моргун В.В. Внесок генетики і селекції рослин у забезпечення продовольчої безпеки України. Вісник НАН. 2016. № 5. С. 20–23.

18. Корнєєва М.О., Тимчишин С.М., Тимчишин Л.С. Продуктивність і комбінаційна здатність компонентів цукрово-кормових гібридів, придатних для виробництва біопалива. Корми і кормовиробництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Вінниця, 2018. № 86. С. 67–70.

19. Дубчак О.В., Андрєєва Л.С., Паламарчук Л.Ю. Оцінка нових ліній багатонасінних запилювачів цукрових буряків верхняцької селекції та їх гібридів. Агробіологія. Біла Церква. 2020. № 2. С. 56–62.

20. Гопцій Т.І., Проскурін М.В. Генетико-статистичні методи селекції: навч. посіб. Харків, Харківський НАУ ім. В.В. Докучаєва. 2003. 103 с.

21. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В.О. Єщенко та ін.; за ред. В.О. Єщенка. К.: Дія, 2005. 180 с.

22. Роїк М.В., Парфенюк О.О. Використання рекомбінантних матеріалів у селекції батьківських компонентів гібридів буряків цукрових за формою коренеплоду. Вісник аграрної науки. Київ: Аграрна наука НААН, 2018. № 12. С. 52–58.

23. Роїк М.В., Парфенюк О.О. Оцінка генетичного потенціалу вихідних матеріалів буряків цукрових гібридного походження в селекції ліній О-типу за формою коренеплоду. Новітні агротехнології. 2017. № 5. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122133>.

24. Парфенюк О.О., Баланюк Л.О. Особливості усадкування низки кількісних ознак цукрово-кормовими гібридами буряка в селекції ліній-запилювачів О-типу за формою коренеплоду. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2017. № 91. С. 180–187.

25. Корнєєва М.О., Чемерис Л.М., Змієвський В.М. Рівень продуктивності експериментальних триплоїдних гібридів буряків цукрових на Білоцерківській дослідно-селекційній станції. Новітні агротехнології: теорія та практика: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95 річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (м. Київ, 11 липня 2017 р.). Вінниця Нілан-ЛТД, 2017. 205 с.

26. Лейбович А.С., Кулік О.Г., Борисов Д.В. Вивчення ЧС ліній та гетерозисних запилювачів цукрових буряків іванівської селекції за програмою Бетаінтеркрос: зб. наук. праць. Київ, Інститут біоенергетичних культур і ЦБ НААН України. Вип. 8. 2005. С. 46–56.

REFERENCES

1. Kornyejeva, M.O., Ermatraut, E.P., Chemerus, L.M., Masyk, M.B. (2013). Ekologichna plastychnist i stabilnist produktivnosti eksperiment tryploidnyh gibrydiv cukrovyh burjakiv]. Naukovi praci Instytutu bioenergetychnyh kul'tur i cukrovyh

burjakiv [Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet]. Kyiv, Vol. 18, pp. 28–34.

2. Kornyejeva, M.O. (2010). Rol' bagatonasinnih zapyljuvachiv cukrovih burjakiv u formuvanni heterozysu gibrydiv na cholovichosterylnij osnovi [A role multigerm pollinators in formation heterosis of hybrids on MS to a sterile basis: zb. science. works]. Naukovi praci Instytutu bioenergetychnih kul'tur i cukrovih burjakiv [Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet]. Kyiv, no. 11, pp. 197–208.

3. Dubchak, O.V., Andryejeva, L.S., Vakulenko, P.I., Kulik, O. (2013). Rezultate doslidjen zi stvorenni odnonasinnih gibrydiv cykrovuh burykiv selekcioneramu Uladivckoy ta Verhnyckoy DSS [Rezultaty doslidzhen' zi stvorennja odnonasinnih gibrydiv cukrovih burjakiv selekcioneramy Uladiv's'koi' ta Verhnjac'koi' DSS]. Naukovi praci Instytutu bioenergetychnih kul'tur i cukrovih burjakiv [Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet]. Kyiv, Vol. 18, pp. 50–54.

4. Royik, M.V., Kornyejeva, M.O. (2015). Naprjamy, metody ta strategija rozvytku selekcii' [Direction, methods and strategy development of selection]. Cukrovi burjaky [Sugar beet], no. 6, pp. 7–9.

5. Dubchak, O.V., Andryejeva, L.S., Vakulenko, P.I., Kornyejeva, M.O. (2015). Stvorennja cukrovih burjakiv novogo pokolinnja [Creating a new generation of sugar beets]. Naukovi praci Instytutu bioenergetychnih kul'tur i cukrovih burjakiv [Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet], no. 23, pp. 90–96.

6. Krotiyuk, L.A., Dubchak, O.V., Andryejeva, L.S., Kornyejeva, M.O. (2019). Selekcija z udoskonalennja formy korenplodu cukrovih burjakiv: zb. nauk. prac' [Selection to improve the shape of the root of sugar beets]. Bila Tserkva, BNAU MAPU, no. 2, pp. 13–20.

7. Kulik, O. (2020). Materialy rezul'tativ ekologichnogo sortovyprovuvannja za period 2009–2020 rr.: Betainterkras: 10-20 Mizhnarodna konferencija [Materials of results an ecological grade of test for the period 2009–2020: Betainterkras: 10-20 International conferences]. Kyiv, Institute of bioenergy crops and sugar beet, 25 p.

8. Orlov, C., Dubchak, O. (2017). Genetychnyj potencial z CChS linij cukrovih burjakiv [Genetic potential CMS of lines of sugar beet]. Cukrovi burjaky [Sugar beet], Kyiv, Institute of bioenergy crops and sugar beet, no. 1 (113), pp. 6–8.

9. Kornyejeva, M.O., Andryejeva, L.S., Vakulenko, P.I., Dubchak, O.V. (2017). Stvorennja eksperymental'nyh gibrydnyh kombinacij cukrovih burjakiv za parametramy modeli gibrydu novogo pokolinnja: tezy dopovidej [Creation of experimental hybrid combinations of sugar beet after parameters of model of a hybrid of new generation]. Naukovi praci Instytutu bioenergetychnih kul'tur i cukrovih burjakiv [Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet]. Kyiv, 203 p.

10. Royik, M.V., Kornyejeva, M.O., Dubchak, O.V., Andryejeva, L.S., Vakulenko, P.I. (2015). Metodichni rekomendacii' zi stvorennja modeli gibrydiv cukrovih burjakiv novogo pokolinnja [The methodical recommendations for creation of model of hybrids of sugar beet of new generation]. Kyiv, Institute of bioenergy crops and sugar beet, 20 p.

11. Royik, M.V., Kornyejeva, M.O. (2006). Gibrydy novogo pokolinnja burjaku cukrovogo i i'hnja rol' u procesi intensyfikacii' galuzi [Hybrids of the new generation of sugar beet and their role in the process of intensification of the industry]. Sortovyvchennja ta ohorona prav na sorty roslyn [Variety research and protection of plant variety rights], no. 3, pp. 71–81.

12. Dragavtsev, B.A. (2013). O putjah sozdannja teorii selekcii i tehnologij jekologicheskogo povysnenja produktivnosti rastenij [About ways of creation of the theory of selection and technologies of ecological increase of efficiency of plants]. Faktory jeksperimental'noj jevoljucii organizmov: sb. nauch. tr. [Experimental factors in the evolution of organisms]. Kyiv, Logos, Vol. 13, pp. 38–41.

13. Tkachenko, M., Boris, N. (2019). Zalezhnist' struktury posivnyh ploshh v Ukraini za zrostajuchogo popytu na sil'skogospodars'ku produkciju ta zminy klimatu [Dependence of the structure of sown areas in Ukraine with the growing demand for agricultural products and climate change]. Propozytsij [Offer], no. 288, pp. 34–38.

14. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Obsjagy vyrobnyctva, urozhajnist' ta zibrana ploshha sil'skogospodars'kyh kul'tur za i'h vydamy na 01 lystopada 2019 roku [State Statistics Service of Ukraine. Production volumes, yield and harvested area of agricultural crops by their types as of November 1, 2019]. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

15. Dubchak, O. (2020). Stvorennja samofertyl'nyh ZS i ChS linij cukrovih burjakiv ta dobir krashhyh za selekcijno ta gospodars'ko cinnymy oznakamy [Creation of self-fertile Armed Forces and World Cup sugar beet lines and selection of the best on selection and economically valuable features]. Agrobiologija [Agrobiology]. Bila Tserkva, no. 2, pp. 47–55.

16. Volkodav, V. (2003). Metodyka Derzhavnogo vyprovuvannja sortiv roslyn na prydatnist' do poshyrennja v Ukraini [Methods of State testing of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine]. Ohorona prav na sortu roslun: oficijnyy byleten' [Protection of plant variety rights]. Kyiv, Alfa, Vol. 1, Part 3, 106 p.

17. Morgun, V. (2016). Vnesok genetyky i selekcii' roslyn u zabezpechennja prodovol'choi' bezpeky Ukrainy [The contribution of genetics and plant breeding in ensuring food security of Ukraine]. Visnyk NAN [Bulletin of the NAS], no. 5, pp. 20–23.

18. Kornyejeva, M.O., Tymchyschyn, S.M., Tymchyschyn, L.S. (2018). Produktivnist' i kombinacijna zdattnist' komponentiv cukrovo-kormovyh gibrydiv, prydatnyh dlja vyrobnyctva biopalyva [Productivity and combining ability of components of sugar-fodder hybrids suitable for biofuel production]. Kormy i kormovyrobnytstvo: mizhvidomchy tematychni naukovy zbirnyk [Feed and feed production]. Vinnytsia, no. 86, pp. 67–70.

19. Dubchak, O., Andryejeva, L., Palamarchuk, L. (2020). Ocinka novyh linij bagatonasinnih zapyljuvachiv cukrovih burjakiv verhnjac'koi' selekcii' ta i'h gibrydiv [Evaluation of new lines of multi-seed pollinators of sugar beets of Upper selection and their hybrids]. Agrobiologija [Agrobiology]. Bila Tserkva, no. 2, pp. 56–62.

20. Gopciy, T., Proskyrin, M. (2003). Genetykostatystychni metody selekcii': navch. posib. [Genetics

statistics methods of selection]. Kharkiv, Kharkiv NAU named after V.V. Dokuchaeva, 103 p.

21. Eshchenko, V., Eshchenko, V., Kopytko, P., Opryshko, V., Kostogryz, P. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen' v agronomii': pidruchnyk* [Basis of scientific researches in agronomics]. Kyiv, Action, 180 p.

22. Royik, M.V., Parfenuk, O.A. (2018). *Vykorystannja rekombinantnykh materialiv u selekcii' bat'kiv'skykh komponentiv gibrydiv burjakiv cukrovyyh za formoju koreneplodu* [The use of recombinant materials in the selection of parental components of sugar beet hybrids in the form of roots]. *Visnyk agrarnoi' nauky* [Bulletin of Agricultural Science]. Kyiv, Agrarian science NAAN, no. 12, pp. 52–58.

23. Royik, M.V., Parfenuk, O.A. (2017). *Ocinka genetychnogo potencialu vyhidnykh materialiv burjakiv cukrovyyh gibrydnogo pohodzhennja v selekcii' liniy O-typu za formoju koreneplodu* [Estimation of genetic potential of sugar beet source materials of hybrid origin in selection of O-type lines by root shape]. *Novitni agrotehnologii'* [Modern agricultural technologies], no. 5. Available at: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122133>.

24. Parfenuk, O.A., Balanuk, L.O. (2017). *Osoblyvosti uspadkuvannja nyzky kil'kisnykh oznak cukrovo-kormovymy gibrydamy burjaka v selekcii' liniy-zapyljuvachiv O-typu za formoju koreneplodu* [Peculiarities of inheritance of a number of quantitative traits by sugar-feed hybrids of beet in selection of O-type pollinator lines by root shape]. *Zbirnyk naukovykh prac' Umans'kogo NUS* [Collection of scientific works of Uman NUS], no. 91, pp. 180–187.

25. Kornyejeva, M.O., Chemeris, L.M., Zmiyivskiy, V.M. (2017). *Riven' produktyvnosti eksperymental'nykh tryplo'idnykh gibrydiv burjakiv cukrovyyh na Bilocerkiy'skij doslidno-selekcijnii' stancii'* [Productivity level of experimental triploid hybrids of sugar beets at Bila Tserkva research and selection station]. *Novitni agrotehnologii': teorija ta praktyka: tezy dopovidej Mizhnarodnoi' naukovo-praktychnoi' konferencii', prysvjachenoj 95 richchju Instytutu bioenergetychnykh kul'tur i cukrovyyh burjakiv NAAN (m. Kyi'v, 11 lypnja 2017 r.)* [The latest agricultural technologies: theory and practice: abstracts of the International scientific-practical conference dedicated to the 95th anniversary of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets NAAS (Kyiv, July 11, 2017)]. Vinnytsia, Nilan-LTD, 205 p.

26. Leybovich, A., Kulik A., Borysov D. (2005). *Vyvchennja ChS liniy ta geterozysnykh zapyljuvachiv cukrovyyh burjakiv ivaniv'skoi' selekcii' za programoju Betainterkros: zb. nauk. prac'* [Study of the World Cup of lines and heterosis pollinators of sugar beets of Ivanovo selection under the program Betaintercross: a collection of scientific papers]. Kyiv, Institute of Bioenergy Crops and Central Bank of NAAS of Ukraine, Issue 8, pp. 46–56.

Создание гибридов сахарной свеклы нового поколения

Дубчак О.В., Андреева Л.С., Вакуленко П.И., Паламарчук Л.Ю.

Представлены результаты участия селекционеров Верхнячской ОСС в программе Бетаинтеркросс по соз-

данию нового поколения гибридов сахарной свеклы. Изучение продуктивности новых гибридов одновременно во всех зонах свеклосеяния Украины (экологическое сортоиспытание по программе Бетаинтеркросс) позволяет оценить их адаптивность к различным агроклиматическим условиям и дает возможность для всесторонней и быстрой оценки новых гибридов. В статье представлены лучшие экспериментальные гибриды по результатам экологического сортоиспытания 2007–2019 гг., созданные с использованием исходных форм верхнячской селекции. Среди них наиболее высокопродуктивные перспективные гибриды получены при гибридизации МО верхнячского происхождения с МС линиями ивановской, уманской и уладовской селекций. При целенаправленных топкроссных скрещиваниях МО₃ 1111 ВОСС с МС линией 1037 ИВОСС создан гибрид СЦ 121120 (Джура), имеющий выход сахара 115,8 % и гибрид СЦ 090922 (ЩБ 1201) (МС 0723 × МО₁ 0812) – 115,2 % к стандарту. Гибрид СЦ 110120 (Герой), полученный с уманской МС линией 0912 и верхнячским МО₁ 1008, обеспечил выход сахара 105,6 %.

Наиболее удачные гибридные комбинации созданы с участием верхнячских материнских МС линий с белоцерковскими и уманскими опылителями. Веселоподольский МО 0805 в комбинации с верхнячской МС линией 0714 создал гибрид СЦ 090328 (Айдар), с выходом сахара по сравнению со стандартом 109,2 %. Гибрид СЦ 110804 (Верхня), созданный в сотрудничестве с белоцерковскими селекционерами, имел выход сахара 122,5 %. В процессе выполнения селекционной программы Бетаинтеркросс получено 11 гибридных комбинаций МС линий и МО собственной верхнячской селекции.

За период 2010–2019 гг. в Государственный реестр сортов Украины занесены гибриды сахарной свеклы ЩБ1201, Джура, Козак, Герой, Айдар, Верхня.

Ключевые слова: селекция, генотип, сахарная свекла, гетерозис, гибрид, продуктивность.

Creation of new generation sugar beet hybrids

Dubchak O., Andreyeva L., Vakulenko P., Palamarchuk L.

The paper reveals the results of Verkhnyatska RSS breeders participation in the Betaintercross program on creating new generation sugar beet hybrids. Studying the efficiency of new hybrids simultaneously in all beet sowing zones in Ukraine (ecological varieties testing on the Betaintercross program) makes it possible to estimate their adaptability to various agroclimatic conditions as well as comprehensive and prompt assessment of the created hybrids. The paper reveals the best hybrids on the results of ecological seed tests for 2007–2019 created with use of the initial forms of Verkhnyatska of selection. The largest number of perspective hybrids were received at hybridization of MP Verkhnyatsk origin with MS by lines of Ivanivsk, Uman and Ulaiv selection. Hybrid STs 121120 Dzhura, with sugar yield of 115,8 % and hybrid CTs 090922 USB 1201 with 115,2 % of the standard were created at purposeful topcross crossings

of MP₃ 1111 VRSS with MS the line 1037 IvDSS creates. The hybrid STs 110120 Heroy received with Uman MS line 0912 and Verkhnyatska MP₁ 1008, yielded 105,6 % of sugar.

The most successful hybrid combinations are created using Verhnyatska parent MS lines with Bila Tserkva and Uman polinators. Belotserkivska MP 0805 in a combination with Verkhnyatska MS line 0714 provided the STs 090328 Aydar hybrid, with sugar yield of 109,2 % in comparison with the standard. The STs 110804 Verkhniy hybrid was created in co-

operation with Bila Tserkva selectionists and provided for 122,5 % of sugar yield. 11 hybrid combinations of MS lines and MP of our own Verkhnyatsk selection were created in the selection program running.

The hybrids of sugar beet USB1201, Dzhura, Kozak, Heroy, Aydar, Verkhniy were listed in the state register of grades of Ukraine in 2010–2019.

Key words: breeding, genotype, sugar beet hybrid, heterozis, productivity.



Copyright: Дубчак О.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Дубчак О.В.

<https://orcid.org/0000-0003-1473-6935>

АГРОНОМІЯ

УДК 577.112:[664.7+664.6:633.853.74]

Амінокислотний склад незнежиреного борошна кунжутного та перспективи його використання у виробництві органічних продуктів спеціального призначення

Євчук Я.В.¹ , Кононенко Л.М.¹ , Войтовська В.І.² , Третякова С.О.¹ ¹ Уманський національний університет садівництва² Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

Євчук Я.В., Кононенко Л.М., Войтовська В.І., Третякова С.О. Амінокислотний склад незнежиреного борошна кунжутного та перспективи його використання у виробництві органічних продуктів спеціального призначення. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 41–48.

Jevchuk Ja.V., Kononenko L.M., Vojtovs'ka V.I., Tret'jakova S.O. Aminokyslotnyj sklad neznezhyrenogo boroshna kunzhutnogo ta perspektvyu jogo vykorystannja u vyrobnyctvi organichnyh produktiv special'nogo pryznachennja.. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 41–48.

Рукопис отримано: 01.04.2021 р.

Прийнято: 16.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-41-48

У статті наведено якісну оцінку і хімічну складову кунжутного борошна залежно від забарвлення. Збагачення продуктів масового споживання для підвищення харчової цінності виробів, призначених для основних груп населення, сьогодні надзвичайно важливо. Перспективним рішенням у цьому напрямі є підвищення харчової цінності виробів через використання різних технологічних прийомів, наприклад, внесення сировини натурального походження, зокрема кунжутного борошна. Таке борошно містить у своєму складі велику кількість поживних і цінних нутрієнтів. Отже, визначення якісного вмісту та амінокислотного складу для подальшого використання і комбінування з іншими видами сировини є актуальним.

Мета дослідження полягала у вивченні доцільності використання нетрадиційної для хлібопечення сировини – борошна із насіння кунжуту, оцінювання його амінокислотного складу для подальшого використання у хлібопекарській промисловості під час розроблення технології органічних продуктів спеціального призначення.

Для досліджень використовували насіння кунжуту різного забарвлення урожаю 2017–2020 років, із якого отримували борошно.

Амінокислотний склад незнежиреного борошна кунжуту залежно від забарвлення дає змогу відмітити, що вміст незамінних і замінних кислот у середньому за роки досліджень був вищим у чорного борошна, а найнижчим – у темно-коричневого.

Найвищий вміст гліцину відмічено у кунжуту чорного забарвлення – 1,398 г, на 0,017 г нижче у білого порівняно із чорним, золотистого – на 0,040 г, світло-коричневого – на 0,058 г та темно-коричневого – на 0,082 г.

Мононенасичені жирні кислоти у кунжутному незнежиреному борошні представлені пальмітолеїновою та олеїновою (омега-9). Забарвлення кунжутного борошна на їх вміст істотного впливу не мало.

Із поліненасичених жирних кислот найбільший вміст лінолевої встановлено за чорного забарвлення – 19,5 г, лише на 0,2 г менше у білого та 0,5 г – у золотистого. Світло- і темно-коричневі порівняно із чорним були нижчими на 0,8 та 1,1 г відповідно.

Ключові слова: незамінні і замінні амінокислоти, цеалікія, гіпокальцімія, безглютенові вироби, забарвлення.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Одним із пріоритетних завдань підприємств харчової промисловості є збагачення продуктів масового споживання для підвищення харчової цінності виробів, призначених для основних груп населення. Перспективним рішенням у цьому напрямі є

підвищення харчової цінності виробів через використання різних технологічних прийомів, наприклад, внесення сировини натурального походження, зокрема кунжутного борошна [1]. Таке борошно містить у своєму складі велику кількість поживних і цінних нутрієнтів. Отже, визначення вмісту та оцінювання його аміно-

кислотного складу для подальшого використання і комбінування з іншими видами сировини є важливими.

Кунжут – це стародавня олійна культура, відома впродовж багатьох століть, особливо в Азії та Африці, як джерело олії та білка [2]. Світове виробництво насіння кунжуту становить від 5 до 6 млн т на рік. Виробництво і споживання кунжуту знаходиться у висхідному тренді, і особливо в останнє десятиліття. Індія та Китай є найбільшими виробниками насіння кунжуту [3, 4].

Основні вимоги до агротехніки вирощування кунжуту за органічною технологією полягають у правильному поєднанні агротехнічних операцій. Насамперед кунжут висівають, коли температура ґрунту прогріється до 21 °С. Для сівби підходять легкі, добре дреновані ґрунти з рН 5–8. Не допускається засолення або стояча вода. Міжряддя можуть бути від 35 до 100 см за норми висіву від 2,8 до 5,0 кг/га. Оптимальна густина рослин формується за висіву від 82 до 115 насінин на м². Завдяки добре розвиненій кореневій системі кунжут є однією з найбільш посухостійких культур у світі. Стійкий до спеки, посухи, хвороб і шкідників [4].

Сьогодні, за даними ФАО, посівні площі під кунжутом у світі становлять майже 7 млн га, з яких: до 70 % сконцентровано в країнах Південної і Південно-Східної Азії (Індія, Пакистан, Китай, Бірма, Японія), приблизно 23 % – у Африці (Ефіопія, Сьєрра-Леоне, Нігерія, Судан), більше 7 % – на Американському континенті (Гватемала, Мексика, Венесуела). В Європі кунжут культивують у Греції та Болгарії. За обсягом світового виробництва кунжут поступається сої, арахісу, соняшнику та ріпаку, хоча за якістю олії перевершує ці культури [5–7]. Вирощують загалом три сорти кунжуту: з білим, золотисто-коричневим і чорним насінням. Білий кунжут найбільше використовують для експорту.

Скоростиглий білосім'яний тип кунжуту вирощують також на невеликих площах в Україні і на Північному Кавказі, де його врожайність становить 12–15, а в разі зрощення – 18–20 ц/га. У Середній Азії, Азербайджані і Краснодарському краї Російської Федерації кунжут вирощують на площі майже 5 тис. га, збираючи 8–15 ц/га насіння [4, 8–11].

Кунжут – популярна приправа та спеція, його також використовують для виробництва рослинної олії. У великій кількості кунжут застосовують як інгредієнт безлічі східних солодошів та інших кондитерських виробів. Ця культура є основною сировиною для виробництва тахінної пасти, яку використовують для

виготовлення тахінної халви. Солодоші з кунжуту у вигляді тахінної халви або солодких плиток (козинаків) поширені в різних країнах світу, зокрема в Україні. Однак у виробництві хлібобулочних виробів у європейських країнах та країнах СНД насіння кунжуту застосовують переважно для оздоблення [12–15].

Цінність цього насіння обумовлена вмістом його нутрієнтів та їх фізіологічними властивостями.

Насіння кунжуту містить жири (44–58 %), білки (18–25 %), вуглеводи (13,5 %) і золу [5]. До його складу входять такі вітаміни як: бета-каротин, тіамін, рибофлавін, ніацин, піридоксин, α - і γ -токоферолі, а також холін та мінеральні сполуки кальцію, калію, фосфору, магнію, мангану, заліза, міді та селену. Кунжут вважають найбагатшим джерелом кальцію, адже споживання лише 30 г кунжуту забезпечує 40 % добової потреби в ньому.

Білки насіння кунжуту характеризуються високою біологічною цінністю. Вони багаті на метіонін і, особливо, триптофан. Однак білки кунжутного насіння лімітовані за лізином, хоча і меншою мірою, ніж білки пшениці. За розчинністю в груповому складі білків насіння кунжуту переважають соле-, водо- та лугорозчинні [16]. Дослідження впливу білкових продуктів кунжуту на тварин довели зниження в сироватці їх крові рівня холестерину, тригліцеридів і ліпопротеїдів [1, 17], а за механізмом дії білки кунжуту впливають на ліпіди сироватки крові подібно соєвим білкам.

Мета дослідження полягала у вивченні доцільності використання нетрадиційної для хлібопечення сировини – борошна із насіння кунжуту, оцінювання його амінокислотного складу для подальшого використання у хлібопекарській промисловості під час розроблення технології органічних продуктів спеціального призначення.

Матеріал і методи дослідження. Для досліджень використовували насіння кунжуту різного забарвлення урожаю 2017–2020 років, із якого отримували борошно. Насіння розмелювали на млині «Пірует» до отримання однорідної маси борошна та визначали у ньому вміст хімічних складників за ДСТУ 4117:2007. У кунжутному незнежиреному борошні визначали вміст амінокислот згідно з загальноприйнятими методами. Склад окремих амінокислот проводили методом йонообмінної рідинної хроматографії на автоматизованому аналізаторі амінокислот ТТ 339 (Чехія) [18–24].

Експериментальну частину роботи проводили упродовж 2017–2019 рр. у лабораторії

«Оцінювання якості зерна та зернопродуктів» кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва.

Статистичний аналіз експериментальних даних виконували за допомогою пакета прикладних програм Statistica 6.0. [25].

Результати дослідження та обговорення. Незамінні амінокислоти, на відміну від замінних, не можуть синтезуватися в організмі і мають обов'язково надходити з їжею. Встановлено, що у кунжутному борошні вміст аргініну найвищим був у зразків чорного кольору – 2,1 г, на 0,3 г нижчий показник у білого, а у золотистого, світло- і темно-коричневого – коливався від 1,1 до 1,5 г.

Валін – хімічна сполука, одна з двадцяти канонічних протейногенних амінокислот, що використовується всіма живими організмами на землі для біосинтезу білків. Її вміст варіював у зразках неістотно – від 0,862 до 0,896 г.

Ізолейцин у борошні із чорного насіння був у межах 0,804 г, у білого – 0,781, золотистого – 0,773, темно-коричневого – 0,755 та світло-коричневого – 0,770 г.

У середньому за роки досліджень у кунжутному борошні лейцин варіював від 1,302 до 1,351 г і найвищий його вміст відмічено у чорному, а найнижчий – у темно-коричневому.

Відомо, що у більшості злаків низький вміст лізину, однак високий вміст у бобових та в перловці. Кунжутне борошно містить лізину від 0,525 до 0,602 г.

Метіонін належить до ліпотропних речовин, здатних запобігати ожирінню печінки, регулює і нормалізує жировий обмін, знижує

токсичність отруйних речовин. Добова потреба становить 2–4 г. У кунжутному борошні цей показник із насіння чорного кольору – 0,601 г, білого – 0,555, золотистого – 0,550, світло-коричневого – 0,541, темно-коричневого – 0,534 г.

Треонін – друга лімітуюча після лізину незамінна амінокислота, яка підтримує в організмі білковий обмін, бере участь в обміні жирів, колагену і еластину, стимулює імунітет, впливає на ріст м'язів скелета. Її вміст у кунжутному борошні становить від 0,727 до 0,775 г.

Триптофан регулює функцію ендокринної системи, що попереджає анемію, збалансовує кров'яний тиск, відповідає за синтез гемоглобіну. Добова потреба дорослої людини в ньому становить 0,25 г (3,5 мг/кг). Кунжутне борошно дає змогу отримати, залежно від забарвлення триптофану, у чорного – 0,298, білого – 0,295, золотистого – 0,288, світло- та темно-коричневого – 0,283 і 0,276 г відповідно.

Вміст фенілаланіну у зразках варіював неістотно – від 1,2 до 1,4 г (рис. 1).

Амінокислотний склад у незнежиреному борошні кунжуту залежно від забарвлення дає змогу відмітити, що вміст замінних у середньому за роки досліджень був вищим у чорного борошна, а найнижчим – у темно-коричневого.

За результатами досліджень вміст аспарагінової кислоти незалежно від забарвлення був у межах від 1,556 до 1,667 г.

Аланін – хімічна сполука природного походження, яка є важливим джерелом енергії для різних органів, зміцнює імунну систему через участь в обміні цукрів і органічних кислот. Її

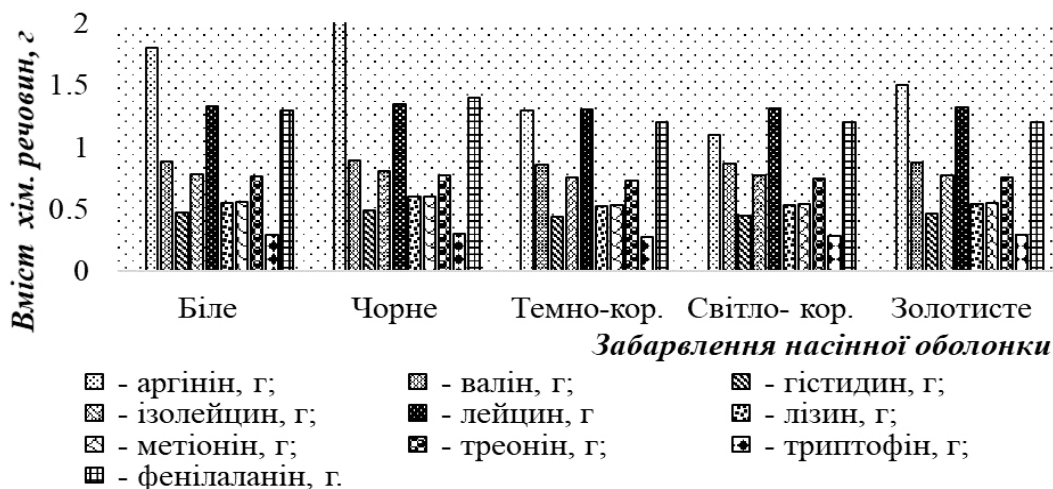


Рис. 1. Вміст замінних амінокислот у кунжуті залежно від забарвлення насінної оболонки, г (середнє за 2017–2020 рр.).

вміст, залежно від забарвлення кунжутного борошна, становить: чорний – 0,802 г, білий – 0,773, золотистий – 0,756, світло- і темно-коричневий – 0,735 і 0,703 г відповідно.

Найвищий вміст гліцину відмічено у кунжуту чорного забарвлення – 1,398 г, що на 0,017 г нижче, ніж у білого, золотистого – на 0,040 г, світло-коричневого – на 0,058 г та темно-коричневого – на 0,082 г.

Глутамінова кислота та пролін у кунжутному борошні залежно від забарвлення в середньому за роки досліджень варіювали неістотно – від 3,912 до 3,951 г та від 0,65 до 0,73 г.

Тирозин залежно від забарвлення зменшувався від 0,655 до 0,715 г (рис. 2).

Доцільно відмітити таку саму закономірність і за визначення серіну, найвищий вміст його встановлено у чорного – 0,956 г, дещо нижче у білого – 0,937, золотистого – 0,911, темно- і світло-коричневого – 0,894 і 0,902 г.

Цистеїн – важливий для формування третинної структури білків завдяки здатності утворювати дисульфідні містки й фіксувати наблизені у просторі ділянки протеїну, віддалені послідовно. У кунжутному борошні різного забарвлення цистеїн найнижчим був у темно-коричневого – 0,278 г, дещо вищим у світло-коричневого – 0,288, золотистого – 0,303, білого – 0,310 і найвищий показник у чорного – 0,315 г (рис. 2).

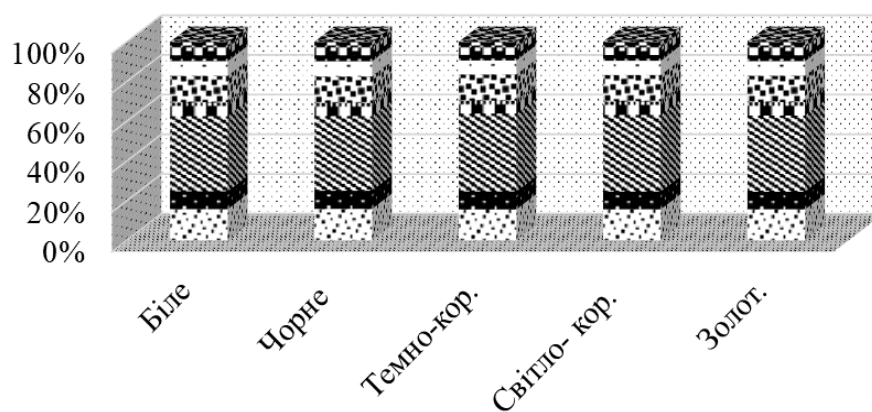
У кунжутному борошні незалежно від забарвлення було визначено такі ненасичені жирні кислоти: пальмітинову, стеаринову, арахінову. Остання із яких в усіх досліджуваних зразках становила 0,1 г та не змінювалась від забарвлення.

Стеаринова залежно від забарвлення варіювала неістотно – від 2,3 до 1,5 г (НІР₀₅ 0,08). Пальмітинової відмічено у борошна чорного кольору – 4,3 г, білого – 4,0, золотистого – 3,8 та темно- і світло-коричневого – 5 і 3,7 г відповідно (рис. 3).

Мононенасичені жирні кислоти у кунжутному незнежиреному борошні представлені пальмітолеїною та олеїною (омега-9). Забарвлення кунжутного борошна на їх вміст істотного впливу не мало. Пальмітолеїнова кислота в усіх роки досліджень залишалась сталою – 0,1 г. Однак олеїнова (омега-9) коливалась від 19,7 до 17,6 г за варіантами (рис. 4).

Із полінасичених жирних кислот найбільший вміст лінолевої встановлено за чорного забарвлення – 19,5 г, лише на 0,2 г менше у білого та 0,5 г у золотистого. Світло- і темно-коричневі види кунжуту порівняно із чорним були нижчими на 0,8 та 1,1 г відповідно.

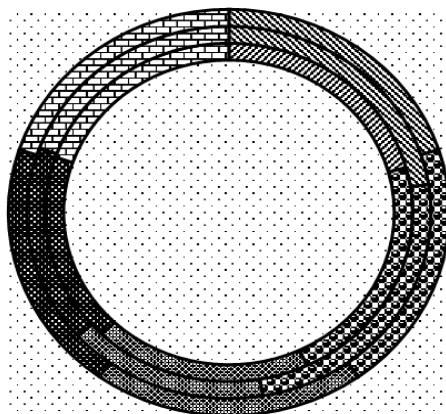
Омега-6 кислота істотно (НІР₀₅ 1,12) не варіювала у зразках, однак вміст її був дещо вищим у борошна чорного кольору (19,3 г) та найнижчим у темно-коричневого (18,0 г) (рис. 5).



Забарвлення насінної оболонки

◐ - аспарагінова, г; ■ - серін, г; ▨ - глутамінова, г;
 ▨ - пролін, г; ▨ - гліцин, г; ◐ - аланін, г;
 ■ - цистеїн, г; ▨ - тирозин, г.

Рис. 2. Вміст насичених амінокислот у кунжуті залежно від забарвлення насінної оболонки, г (середнє за 2017–2020 рр.).



■ - біле; ■ - чорне; ■ - темно-кор.; ■ - світло-кор.; ■ -золот.

Рис. 3. Вміст насичених жирних кислот у кунжуті залежно від забарвлення насінної оболонки, г (середнє за 2017–2020 рр.).

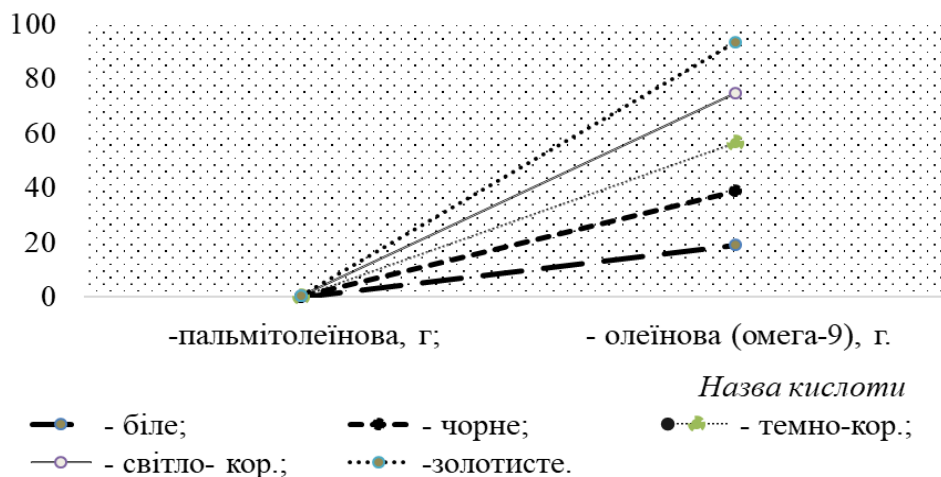


Рис. 4. Вміст мононенасичених і жирних кислот у кунжуті залежно від забарвлення насінної оболонки, г (середнє за 2017–2020 рр.).

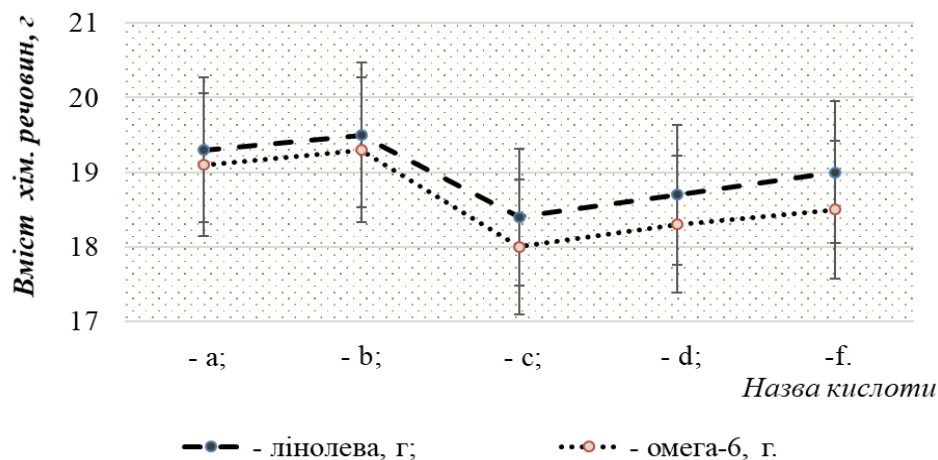


Рис. 5. Вміст поліненасичених жирних кислот у кунжуті залежно від забарвлення насінної оболонки, г (середнє за 2017–2020 рр.), де a – біле; b – чорне; c – темно-коричневе; d – світло-коричневе; f – золотисте забарвлення.

Висновки. Амінокислотний склад у незнежиреному борошні кунжуту залежно від забарвлення дає змогу відмітити, що вміст незамінних і замінних кислот у середньому за роки досліджень вищим був у борошна з чорного кунжуту, а найнижчим – з темно-коричневого.

Мононенасичені жирні кислоти у кунжутному незнежиреному борошні представлені пальмітолеїною та олеїною (омега-9). Забарвлення кунжутного борошна на їх вміст істотного впливу не мало.

Із полінасичених жирних кислот найбільший вміст лінолевої встановлено за чорного забарвлення – 19,5 г, лише на 0,2 г менше у білого та 0,5 г у золотистого. Світло- і темно-коричневі порівняно із чорним були нижчими на 0,8 та 1,1 г відповідно.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бакин И.А., Мустафина А.С., Колбина А.Ю. Изучение технологических аспектов использования нетрадиционного сырья в производстве булочных изделий. Вестник КрасГАУ. 2016. № 12. С. 128–134.
2. Аксьонов І.В., Кирпичова Н.М. Розглянемо особливості вирощування кунжуту з огляду на його біологічні особливості. Зерно і хліб. 2013. № 3. С. 45–48.
3. Поляков О. І. Агротехнічні і біокліматичні особливості формування урожайності і якості насіння соняшнику, сої, льону, кунжуту, рижю, молочаю в південному Степу України: автореф. дис. ... д-ра. с.-г. наук: 06.01.09. Дніпропетровськ, 2011. 38 с.
4. Антоненко А.В. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення: монографія / за ред. О.І. Черевка, М.І. Пересічного. Харків: Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі, 2017. 591 с.
5. Sesame food allergy and sensitization in children: the natural history and long-term follow-up / Cohen A. et al. *Pediatr Allergy Immunol*, 2007, 18. № 3. P. 217–223.
6. Hemalatha S, Raghunath M. Ghafoorunissa. Dietary sesame oils inhibits iron-induced oxidative stress in rats. *Br J Nutr*. 2004. 92. P. 581–587.
7. Sesame Ingestion Affects Sex Hormones, Antioxidant Status, and Blood Lipids in Postmenopausal Women / Wen-Huey Wu. et al. *J.Nutr*. 2006, 136. P. 1270–1275.
8. Gangur V., Kelly C., Navuluri L. Sesame allergy: a growing food allergy of global proportions. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2005. 95. No 1. P. 4–11.
- 9 Кобзева Д.О., Лях В.О. Схожість та якість насіння кунжуту за різних років вирощування. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. № 20, 2014, С. 112–117.
10. Рижій, сафлор, кунжут. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) / І.А. Шевченко та ін. Інститут олійних культур НААНУ. Запоріжжя: СТАТУС, 2017. 40 с.
11. ДСТУ 7012:2009. Кунжут. Технічні умови. [Чинний з 01.07.2010 р]. Київ: Держстандарт України.
12. Остробородова С.Н. Разработка технологии хлеба с применением семян кунжута. Пищевые продукты и здоровье человека: материалы II Всероссийской конфе-

ренции студентов и аспирантов. Кемерово: КемТИПП, 2009. С. 53–54.

13. Антоненко А.В., Журавська А.А. Новітні технології кондитерських виробів підвищеної харчової цінності. Наукові праці SWorld. 2013. № 1. С. 73–77.

14. Технологія булочних виробів із використанням сочевиці / Земліна Ю.В. та ін. Вчені записки ТНУ ім. В.І. Вернадського. Технічні науки. Т. 29 (68). Ч. 3. № 5. 2018. С. 14–19.

15. Бабіч О.В., Віхоть М.М. Проблематика забезпечення спеціальними продуктами харчування хворих на цєалію в Україні. Проблеми старєния и долголетия. 2016, 25. № 2. С. 230–234.

16. Осейко М., Українець А., Хомічак Л. Білок і білково-ліпідні продукти. Харчова і переробна промисловість. 2004. № 12. С. 10–11.

17. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. К.: Держстандарт України, 1994. 30 с.

18. Методика селекционного процесса кунжута / Аксенов И.В. и др.; отв. ред. И.В. Аксенов. Запорожье: ЗГТ «Днепропетровский металлург», 2013. 25 с.

19. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Издательство стандартов, 1985. 416 с.

20. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держстандарт України, 2003. 173 с.

21. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. М.: Колос, 1972. 456 с.

22. Грицаєнко З.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: Нічлава, 2003. 316 с.

23. Сборник методов исследования почв и растений / Ковальчук В.П. и др. К.: Труд-ГриПол., XXI вис, 2010. 252 с.

24. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В.О. Єщенко та ін. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

25. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті STATISTICA 6.0. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

REFERENCES

1. Bakyn, Y.A., Mustafyna, A.S., Kolbyna, A.Iu. (2016). Izuchenie tehnologicheskikh aspektov ispol'zovanija netradicionnogo syr'ja v proizvodstve bulochnyh izdelij [Study of technological aspects of the use of non-traditional raw materials in the production of bakery products]. *Vestnik KrasGAU [KrasGAU Bulletin]*, no. 12, pp. 128–134.
2. Aksonov, I.V. (2013). Rozgljanemo osoblyvosti vyroshhuvannja kunzhutu z ogljadu na jogo biologichni osoblyvosti [Consider the features of growing sesame seeds in view of its biological features Kyrpychova]. *Zerno i hlib [Grain and bread]*, no. 3, p. 45–48.
3. Poliakov, O.I. (2011). Agrotehnichni i bioklimatychni osoblyvosti formuvannja urozhajnosti i jakosti nasinnja sonjashnyku, soi, l'onu, kunzhutu, ryzhiju, molochaju v pivdennomu Stepu Ukraїny: avtoref. dys. ... d-ra. s.-g. nauk: 06.01.09 [Agrotechnical and bioclimatic features of yield formation and quality of sunflower, soybean, flax, sesame, red, milkweed seeds in the southern steppe of Ukraine:

author's ref. dis. Dr. of Agricultural Science: 06.01.09]. Dnipropetrovsk, 38 p.

4. Antonenko, A.V. (2017). Innovacijni tehnologii' harchovoi' produkcii' funkcional'nogo pryznachennja: monografija [Innovative technologies of food products of functional purpose]. Kharkiv, Kharkiv State University of Food and Trade, 591 p.

5. Cohen, A., Goldberg, M., Levy, B., Leshno, M., Katz Y. (2007). Sesame food allergy and sensitization in children: the natural history and long-term follow-up. *Pediatr Allergy Immunol.* 18, no. 3, pp. 217–223.

6. Hemalatha, S., Raghunath, M. Ghafoorunissa. (2004). Dietary sesame oils inhibits iron-induced oxidative stress in rats. *Br J Nutr.* 92, pp. 581–587.

7. Wen-Huey, Wu, Yu-Ping, Kang, Nai-Hung, Wang, Hei-Jen, Jou, Tzong-An, Wang. Sesame Ingestion Affects Sex Hormones, Antioxidant Status, and Blood Lipids in Postmenopausal Women. *J. Nutr.* 2006, 136, pp. 1270–1275.

8. Gangur, V., Kelly, C., Navuluri, L. (2005). Sesame allergy: a growing food allergy of global proportions. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 95, no. 1, pp. 4–11.

9. Kobzeva, D.O., Lyakh, V.O. (2014). Shozhist' ta jakist' nasinnja kunzhutu za riznyh rokov vyroshhuvannja [Germination and quality of sesame seeds in different years of cultivation]. *Naukovo-tehnichnyj bjuleten' Instytutu olijnyh kul'tur NAAN [Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of NAAS]*, no. 20, p. 112–117.

10. Shevchenko, I.A., Polyakov, O.I., Vedmedeva, K.V., Komarova, I.B. (2017). Ryzhij, saflor, kunzhut [Red, safflower, sesame]. *Strategija vyrobnyctva olijnoi' syrovyny v Ukrai'ni (maloposhyreni kul'tury) [Strategy of production of oil raw materials in Ukraine (uncommon crops)]*. Zaporozhye, Institute of Oilseeds of NAASU, STATUS, 40 p.

11. DSTU 7012:2009. Kunzhut. Tehnichni umovy. [Chynnyj z 01.07.2010 r]. [DSTU 7012:2009. Sesame. Specifications. Valid from 01.07.2010.]. Kyiv, State Standard of Ukraine.

12. Ostroborodova, S.N. (2009). Razrabotka tehnologii' hleba s primeneniem semjan kunzhuta: Pishhevye produkty i zdorov'e cheloveka: materialy II Vserossijskoj konferencii studentov i aspirantov [Development of bread technology with the use of sesame seeds: Food and Human Health: proceedings of the All-Russian Conference of Students and Postgraduates]. Kemerovo, KemTIPP, pp. 53–54.

13. Antonenko, A.V., Zhuravskaya, A.A. (2013). Novitni tehnologii' kondyters'kyh vyrobiv pidvyshhenoi' harchovoi' cinnosti [The latest technologies of confectionery products of high nutritional value]. *Naukovi pracj SWorld [Scientific works of SWorld]*, no. 1, pp. 73–77.

14. Zemlina, Y.V., Antonenko, A.V., Grishchenko, I.M. (2018). Tehnologija bulochnyh vyrobiv iz vykorystannjam sochevyci [Technology of bakery products using lentils]. *Vcheni zapysky TNU im. V.I. Vernads'kogo. Tehnichni nauky [Scientific notes of TNU. Vernadsky. Technical sciences]*. Vol. 29 (68), Part 3, no. 5, pp. 14–19.

15. Babich, O.V., Vikhot, M.M. (2016). Problematyka zabezpechennja special'nymy produktamy harchuvannja hvoryh na cealikiju v Ukrai'ni. Problemy starenija y dolgoletija [Problems of providing special food for patients with cealics in Ukraine. Problems of aging and longevity], no. 2, 25, pp. 230–234.

16. Oseyko, M., Ukrainets, A., Khomichak, L. (2004). Bilok i bilkovo-lipidni produkty [Protein and protein-lipid products]. *Harchova i pererobna promyslovist' [Food and processing industry]*, no. 12, pp. 10–11.

17. DSTU 2240-93. Nasinnja sil's'kogospodars'kyh kul'tur. Sortovi ta posivni jakosti [DSTU 2240-93. Seeds of agricultural crops. Varietal and sowing qualities]. Kyiv, State Standard of Ukraine, 1994, 30 p.

18. Aksyonov, I.V. (2013). Metodyka selekcyonnogo processa kunzhuta [Methods of selection process of sesame]. *Zaporozhye, ZGT Dneprovsky metallurgist*, 25 p.

19. GOST 12038-84. Semena sel's'kohozjajstvennyh kul'tur. Metody opredelenija vshozhesti [GOST 12038-84. Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination]. Moscow, Publishing House of Standards, 1985, 416 p.

20. DSTU 4138-2002. Nasinnja sil's'kogospodars'kyh kul'tur. Metody vyznachennja jakosti [DSTU 4138-2002. Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality]. Kyiv, State Standard of Ukraine, 2003, 73 p.

21. Ermakov, A.I. (1972). Metody biohimicheskogo issledovanija rastenij [Methods of biochemical research of plants]. Moscow, Kolos, 456 p.

22. Gritsayenko, Z.M. (2003). Metody biologichnyh ta agrohichnyh doslidzhen' roslyn i g'runtiv [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]. Kyiv, Nichlava, 316 p.

23. Kovalchuk, V.P., Vasiliev, V.G., Boyko, L.V., Zosimov, V.D. (2010). Sbornyk metodov yssledovanyja pochv y rastenyj [Collection of methods for studying soils and plants]. Kyiv, Trud-GriPol., XXI., 252 p.

24. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.G., Kostogryz, P.V., Opryshko V.P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen' v agronomii': pidruchnyk [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PE Edelweiss and K, 332 p.

25. Ermantraut, E.R., Prysyzhnyuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyj analiz agronomichnyh doslidnyh danyh u paketi STATISTICA 6.0. [Statistical analysis of agronomic research data in the package STATISTICA 6.0]. Kyiv, PoligrafKonsalting, 55 p.

Аминокислотный состав необезжиренной кунжутной муки и перспективы ее использования в производстве органических продуктов специального назначения

Евчук Я.В., Кононенко Л.М., Войтовская В.И., Третьякова С.А.

В статье представлена качественная оценка и химическая составляющая кунжутной муки в зависимости от окраски. Обогащение продуктов массового потребления для повышения пищевой ценности изделий, предназначенных для основных групп населения, сегодня чрезвычайно важно.

Перспективным решением в этом направлении является повышение пищевой ценности изделий за счет использования различных технологических приемов, например, путем внесения сырья натурального происхождения, в частности кунжутной муки. Такая мука содержит в своем составе большое количество питательных и ценных нутриентов. Поэтому определение качественного содержания и аминокислотного состава для дальнейшего использования и комбинирования с другими видами сырья является актуальным.

Цель исследования заключалась в изучении целесообразности использования нетрадиционного для хлебопечения сырья – муки из семян кунжута, оценки его аминокислотного состава для дальнейшего использования в хлебопекарной промышленности при разработке технологии органических продуктов специального назначения.

Для исследований использовали семена кунжута различной окраски урожая 2017–2020 годов, с которого получали муку.

Аминокислотный состав необезжиренной муки кунжута в зависимости от окраски позволяет отметить, что содержание незаменимых и заменимых кислот в среднем за годы исследований был выше у черной муки, а самым низким – темно-коричневой.

Высокое содержание глицина отмечено в кунжуте черного окраса – 1,398 г, на 0,017 г ниже у белого по сравнению с черным, золотистого – на 0,040 г, светло-коричневого – на 0,058 г и темно-коричневого – на 0,082 г.

Мононенасыщенные жирные кислоты в кунжутной необезжиренной муке представлены пальмитолеиновой и олеиновой (омега-9). Окраска кунжутной муки на их содержание существенного влияния не имела.

С полиненасыщенных жирных кислот наибольшее содержание линолевой установлено по черной окраске – 19,5 г, только на 0,2 г меньше у белой и 0,5 г – у золотистой. Светло- и темно-коричневые по сравнению с черной были ниже на 0,8 и 1,1 г соответственно.

Ключевые слова: незаменимые и заменимые аминокислоты, цеаликия, гипокальцимия, безглютеновые изделия, окраска.

Amino acid composition of low-fat sesame flour and prospects for its use in manufacturing organic products for special purposes

Yevchuk Y., Kononenko L., Voitovska V., Tretiakova S.

The article presents a qualitative assessment and chemical component of sesame flour depending on the color. En-

richment of consumer products to increase the nutritional value of products intended for major populations is extremely important today.

Increasing the nutritional value of products using various technological techniques, for example, by adding raw materials of natural origin, in particular, sesame flour is a promising solution of the issue. This flour contains a large number of nutritious and valuable nutrients. Therefore, the determination of the qualitative content and amino acid composition for further use and combination with other types of raw materials is relevant.

The purpose of the research was to study the feasibility of using non-traditional baking raw material of sesame seed flour, evaluation of its amino acid composition for further use in the baking industry in the development of technology for special purpose organic products.

The flour of sesame seeds of different colors harvested in 2017–2020 was used for research.

The amino acid composition in low-fat sesame flour, depending on the color, allows us to note that the content of essential and substitutable acids on average over the years of research was higher in black flour, and the lowest - in dark brown.

The high content of glycine was noted in black sesame – 1.398 g, 0.017 g lower than white, gold – 0.040 g, light brown – 0.058 g and dark brown – 0.082 g.

Palmitoleic and oleic (omega-9) represent Monounsaturated fatty acids in sesame low-fat flour. The color of sesame flour has a significant effect on their content.

Of the polyunsaturated fatty acids, the highest content of linoleic is founding in black – 19.5 g, only 0.2 g less in white and 0.5 g – in gold. Light and dark brown compared to black were lower by 0.8 and 1.1 g, respectively.

Key words: essential and replaceable amino acids, cealics, hypocalcemia, gluten-free products, color.



Copyright: Євчук Я.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Євчук Я.В.
Кононенко Л.М.
Войтовська В.І.
Третьякова С.О.


<https://orcid.org/0000-0002-8624-3825>
<https://orcid.org/0000-0001-7037-2692>
<https://orcid.org/0000-0001-5538-461X>
<https://orcid.org/0000-0002-1183-4479>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.559-044.57:[633:631.51.021]

Причини зниження урожайності польових культур на фоні плоскорізного основного обробітку ґрунтуЄщенко В.О. , Коваль Г.В. , Калієвський М.В. 

Уманський національний університет садівництва

 Коваль Г.В. halinakoval10@gmail.com

Єщенко В.О., Коваль Г.В., Калієвський М.В. Причини зниження урожайності польових культур на фоні плоскорізного основного обробітку ґрунту. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 49–58.

Jeshhenko V.O., Koval' G.V., Kalijevs'kyj M.V. Prychyny znyzhennja urozhajnosti pol'ovyyh kul'tur na foni ploskoriznogo osnovnogo obrobittku g'runtu. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 49–58.

Рукопис отримано: 20.03.2021 р.

Прийнято: 05.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-49-58

Метою досліджень було на основі огляду літератури і власних дослідів, проведених на чорноземі опідзоленому у п'ятипільній сівозміні соя – ріпак ярий – пшениця яра – льон олійний – ячмінь ярий, виявити причину зниження продуктивності посівів вирощуваних у досліді культур за заміни в системі основного обробітку полицевої оранки плоскорізним розпушуванням на відповідні глибини. За даними літератури середня з 15 культур їх урожайність від такої заміни знижувалась на 9,0 %, і в досліді в середньому у сівозміні – на таку саму величину. Зменшитись на таку величину урожайність вирощуваних в різних досліді культур на фоні плоскорізного розпушування замість полицевої оранки через погіршення фізичного стану ґрунту не могло за відсутності такого погіршення, коли в 15 досліді щільність орного шару різних ґрунтів змінювалась лише на 0,7 % і структурність – на 0,1 %, а в досліді – відповідно на 2,1 і 1,4 % (в бік покращення). На 1,9 % в досліді також знижувалась від використання замість зяблевої оранки плоскорізного обробітку ґрунту і загальна пористість орного шару ґрунту, однак і вона істотно знизити урожайність ярих культур не могла. Зміни водного режиму, пов'язані зі зміною способу основного обробітку ґрунту, також не могли негативно проявитись на рівні продуктивності вирощуваних у різних досліді культур. Крім того, за даними літератури лише у п'яти публікаціях з 15 запаси доступної вологи в кореневмісному шарі від заміни полицевого обробітку безполицевим розпушуванням знижувались на 0,7–17,0 %, а в решті 10 вони залишались без зміни або помітно збільшувались. Отже, у досліді запаси доступної для рослин ґрунтової вологи за плоскорізного розпушування були на 1,7 % більшими порівняно з полицевою оранкою. У досліді перевага плоскорізного розпушування над оранкою за запасами доступної вологи в метровому шарі ґрунту на середину і кінець вегетації ярих культур збільшувалась відповідно до 6,1 і 6,4 %, однак середня продуктивність посівів у сівозміні значно (на 9,0 %) нижчою була саме за плоскорізного основного зяблевого обробітку. Це могло бути спричинено майже на третину (на 27–31 %) вищою забур'яненістю посівів культур 5-пільної сівозміни на фоні плоскорізного основного обробітку ґрунту.

Ключові слова: п'ятипільна сівозміна, фізичний стан ґрунту, запаси доступної вологи, забур'яненість посівів, урожайність культур.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва водночас зі збільшенням рослинницької продукції супроводжується низкою негативних наслідків, основним з яких є деградація земель через часте використання важких енергонасичених тракторів і машин для глибокого обробітку ґрунту. В результаті розпиленості верхнього шару ґрунту набуває схильності до вивітрювання, а за утворення в ґрунті щільної плужної підшови ґрунт пере-

стає пропускати в глибші шари воду і повітря та стає на заваді росту кореневої системи. Вирішенням цієї проблеми є відмова від інтенсивного механічного обробітку ґрунту з використанням різних способів його мінімалізації. Одним із таких способів є заміна енергоємного полицевого основного обробітку менш енергоємним безполицевим. На теренах України такий обробіток широко використовують у районах поширення вітрової ерозії. Ініціаторами використання плоскорізного обробітку в лісо-

степовій зоні свого часу були М.К. Шикла та Ф.Т. Моргун, які в масштабах Полтавської області замість плужного землеробства освоїли безплужне. Використання плоскоріза в такій системі дало змогу повністю позбутися вітрової ерозії завдяки стерні, яка залишалась на поверхні поля після проведення плоскорізного обробітку ґрунту.

Попри ґрунтозахисну функцію плоскорізів нинішні господарники часто відмовляються від подальшого їх використання через те, що на фоні плоскорізного розпушування в системі основного обробітку помітно знижується продуктивність вирощуваних культур. Щоб

пересвідчитися у цьому проаналізовано великий обсяг сучасної наукової літератури, в якій порівнюють плужний і плоскорізний основний обробіток на умови вирощування і урожайність багатьох, переважно районованих у лісостеповій зоні, польових культур. За даними таблиці 1, об'єктами досліджень різних науковців були переважно зернові культури, тимчасом кормові і технічні культури вивчали лише в поодиноких дослідках. Усі 15 культур на фоні плоскорізного розпушування ґрунту порівняно з полицевою оранкою на відповідні глибини знижували свою продуктивність, однак рівень зниження у різних культур був неоднаковий [1,2–13, 14–18, 19–20].

Таблиця 1 – Урожайність культур на фоні плоскорізного основного обробітку, % від полицевої оранки згідно з публікаціями за 2002–2019 рр.

Культура	Дослідник (и)	Роки досліджень	Урожайність
Пшениця озима	Скалига О.С., 2008	2002–2006	84,4
	Ямковий В.Ю., 2010	2007–2009	96,7
	Ятчук В.Я., 2010	2005–2008	96,6
	Бойчук О.В., 2015	2008–2012	101,0
	Панченко О.Б., 2016	2013–2015	88,0
	Павліченко А.А., 2019	2009–2011	88,4
Ячмінь ярий	Саліхов А.С., Кадиров М.Д., 2004	1999–2002	91,3
	Вахній С.П., Скалига О.С., 2005	2003–2004	89,4
	Скалига О.С., 2008	2002–2006	87,8
	Ятчук В.Я., 2010	2005–2008	95,1
	Малієнко А.М., Борис Н.Є., 2016	2014–2015	93,5
	Панченко О.Б., 2016	2013–2015	88,0
Горох	Будьонний Ю.В., Шевченко М.В., 2002	1994–2000	88,6
	Кирилюк В.П., 2003	1988–1999	86,7
	Скалига О.С., 2008	2002–2006	79,1
	Ятчук В.Я., 2010	2005–2008	88,4
	Панченко О.Б., 2016	2013–2015	87,8
Овес	Масик І.М., 2009	2003–2005	85,5
Гречка	Панченко О.Б., 2016	2013–2015	93,6
Кукурудза	Перчук В.В., 2008	2000–2002	98,8
	Скалига О.С., 2008	2002–2006	90,4
	Ятчук В.Я., 2010	2005–2008	99,3
	Литвиненко І.В., 2012	2009–2011	85,7
	Панченко О.Б., 2016	2013–2015	91,2
	Борис Н.Є., 2017	2005–2013	86,0
Соя	Малярчук М.П., 2005	1993–1996	96,9
	Найдьонова В.О., 2016	2010–2012	88,5
Соняшник	Будьонний Ю.В., Шевченко М.В., 2002	1994–2000	90,1
Картопля	Масик І.М., 2009	2003–2005	94,2
Буряк цукровий	Кирилюк В.П., 2003	1989–1999	98,7
	Мірошник І.А., Цюк О.А., Дудченко В.М. та ін., 2003	1997–2001	95,2
	Ременюк Ю.О., 2009	2003–2005	89,5
	Бойчук О.В., 2015	2009–2012	95,2
Буряк кормовий	Павліченко А.А., 2019	2009–2011	91,8
Гірчиця біла на насіння	Івакін І.В., 2012	2006–2009	80,4
Люцерна третього року на насіння	Антипова Л.К., 2010	1998–2000	99,2
Конюшина на зелену масу	Скалига О.С., 2008	2002–2006	91,2
	Павліченко А.А., 2019	2009–2011	90,4
Вико-овес на зелену масу і сіно	Ременюк Ю.О., 2009	2003–2005	77,0
	Павліченко А.А., 2019	2009–2011	85,6
Середнє за культурами і дослідками			91,0

За даними аналізу, серед зернових найменше (7,5 %) знижувала свою урожайність на фоні плоскорізного розпушування до оранки пшениця озима, яка в одному досліді із шести мала позитивний (+1,0 %) баланс. Майже на однакову величину (8,1–9,0 %) за плоскорізного обробітку знижували свою зернову продуктивність кукурудза і ячмінь ярий. Чутливішою до вирощування на фоні плоскорізного розпушування серед зернових культур виявилась група бобових, а серед них горох, який в середньому із п'яти дослідів знижував на цьому фоні свою урожайність на 13,9 %. 5,3 % врожаю на фоні безполицевого обробітку недобирали науковці за вирощування буряків цукрових. Майже такий самий недобір (5,8 %) був у картоплі. Серед багаторічних і однорічних трав на зелену масу чи сіно перші від заміни оранки плоскорізним розпушуванням знижували з врахуванням двох дослідів свою продуктивність на 9,2 %, а другі – вдвічі більше (18,7 %).

Із 15 культур середній недобір врожаю за плоскорізного обробітку до оранки становив 9,0 %.

Більшість дослідників причин такого зниження продуктивності майже всіх районованих в зоні культур не називає, обмежуючись лише його фіксацією.

Першою причиною міг бути фізичний порядок у зв'язку з тим, що ґрунт під час плоскорізного обробітку менше змінює попередній фізичний стан, ніж під час оранки. Якщо під час роботи плуга оброблюваний пласт ґрунту за обертання може розсипатись на невеликі окремі частини, то за роботи плоскорізного знаряддя на глибину 20–22 см і більше він може монолітом сходити з підризувальної лапи цього знаряддя.

Однак на фізичному стані орного шару ґрунту під посівами вирощуваних на фоні плоскорізного розпушування культур, за даними таблиці 2, це не позначалося. Попри те, що в окремих дослідях на чорноземі типовому щільність складення орного шару ґрунту на фоні плоскорізного розпушування до оранки то знижувалась на 7,2 %, то підвищувалась на 6,0 %, однак здебільшого цей показник був на рівні оранки. Це вплинуло на середню щільність проаналізованих дослідів, яка була близькою до 100 %. Такою самою вона була і на сірих лісових ґрунтах (відповідно 99,3 і 100 % до оранки), які характеризуються порівняно з чорноземними ґрунтами гіршими фізичними властивостями.

Майже не відрізнявся від полицевої оранки й інший показник фізичного стану ґрунту – його структурність, хоча на тому самому чорноземі типовому в одному досліді [16] вміст агрономічно цінної структури на фоні плоскорізного розпушування до оранки знижувався на 15,3 %, а в іншому [17] – підвищувався на 10,7 %.

Причиною зниження в середньому на 9 % урожайності проаналізованих 15 культур за їх вирощування за плоскорізного основного обробітку ґрунту не міг бути третій показник фізичного стану ґрунту – його зволоженість (табл. 3).

Здебільшого вирощувані різними науковцями культури на фоні плоскорізного розпушування характеризувались кращою зволоженістю кореневмісного шару ґрунту.

Причиною зниження продуктивності посівів багатьох культур, які були об'єктом досліджень 10 науковців, була підвищена майже у два рази (191 %) їх забур'яненість на фоні плоскорізного обробітку ґрунту (табл. 4).

Таблиця 2 – Щільність складення орного шару ґрунту і вміст у ньому агрономічно цінної структури за плоскорізного розпушування, % до оранки

Дослідник	Ґрунт	Щільність	Структурність
Бережнюк Є. М., 2007	Чорнозем типовий	92,8	104,8
Пилипенко С. О., 2008	Той самий	99,2	84,7
Скаліга О. С., 2008	Той самий	101,6	97,6
Яценко С. В., 2008	Той самий	100,8	–
Оленюк А. М., 2009	Той самий	99,1	–
Ременюк Ю. О., 2009	Той самий	103,1	110,7
Ямковий В. Ю., 2010	Той самий	103,6	–
Ятчук В. Я., 2010	Сірий лісовий	100,0	–
Івакін О. В., 2012	Чорнозем типовий	100,0	–
Литвиненко І. В., 2012	Той самий	100,0	101,5
Бойчук О. В., 2015	Той самий	101,6	100,5
Панченко О. Б., 2016	Той самий	101,7	99,0
Черячукін М. І., 2016	Чорнозем звичайний	101,7	101,0
Борис Н. С., 2017	Сірий лісовий	99,3	–
Павліченко А. А., 2019	Чорнозем типовий	106,0	99,1
Середнє за дослідями		100,7	99,9

Таблиця 3 – Запаси доступної вологи на початок вегетації вирощуваних культур у метровому шарі ґрунту на фоні плоскорізного розпушування, % до оранки

Дослідник	Роки досліджень	Культура (фон)	Показник
Тарасенко Г. О., 2007	2004–2006	Пшениця озима	100,0
Пилипенко С. О., 2008	1994–1996, 1998	Буряки цукрові	110,9*
Скаліга О. С., 2008	2002–2006	Пшениця озима	111,8
Ременюк Ю. О., 2009	2003–2005	Буряки цукрові	96,6
Ямковий В. Ю., 2010	2007–2009	Пшениця озима	106,3
Ятчук В. Я., 2010	2005–2007	Пшениця озима	90,0
Івакін О. В., 2012	2006–2008	Соняшник	108,1
Литвиненко І. В., 2012	2009–2011	Кукурудза	103,8
Бойчук О. В., 2015	2009–2012	Буряки цукрові	99,3*
Панченко О. Б., 2016	2013–2015	Пшениця озима	104,3
Черячукін М. І., 2016	1975–1990	Дві ротації сівозмін	99,2*
Борис Н. С., 2017	2014–2016	Кукурудза	83,0
Павліченко А. А., 2019	2009–2011	Пшениця озима Буряки кормові	110,7 100,3
Середнє за культурами і дослідями			101,7

Примітка: * – в шарі ґрунту 0–150 см.

Таблиця 4 – Забур'яненість посівів вирощуваних культур на фоні плоскорізного розпушування, % до оранки

Дослідник	Роки досліджень	Культура (фон)	Фаза розвитку	Показник
Скаліга О.С., 2008	2002–2006	Кукурудза	Впродовж вегетації	162
Ременюк Ю.О., 2009	2003–2005	Пшениця озима Буряки цукрові	Кінець вегетації Початок вегетації	191 260
Ямковий В.Ю., 2010	2007–2009	Пшениця озима	Впродовж вегетації	130
Ятчук В.Я., 2010	2005–2009	Кукурудза		203
Литвиненко І.В., 2012	2009–2011	Кукурудза	Початок вегетації Кінець вегетації	330 240
		Пшениця озима Буряки цукрові	Кущення Початок вегетації Кінець вегетації	319 236 167
Панченко О.Б., 2016	2013–2015	Горох Пшениця озима Гречка Кукурудза Ячмінь ярий	Кінець вегетації	174 167 161 134 133
Черячукін М.І., 2016	1976–1985 1985–1990	Зерно-паро-просапна сівозмінна	Перша ротація Друга ротація	260 103
Борис Н.С., 2017	2014–2016	Кукурудза	Сходи	200
Павліченко А.А., 2019	2009–2011	Плодозмінна сівозмінна	Липень 2009р. Липень 2011р.	113 144
Середнє за культурами і дослідями				191

Метою дослідження було встановити достовірність припущень в умовах стаціонарного дослідження.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в стаціонарному досліді кафедри загального землеробства Уманського національного університету садівництва на чорноземі опідзоленому важкого грануломе-

тричного складу на лесі з порівняно зниженим умістом гумусу (3,2–3,5 %) в орному шарі. Дослід, у якому порівнювали зяблеву оранку плугом ПЛН-4-35 і плоскорізне розпушування КПП-2-150 на глибину 20–22 см, виконували у п'ятипільній сівозміні з таким чергуванням культур: соя – ріпак ярий – пшениця яра – льон олійний – ячмінь ярий. У досліді визначали:

щільність складення ґрунту в шарі 0–30 см – методом різального кільця (ДСТУ ISO 11272 – 2001); загальну пористість – розрахунковим способом; уміст агрономічно цінної структури – за методом Саввінова; вологість ґрунту – термостатно-ваговим методом; потенційну забур'яненість – відмивом насіння бур'янів із зразків ґрунту, відібраних навесні із шарів 0–10 см буром Калентьєва у п'ятиразовій повторності; актуальну забур'яненість посівів – кількісним методом за допомогою рамки площею 0,25 м² у шестиразовій повторності; урожайність культур обліковували суцільним методом. Щоб виявити ефективність плоскорізного обробітку всі показники на його фоні виражали у відсотках до оранки.

Результати дослідження та обговорення.

Згідно з таблицею 1, урожайність 15 озимих і ярих культур у дослідках багатьох науковців, проведених переважно в лісостеповій зоні, знижувалась від заміни оранки плоскорізним розпушуванням на 9,0 %. У досліді лише з ярими культурами це зниження було таким самим (табл. 5). Найменше недобирали врожаю за

виросування на фоні плоскорізного обробітку пшениці та ячменю (по 5,4 %), а найбільше – сої (16,9 %). Щодо останньої, то порівнювати її з даними літератури немає змоги, оскільки її вирощували в умовах Степу [10, 13]. В умовах досліду в одні роки соя негативно реагувала на плоскорізний зяблевий обробіток, знижуючи до оранки свою урожайність на 28,7–29,8 %, тимчасом в інший рік це зниження зменшувалось до 4,0 %, і за цим показником соя наближалась до інших культур п'ятипільної сівозміни.

Щоб виявити причину такого зниження врожаю вирощуваних за плоскорізного розпушування в досліді культур і порівняти умови їх вирощування з даними інших дослідників, аналіз також базували на агрофізичних показниках родючості чорнозему опідзоленого, зволоженості метрового шару та забур'яненості посівів.

За даними таблиці 6, вміст агрономічно цінної структури в орному шарі на фоні плоскорізного розпушування до оранки підвищувався в середньому у сівозміні на 1,4 %, що могло лише поліпшувати фізичний стан ґрунту.

Таблиця 5 – Урожайність культур п'ятипільної сівозміни за плоскорізного розпушування на 20–22 см, % до полицевої оранки

Роки	Ярі культури в порядку чергування					Середнє у сівозміні
	Соя	Ріпак	Пшениця	Льон олійний	Ячмінь	
2012	88,0	91,1	99,3	87,9	89,7	91,2
2013	81,8	105,5	100,6	89,6	106,3	96,8
2014	71,3	93,8	95,1	98,2	93,0	90,3
2015	70,2	83,2	94,1	75,8	88,4	83,2
2016	91,5	93,8	94,9	91,2	94,9	93,3
2017	96,0	92,0	83,3	89,6	95,0	91,2
Середнє	83,1	93,2	94,6	88,7	94,6	91,0

Таблиця 6 – Вміст агрономічно цінної структури та щільність і пористість ґрунту в шарі 0–30 см під посівами ярих культур за плоскорізного розпушування, середнє за 2012–2017 рр.

Показник і період вегетації		Одиниці виміру	Культура в порядку чергування					Середнє у сівозміні
			Соя	Ріпак	Пшениця	Льон олійний	Ячмінь	
Структурність	Середина	% до маси ґрунту	72,4	73,8	72,2	73,4	72,5	72,9
		% до оранки	101,5	101,8	102,0	101,5	100,3	101,4
Щільність	Початок	г/см ³	1,18	1,19	1,19	1,20	1,20	1,19
		% до оранки	104,4	104,4	102,6	104,3	102,6	103,7
	Середина	г/см ³	1,27	1,24	1,23	1,27	1,24	1,25
		% до оранки	101,6	101,6	102,5	102,4	102,5	102,1
Загальна пористість	Початок	% до об'єму ґрунту	55,1	54,8	54,8	54,4	54,4	54,7
		% до оранки	96,7	96,6	98,0	96,6	98,0	97,2
	Середина	% до об'єму ґрунту	56,7	51,9	53,2	51,7	52,9	52,5
		% до оранки	98,5	98,7	97,8	97,7	98,0	98,1

Водночас інші показники фізичного стану ґрунту за заміни плужного обробітку плоскорізним дещо погіршувались. Так, за цього заходу щільність орного шару ґрунту в середньому у сівозміні на початок і середину вегетації підвищувалась відповідно на 3,7 і 2,1 %, а загальна пористість за таких умов знижувалась на 2,8 і 1,9 % відповідно. Однак, якщо врахувати абсолютні величини цих показників, за такої щільності і загальної пористості, яка складалась на фоні плоскорізного розпушування в системі основного зяблевого обробітку ґрунту, загалом створюються сприятливі умови для росту кореневої системи вирощуваних культур, і знизити їх продуктивність ці умови не могли.

Умови водного режиму, які склались на фоні плоскорізного обробітку (табл. 7) не могли спричинити зниження продуктивності вирощуваних культур, оскільки запаси доступної вологи в метровому шарі на середину і кінець

вегетації за плоскорізного обробітку в середньому у сівозміні були вищими відповідно на 6,1 і 6,4 %. Однак, якщо запаси доступної вологи в ґрунті на початок вегетації культур п'ятирічної сівозміни за плоскорізного зяблевого обробітку ґрунту були такими самими, як і за плужного обробітку, а на середину і кінець вегетації вони зростали на вказані вище величини (6,1 і 6,4 %), то можна передбачити, що в ці періоди вегетації міг вплинути чинник, який спричинив помітне зниження урожайності всіх культур сівозміни. Цим чинником була бур'яниста рослинність, яка негативно впливала на культурні рослини, знижуючи їх потребу у волозі. За даними таблиці 8, і потенційна, і актуальна забур'яненість посівів у середньому у сівозміні за плоскорізного обробітку порівняно з полицевою оранкою зростала відповідно на 32 і 27–31 %, хоча це зростання проти даних інших дослідників (табл. 4) було в три рази меншим.

Таблиця 7 – Запаси доступної вологи в метровому шарі ґрунту під посівами ярих культур на фоні плоскорізного розпушування, середнє за 2012–2017 рр.

Одиниці вимірювання	Культури в порядку чергування					Середнє у сівозміні
	Соя	Ріпак	Пшениця	Льон олійний	Ячмінь	
Початок вегетації						
Мм	161,3	167,9	174,1	172,8	164,5	168,2
% до оранки	100,1	99,3	99,5	100,0	100,7	99,9
Середина вегетації						
Мм	77,0	100,7	85,5	89,3	88,5	88,2
% до оранки	109,2	105,8	103,5	105,9	106,0	106,1
Кінець вегетації						
Мм	63,2	69,7	64,4	64,1	67,5	65,8
% до оранки	107,1	107,7	102,7	106,5	108,2	106,4

Таблиця 8 – Потенційна та актуальна забур'яненість посівів ярих культур п'ятирічної сівозміни на фоні плоскорізного розпушування на 20–22 см у відсотках до полицевої оранки, середнє за 2014–2016 рр.

Культури в порядку чергування	Вміст насіння бур'янів у шарі 0–10 см перед сівбою культур	Кількість бур'янів за різні періоди вегетації		
		Початок	Середина	Кінець
Ріпак	145	163	132	130
Пшениця	115	109	133	136
Соя	149	119	141	124
Льон олійний	136	122	133	144
Ячмінь	115	124	112	123
Середнє у сівозміні	132	127	130	131

Висновки. Зміни фізичного стану чорноземних ґрунтів під впливом заміни в системі основного обробітку ґрунту полицевої оранки плоскорізним розпушуванням були незначними: всі агрофізичні показники родючості орного шару за таких умов залишалися в межах оптимальності. Запаси доступної вологи в кореневмісному шарі від такої заміни не лише не знижувались, а й мали тенденцію до збільшення. Причиною зниження на 9,0 % урожайності вирощуваних за безполіцевого обробітку культур були бур'яни, кількість яких за плоскорізного розпушування порівняно з оранкою збільшувалась у середньому за даними літератури на 91 %, а у досліді – на 27–31 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антипова Л.К. Наукові основи та агротехнічні заходи вирощування люцерни на насіння в південному Степу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Херсон, 2010. 40 с.

2. Бойчук О.В. Вплив обробітку ґрунту на його родючість та продуктивність коротко ротажної плодозмінної сівозміни Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2015. 23 с.

3. Борис Н.Є. Продуктивність кукурудзи за різних способів основного обробітку ґрунту та сівки в коротко ротажній сівозміні Правобережного Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Чабани, 2017. 21 с.

4. Будьонний Ю.В., Шевченко М.В. Вплив довготривалого застосування різних способів основного обробітку ґрунту на зміну забур'яненості та урожайності культур ланки сівозміни. Забур'яненість посівів та засоби її зниження. Київ, 2002. С. 7–11.

5. Вахній С.П., Скалига О.С. Зміна агрофізичних властивостей ґрунту й урожайності зерна ячменю залежно від систем обробітку ґрунту у плодозмінній сівозміні центрального Лісостепу України. Наук. пр. Полтавської ДАА. Ч. (23). Полтава, 2005. С. 167–170.

6. Івакін О.В. Ефективність систем обробітку ґрунту та гербіцидів у польовій сівозміні східної частини Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ, 2012. 20 с.

7. Кирилюк В.П. Ефективність систем обробітку чорноземів опідзолених у ланці зерно-просапної сівозміни Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2003. 21 с.

8. Литвиненко І.В. Відтворення родючості ґрунту в агроценозі кукурудзи за екологізації землеробства в Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2012. 20 с.

9. Малієнко А.М., Борис Н.Є. Вплив способів основного обробітку і побічної продукції попередника на щільність складення ґрунту в сівозміні. Зб. наук. пр. Уманського НУС. Ч. 1. Вип. 89. Умань, 2016. С. 113–125.

10. Малярчук М.П. Агроекологічне обґрунтування основного обробітку ґрунту в сівозмінах на меліорованих землях південного Степу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2005. 40 с.

11. Масик І.М. Механічні та біологічні заходи зниження потенційної забур'яненості ріллі в умовах Лівобережного Лісостепу України: атореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2009. 20 с.

12. Агрофізичне обґрунтування способів основного обробітку ґрунту під цукрові буряки в умовах Правобережного Лісостепу України / Мірошник І.А. та ін. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Спец. вип. 3 (23). 3:1. Миколаїв, 2003. С. 223–228.

13. Найдюнова В.О. Вплив основного обробітку ґрунту та інокуляції насіння на продуктивність сої на зрошуваних землях Півдня України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Херсон, 2016. 20 с.

14. Павліченко А.А. Продуктивність плодозмінної сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення у Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Умань, 2019. 23 с.

15. Панченко О.Б. Відтворення родючості чорнозему типового залежно від систем основного обробітку ґрунту і удобрення в зерно просапній сівозміні Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2016. 22 с.

16. Пилипенко С.О. Вплив різних способів основного обробітку ґрунту на продуктивність цукрових буряків в Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ, 2008. 20 с.

17. Ременюк Ю.О. Продуктивність ланки сівозміни за різних обробітків ґрунту в умовах північного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2009. 22 с.

18. Скалига О.С. Продуктивність плодозмінної сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту та рівнів удобрення в центральному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ, 2008. 19 с.

19. Ямковий В.Ю. Мінімізація системи основного обробітку ґрунту під пшеницю озиму в Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2010. 20 с.

20. Ятчук В.Я. Вплив основного обробітку сірого лісового ґрунту на його родючість та продуктивність культур сівозміни у Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Чабани, 2010. 20 с.

21. Салихов А.С., Кадыров М.Д. Способы основной обработки почвы и урожайность яровых зерновых культур. Земледелие. 2004. № 4. С. 12–13.

22. Перчук В.В. Взаємодія рослин кукурудзи з бур'янами при застосуванні різних видів сидератів та систем основного обробітку ґрунту в Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2008. 20 с.

23. Бережняк Є.М. Протирозійна стійкість чорноземів типових Правобережного Лісостепу за різних агротехнічних заходів: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2007. 20 с.

24. Яценко С.В. Вплив ґрунтозахисних технологій на протирозійну стійкість та родючість чорнозему типового сильно змитого: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2008. 22 с.

25. Оленюк А.М. Обробіток ґрунту, удобрення й догляд за посівами цукрових буряків з елементами біологізації землеробства в Південно-західному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ, 2009. 20 с.

26. Тарасенко Г.О. Вплив основного обробітку ґрунту в чистому парі на продуктивність озимої пшениці: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Дніпропетровськ, 2007. 20 с.

27. Черячукін М.І. Наукове обґрунтування та розроблення заходів основного обробітку ґрунту в зональних системах землеробства Правобережного степу України: автореф. дис. ... д-ра. с.-г. наук. Київ, 2016. 51 с.

REFERENCES

1. Antypova, L.K. (2010). Naukovi osnovy ta agrotehnični zahody vyroshhuvannya ljucerny na nasinnja v pivdenному Stepі Ukraїny: avtoref. dis. ... d-ra s.-g. nauk [Scientific bases and agrotechnical measures of alfalfa cultivation on seeds in the southern Steppe of Ukraine: author's ref. dis. Doctor of agricultural science]. Kherson, 40 p.

2. Bojchuk, O.V. (2015). Vplyv obrobіtku g'runtu na jogo rodjuchist' ta produktyvnist' korotko rotacijnoi' plodozminnoi' sivozminy Pravobereznogo Lisostepu Ukraїny: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Influence of tillage on its fertility and productivity of short-rotation crop rotation of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural science]. Kyiv, 23 p.

3. Borys, N.Je. (2017). Produktyvnist' kukurudzy za riznyh sposobiv osnovnogo obrobіtku g'runtu ta sivby v korotko rotacijnij sivozmini Pravobereznogo Lisostepu: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Productivity of corn by different methods of basic tillage and sowing in the short-rotation crop rotation of the Right-Bank Forest-Steppe: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Chabanu, 21 p.

4. Bud'onnyj, Ju.V., Shevchenko, M.V. (2002). Vplyv dovgotryvaloogo zastosuvannya riznyh sposobiv osnovnogo obrobіtku g'runtu na zminu zabur'janenosti ta urozhajnosti kultur lanky sivozminy [The effect of long-term use of different methods of the main tillage to change weeds and crop yields]. Zabur'janenist' posiviv ta zasoby i'i' znyzhennja [Weediness of crops and means of reducing]. Kyiv, pp. 7–11.

5. Vahnij, S.P., Skalyga, O.S. (2005). Zmina agrofizychnyh vlastyvostej g'runtu j urozhajnosti zerna jachmenju zalezno vid system obrobіtku g'runtu u plodozminnij sivozmini central'nogo Lisostepu Ukraїny [Changes in agrophysical properties of soil and barley grain yield depending on tillage systems in crop rotation of the central forest-steppe of Ukraine]. Nauk. pr. Poltav's'koi' DAA [Science. pr. Poltav's'koi' 'DAA.], no. 23, pp. 167–170.

6. Ivakin, O.V. (2012). Efektyvnist' system obrobіtku g'runtu ta gerbicydiv u pol'ovij sivozmini shidnoi' chastyny Lisostepu Ukraїny: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk. [Efficiency of tillage systems and herbicides in field crop rotation of the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Dnipropetrovsk, 20 p.

7. Kyryljuk, V.P. (2003). Efektyvnist' system obrobіtku chornozemiv opidzolenyh u lanci zerno-prosapnoi' sivozminy Pravobereznogo Lisostepu Ukraїny: avtoref. dys. ... kand. s.-g. Nauk [Efficiency of podzolic chernozem cultivation systems in the link of grain-row crop rotation of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Kyiv, 21 p.

8. Lytvynenko, I.V. (2012). Vidtvorennya rodjuchosti g'runtu v agrocenozі kukurudzy za ekologizacii' zemlerobstva v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukraїny: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk. [Reproduction of soil fertility in the agrocenosis of corn during the greening of agriculture in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Kyiv, 20 p.

9. Malijenko, A.M., Borys, N.Je. (2016). Vplyv sposobiv osnovnogo obrobіtku i pobichnoi' produkcii' poperednyka na shhil'nist' skladennja g'runtu v sivozmini. [Influence of the methods of main cultivation and by-products of the predecessor on the density of soil composition in crop rotation.]. Zb. nauk. pr. Umans'kogo NUS [Collection of scientific works of Uman NUS], no. 89, pp. 113–125.

10. Maljarchuk, M.P. (2005). Agroekologichne obg'runtuvannya osnovnogo obrobіtku g'runtu v sivozminah na meliorovanyh zemljah pivdenного Stepі Ukraїny: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk. [Agroecological substantiation of basic tillage in crop rotations on reclaimed lands of the southern steppe of Ukraine: author's ref. dis. Doctor of agricultural sciences]. Kyiv, 40 p.

11. Masyk, I.M. (2009). Mehanichni ta biologichni zahody znyzhennja potencijnoi' zabur'janenosti rilli v umovah Livobereznogo Lisostepu Ukraїny: avtoref. dys. ... kand. s.-g. nauk [Mechanical and biological measures to reduce the potential weediness of arable land in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Kyiv, 20 p.

12. Miroshnyk, I.A., Cjuk, O.A., Dudchenko, V.M. (2003). Agrofizyчне obg'runtuvannya sposobiv osnovnogo obrobіtku g'runtu pid cukrovi burjaky v umovah Pravobereznogo Lisostepu Ukraїny [Agrophysical substantiation of methods of basic tillage for sugar beets in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Visnyk agrarnoi' nauky Prychornomor'ja [Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast], no. 3 (23), pp. 223–228.

13. Najd'onova, V.O., (2016). Vplyv osnovnogo obrobіtku g'runtu ta inokuljacii' nasinnja na produktyvnist' soi' na zroshuvanyh zemljah Pivdnja Ukraїny: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Influence of basic tillage and seed inoculation on soybean productivity in irrigated lands of the South of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Kherson, 20 p.

14. Pavlichenko, A.A. (2019). Produktyvnist' plodozminnoi' sivozminy zalezno vid system osnovnogo obrobіtku g'runtu ta udobrennja u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukraїny: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Productivity of crop rotation depending on the systems of basic tillage and fertilizer in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Uman, 23 p.

15. Panchenko, O.B., (2016). Vidtvorennya rodjuchosti chornozemu typovogo zalezno vid system osnovnogo obrobіtku g'runtu i udobrennja v zerno prosapnij sivozmini Pravobereznogo Lisostepu Ukraїny: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Reproduction of fertility of typical chernozem depending on systems of the basic tillage and fertilizer in grain of a row crop rotation of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Kyiv, 22 p.

16. Pylypenko, S.O. (2008). Vplyv riznyh sposobiv osnovnogo obrobіtku g'runtu na produktyvnist' cukrovyh burjakiv v Livoberezhnomu Lisostepu Ukraїny: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Influence of different methods of basic tillage on sugar beet productivity in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Dnipropetrovsk, 20 p.

17. Remenjuk, Ju.O. (2009). Produktyvnist' lanky sivozminy za riznyh obrobіtkiv g'runtu v umovah

pivnichnogo lisostepu Ukrainy: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Productivity of crop rotation at different tillage conditions in the northern forest-steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Kyiv, 22 p.

18. Skalyga, O.S. (2008). Produktivnist' plodozminnoi' sivozminy zalezho vid system osnovnogo obrobitku g'runtu ta rivniv udobrennja v central'nomu Lisostepu Ukrainy: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Productivity of crop rotation depending on the systems of basic tillage and fertilizer levels in the central Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Dnipropetrovsk, 19 p.

19. Jamkovyj, V.Ju. (2010). Minimalizacija systemy osnovnogo obrobitku g'runtu pid pshenyju ozymu v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Minimization of the system of basic tillage for winter wheat in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Kyiv, 20 p.

20. Jatchuk, V.Ja., (2010). Vplyv osnovnogo obrobitku sirogo lisovogo g'runtu na jogo rodjuchist' ta produktivnist' kul'tur sivozminy u Lisostepu Ukrainy: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Influence of the main cultivation of gray forest soil on its fertility and productivity of crop rotation crops in the Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Chabani, 20 p.

21. Salyhov, A.S., Kadyrov, M.D. (2004). Sposoby osnovnoj obrabotky pochvy u urozhajnost' jarovyh zernovyh kul'tur [Methods of basic tillage and yield of spring cereals]. Zemledelye [Agriculture], no. 4, pp. 12–13.

22. Perchuk, V.V. (2008). Vzajemodija roslyn kukurudzy z bur'janamy pry zastosuvanni riznyh vydiv syderativ ta system osnovnogo obrobitku gruntu v Lisostepu Ukrainy: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Interaction of corn plants with weeds when using different types of green manures and systems of basic tillage in the Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Kyiv, 20 p.

23. Berezhnjak, Je.M. (2007). Protierozijna stijkist' chornozemiv tipovyh Pravoberezhnogo Lisostepu za riznih agrotehnicnih zahodiv: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Anti-erosion resistance of typical chernozems of the Right-Bank Forest-Steppe under various agrotechnical measures: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Kyiv, 20 p.

24. Jacenko, S.V. (2008.). Vplyv g'runtozahysnyh tehnologij na protyeroziju stijkist' ta rodjuchist' chornozemu tipovogo syl'no zmytogo: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk [Influence of soil protection technologies on erosion resistance and fertility of typical heavily washed away chernozem: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Kyiv, 22 p.

25. Olenjuk, A.M. (2009). Obrobitok g'runtu, udobrennja j dogljad za posivamy cukrovyh burjakiv z elementamy biologizacij zemlerobstva v Pivdenno-zahidnomu Lisostepu Ukrainy: Avtoref. dis. kand. s.-g. nauk [Tillage, fertilization and care of sugar beet crops with elements of biologization of agriculture in the South-Western Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Dnipropetrovsk, 20 p.

26. Tarasenko, G.O. (2007). Vplyv osnovnogo obrobitku g'runtu v chystomu paru na produktivnist' ozymoi' psheny: avtoref. dis. ... kand. s.-g. nauk. [Influence of the main

tillage in pure steam on productivity of winter wheat: author's abstract. dis. Cand. of agricultural sciences]. Dnipropetrovsk, 20 p.

27. Cherjachukin, M.I. (2016). Naukove obg'runtuvannja ta rozroblennja zahodiv osnovnogo obrobitku g'runtu v zonal'nyh systemah zemlerobstva Pravoberezhnogo stepu Ukrainy: avtoref. dis. ... d-ra. s.-g. nauk [Scientific substantiation and development of measures of the basic tillage in zonal systems of agriculture of the Right-bank steppe of Ukraine: author's ref. dis. Doctor of agricultural sciences]. Kyiv, 51 p.

Причины снижения урожайности полевых культур на фоне плоскорезной основной обработки почвы Ещенко В.Е., Коваль Г.В., Калиевский М.В.

Целью исследований было на основе обзора литературы и собственных опытов, проведенных на черноземе оподзоленном в пятипольном севообороте соя – рапс яровой – пшеница яровая – лен масличный – ячмень яровой, установить причину снижения продуктивности посевов выращиваемых в опытах культур при замене в системе основной обработки отвальной вспашки плоскорезным рыхлением на соответствующие глубины. По данным литературы средняя из 15 культур их урожайность от такой замены снижалась на 9,0 %. На такую же величину снижалась средняя по севообороту урожайность яровых культур и в опыте. Такое снижение урожайности возделываемых в разных опытах культур на фоне плоскорезной обработки вместо вспашки не могло вызываться ухудшением физического состояния почвы из-за отсутствия последнего, ибо в 15 опытах согласно литературы плотность сложения пахотного слоя разных почв изменялась лишь на 0,7 % и содержание агрономически ценной структуры – на 0,1 %, а в опыте – соответственно на 2,1 и 1,4 % (в сторону улучшения). На 1,9 % в опыте также снижалась от использования вместо зяблевой вспашки плоскорезной обработки и общая скважность почвы в пахотном слое, оставаясь при этом в пределах допустимости.

Изменения водного режима согласно со сменой способа основной обработки почвы также не могли отрицательно проявиться на уровне продуктивности возделываемых у разных опытов культур. Кроме того, только в пяти публикациях из 15 запасы доступной влаги в корнеобитаемом слое от замены отвальной обработки безотвальной рыхлением снижались, а в остальных 10 они оставались без изменений или существенно увеличивались. Поэтому в опытах запасы доступной для растений почвенной влаги на фоне плоскорезного рыхления были на 1,7 % большими в сравнении со вспашкой. В опыте преимущество плоскорезной обработки перед вспашкой по запасам доступной влаги в метровом слое почвы на середину и конец вегетации яровых культур возрастало соответственно до 6,1 и 6,4 %. Однако средняя продуктивность посевов возделываемых в севообороте культур на фоне плоскорезной обработки была значительно (на 9,0 %) ниже по сравнению со вспашкой. Причиной этому могла быть почти на треть (на 27–31 %) выше засоренность посевов после безотвальной основной зяблевой обработки почвы.

Ключевые слова: пятипольный севооборот, физическое состояние почвы, запасы доступной влаги, засоренность посевов, урожайность культур.

The reasons for the decrease in the field crops yield against the background of flat-cut basic tillage

Yeshchenko V., Koval G., Kalievsky M.

The purpose of the research was to establish the reason for the decrease in the productivity of crops grown in the experiments under replacing the main processing of moldboard plowing with flat-cut loosening to appropriate depths based on a review of the literature and our own experiments conducted on podzolized chernozem in a five-field crop rotation of soybeans – spring rape – spring wheat – oil flax – spring barley. According to the research data, the average yield of 15 crops decreased by 9.0 % due to such replacement. In our experience, the average yield of spring crops decreased by the same amount. Such a decrease in the yield of crops cultivated in different experiments against the background of flat-cut cultivation instead of plowing could not be caused by a deterioration in the physical condition of the soil due to the absence of the latter, since in 15 experiments, according to the literature data, the density of the addition of the arable layer of different soils changed only by 0.7 % and the content of agronomically valuable structures – only by 0.1 %, and in our experience – respectively by 2.1 and 1.4 % (towards improvement). The total soil permeability in the arable layer also decreased by 1.9 % in our study due to the use of flat-

cut tillage instead of fall plowing, while remaining within the acceptable range.

Changes in the water regime related to the change in the method of basic soil cultivation could not negatively manifest at the level of productivity of crops cultivated in different experiments. In addition, only in five publications out of 15 the reserves of available moisture in the root layer decreased due to replacing moldboard cultivation with non-moldboard loosening, and in the rest 10 ones they remained unchanged or they increased significantly. Therefore, the reserves of soil moisture available against the background of flat-cut loosening were 1.7 % higher in comparison with plowing. In the experiment, the advantage of flat-cut cultivation over plowing in terms of available moisture reserves in a meter layer of soil at the middle and end of the growing season of spring crops increased to 6.1 and 6.4 %, respectively. The average productivity of crops cultivated in crop rotation against the background of flat-cut cultivation was significantly (by 9.0 %) lower in comparison with plowing. The reason for this could be almost a third (by 27–31 %) higher infestation of crops after the moldboard-free main autumn tillage.

Key words: five-field crop rotation, physical condition of the soil, reserves of available moisture, crops weediness, crop yield.



Copyright: Єщенко В.О., Коваль Г.В., Калієвський М.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Єщенко В.О.
Коваль Г.В.
Калієвський М.В.

<https://orcid.org/0000-0002-6109-822X>
<https://orcid.org/0000-0002-8000-919X>
<https://orcid.org/0000-0002-6895-8632>


АГРОНОМІЯ

УДК 633.111.1:631.526.32:632.934.1

Вплив передпосівного оброблення насіння різнокомпонентними протруйниками на стан пігментного комплексу пшениці озимої в умовах Південного Степу України

Кліпакова Ю.О. , Білоусова З.В. , Коротка І.О. , Кенєва В.А. 

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

 E-mail: Кліпакова Ю.О. yu.klipakova@gmail.com; Білоусова З.В. zoiazolotukhina@gmail.com; Коротка І.О. irina.plehun@gmail.com; Кенєва В.А. viktoriyakeneva@gmail.com



Кліпакова Ю.О., Білоусова З.В., Коротка І.О., Кенєва В.А. Вплив передпосівного оброблення насіння різнокомпонентними протруйниками на стан пігментного комплексу пшениці озимої в умовах Південного Степу України. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 59–67.

Klipakova Ju.O., Bilousova Z.V., Korotka I.O., Kenjeva V.A. Vplyv peredposivnogo obroblyennja nasinnja riznokomponentnyu protrujnykamy na stan pigmentnogo kompleksu pshenyци ozymoї v umovah Pivdenного Stepu Ukraїny. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 59–67.

Рукопис отримано: 24.03.2021 р.

Прийнято: 08.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-59-67

В умовах змін клімату наявні технології вирощування озимих зернових культур потребують постійного удосконалення. Розвиток листкової поверхні та якомога довше її збереження є головним вектором будь-якої технології вирощування пшениці озимої, особливо гостро це питання постає за нестабільних погодних умов.

Мета досліджень полягала у встановленні впливу різнокомпонентних та різнонаправлених протруйників на стан пігментного комплексу в листках рослин різних сортів пшениці озимої та його продуктивності впродовж вегетації.

Під час дослідження пігментного комплексу у листках рослин пшениці озимої у вегетативний період розвитку було встановлено, що в середньому за варіантами цей показник для сорту Антонівка був на рівні 7,17 мг/г, а для сорту Шестопаївка – 8,04 мг/г сухої речовини. Генеративний період позначився для обох сортів підвищенням вмісту хлорофілів і для рослин сорту Антонівка становив 8,19 мг/г та для сорту Шестопаївка – 8,22 мг/г сухої речовини, що на 14,2 та 2,2 % більше порівняно з вегетативним періодом.

Продуктивність хлорофілів у вегетативний період росту і розвитку рослин в середньому за варіантами для сорту Антонівка становила 5,14 мг сухої речовини/мг хлорофілів за добу, що на 28,4 % більше, ніж у сорту Шестопаївка (3,69 мг сухої речовини/мг хлорофілів за добу). З настанням генеративного періоду сорт Шестопаївка позначився більш стабільним пігментним комплексом, що підтверджується зростанням продуктивності хлорофілів у 2 рази проти попереднього періоду.

Отже, зростання кількості хлорофілів залежно від передпосівного оброблення обраними препаратами активніше відбувається у сорту Антонівка, однак за кількісним показником переважає сорт Шестопаївка. В умовах посушливого клімату помірне формування пігментів та збереження їх продуктивності стабілізує процеси дозрівання зерна, що і було відмічено для обох сортів за оброблення Ламардор та Ламардор з Гаучо.

Ключові слова: хлорофіл, пшениця озима, протруйник, продуктивність пігментів.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У період вегетації сільськогосподарських культур важливим завданням є збереження листкової поверхні в активному фотосинтезуючому стані, що надалі сприятиме зростанню продуктивності рослин [1]. Основною складовою фотосинтетичного апарату є пігменти, які відповідають за поглинання та

перетворення сонячної енергії в енергію хімічних сполук. Точна оцінка вмісту хлорофілу в листках важлива для характеристики загального стану живлення рослин. Отже, у сучасних інтенсивних технологіях вирощування пшениці озимої особливу увагу слід приділяти не лише подовженню роботи листкового апарату, а і підвищенню продуктивності функціонування

пігментів [2]. Згідно з даними Ничипоровича [3], 90–95 % сухої маси врожаю утворюється в процесі фотосинтезу і визначається середньодобовим приростом площі листової поверхні та продуктивністю її фотосинтезу.

Ураження рослин хворобами здебільшого супроводжується значним зниженням інтенсивності фотосинтезу внаслідок часткового відмирання листового апарату та зменшенням в ньому вмісту хлорофілу [4]. Багатьма дослідниками встановлено, що покращення елементів агротехніки позитивно впливає на пігментний комплекс рослин [5–7]. Саме вплив агротехнічних прийомів вирощування є одним із основних чинників збільшення запасів асимілятів для формування майбутнього врожаю [8].

У дослідженнях Мусієнко М.М. зі співавторами [9] зазначає, що велике значення необхідно приділяти адаптаційним можливостям сорту [10], бо саме від них залежить функціонування фотосинтетичного апарату рослин [11]. Підтверджено [12, 13], що в кожного сорту свої особливості у перебігу перикисного окиснення ліпідів, вмісту хлорофілів та каротиноїдів, формування сухої речовини, врожайності та якості зерна.

Інкустація насіння фунгіцидними та фунгіцидно-інсектицидними препаратами є однією із важливих умов попередження раннього ураження збудниками хвороб. Дослідженнями [3] встановлено, що передпосівне оброблення насіння пшениці озимої різноманітними протруйниками сприяло накопиченню більшої кількості фотосинтезуючих пігментів у листках порівняно із необробленими рослинами. Іншими дослідженнями [14] встановлено позитивний вплив фунгіцидного оброблення насіння диклобутразолом на вміст хлоропластних пігментів. Причому їх підвищений вміст пов'язаний не з прямим впливом на фотосинтетичні пігменти, а є наслідком формування більш здорових рослин із неураженою листовою поверхнею. Науковцями доведено [15, 16], що застосування бакових сумішей для протруювання насіння, компонентами яких є азолі (Ламардор, 0,15 л/т, Юнто Квадро, 1,5 л/т), мають ростстимулювальний ефект у період проростання насіння, позитивно впливають на фотосинтетичний апарат рослин і підвищують урожайність пшениці озимої на 0,44–0,68 т/га щодо контролю. Відомо, що системні фунгіциди, які містять у своєму складі такі діючі речовини як бензімідазоли, аніліни і піримідини, є фітотоксичними для рослин, тимчасом триазоли стимулюють фотосинтез [17]. Отже, важливим залишається питання вивчення впливу передпосівного оброблення насіння пшениці

озимої препаратами, які містять різні діючі речовини, на функціонування пігментного комплексу в рослинах пшениці озимої.

Метою дослідження було з'ясування особливостей впливу передпосівного оброблення насіння пшениці озимої на стан пігментного комплексу рослин у вегетативний та генеративний періоди їх розвитку.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили із використанням сортів пшениці озимої Антонівка і Шестопалівка, які рекомендовано для вирощування в зоні Степу України і характеризуються різними адаптаційними властивостями [10]. Сорт Антонівка належить до сильних пшениць інтенсивного типу, універсального використання, а сорт Шестопалівка – це перший сорт п'ятого покоління (з фізіологічно подвійною природою).

Польові дослідження проводили впродовж 2014–2017 рр. у стаціонарному досліді кафедри рослинництва у навчально-науковому центрі Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, який знаходиться в с. Лазурне Мелітопольського району Запорізької області (46°58'00" північної широти 35°08'00" східної довготи та 33 м над рівнем моря). Грунт дослідної ділянки – чорнозем південний із підвищеним вмістом гумусу, дуже низьким – легкогідролізованого азоту, підвищеним – рухомого фосфору та високим – обмінного калію. Реакція ґрунтового розчину – нейтральна.

За день до посіву насіння обох сортів пшениці озимої було оброблено різнокомпонентними протруйниками фунгіцидної та інсекто-фунгіцидної дії: Раксіл Ультра (0,25 л/т), Ламардор (0,2 л/т) та сумішшю Ламардор (0,2 л/т) + Гаучо (0,25 кг/т) [18]. Норма витрати робочого розчину – 10 л/т насіння. Контролем були варіанти без оброблення зазначеними препаратами.

Після підсушування насіння проводили посів у добре підготовлений ґрунт звичайним рядковим способом нормою 5,5 млн шт./га. Технологія вирощування пшениці озимої загальноприйнята для зони Південного Степу України, крім чинників, взятих на вивчення. Повторність дослідів чотириразова, площа дослідної ділянки 100 м², облікової – 50 м².

Концентрацію пігментів визначали в ацетонних витяжках спектрофотометрично за довжини хвилі 662 нм, 644 нм (хлорофіли а і b) і 470 нм (сума каротиноїдів) [19, 20] на спектрофотометрі 2800 UV/VIS СПЕКТРОФОТОМЕТР. Частку хлорофілів у світлозбиральному комплексі (СЗК) від їх загальної суми розраховували, виходячи з того, що весь хлорофіл b знахо-

диться в СЗК, а співвідношення хлорофілів а:б в ньому становить 1:1,2 [21]. Продуктивність функціонування хлорофілів розраховували як відношення приросту маси сухої речовини рослини до середнього значення вмісту хлорофілів у листках [19].

Одержані дані обробляли статистично методом дисперсійного аналізу.

Результати дослідження та обговорення.

Життєвий цикл рослин пшениці озимої можна розділити на три основні періоди розвитку: вегетативний, упродовж якого розвиваються листки і пагони; репродуктивний, коли розвиваються репродуктивні органи і період наливу зерна. Упродовж кожного із цих періодів у рослинах відбуваються значні фізіологічні та біохімічні зміни, які надалі обумовлюють величину майбутнього врожаю [22].

Хлорофіли є важливими фотосинтетичними пігментами, які поглинаючи світлову енергію сонця значною мірою обумовлюють фотосинтетичну здатність рослин, а відповідно, і продуктивність пшениці озимої. Водночас важливе значення в процесі фотосинтезу мають каротиноїди, біосинтез яких є генетично обумовленою ознакою, однак може залежати і

від умов навколишнього середовища та агротехніки вирощування культури.

Результати проведених досліджень доводять, що максимальний вміст фотосинтетичних пігментів (як хлорофілів, так і каротиноїдів) було зафіксовано у генеративний період розвитку рослин пшениці озимої (табл. 1), що узгоджується із результатами інших авторів [23], які свідчать, що максимальний вміст пігментів припадає на фазу початку цвітіння. Заразом суттєвий вплив на вміст та динаміку накопичення вказаних пігментів мали сортові особливості культури та передпосівне оброблення насіння різнокомпонентними протруйниками.

Так, у вегетативний період розвитку за вмістом хлорофілів а, b та їх суми було відмічено переважання сорту Шестопапівка, у якого кількість вказаних пігментів була на 10, 14 та 11 % відповідно більше порівняно із сортом Антонівка.

У генеративний період розвитку суттєвої різниці за вмістом хлорофілів між досліджуваними сортами відмічено не було. Водночас у цей період було зафіксовано зростання вмісту каротиноїдів на 8 % у рослинах пшениці озимої сорту Шестопапівка порівняно із сортом

Таблиця 1 – Вміст пігментів та їх співвідношення в листках рослин сортів пшениці озимої залежно від впливу досліджуваного чинника, середнє за 2015–2017 рр.

Сорт (чинник А)	Протруйник (чинник В)	Хлорофіл, мг/г СР			Каротино- їди, мг/г СР	$\frac{\text{Хл. а}}{\text{Хл. б}}$	$\frac{\text{Хл}}{\text{Кар}}$
		а	б	а+б			
Вегетативний період (ВВСН 23 - ВВСН 35)							
Антонівка	Контроль (вода)	4,76	1,66	6,43	1,75	2,89	3,67
	Раксіл Ультра	5,23	1,97	7,21	2,09	2,67	3,46
	Ламардор	5,11	1,97	7,08	2,07	2,61	3,42
	Ламардор+Гаучо	5,82	2,16	7,97	2,23	2,70	3,58
Шестопапівка	Контроль (вода)	5,12	1,90	7,02	1,92	2,69	3,66
	Раксіл Ультра	5,63	2,14	7,77	2,03	2,63	3,83
	Ламардор	5,98	2,35	8,33	2,18	2,55	3,83
	Ламардор+Гаучо	6,30	2,47	8,77	2,31	2,55	3,80
НІР ₀₅	чинника А	0,26	0,15	0,40	0,15	-	-
	чинника В	0,07	0,06	0,08	0,02	-	-
Генеративний період (ВВСН 57 - ВВСН 75)							
Антонівка	Контроль (вода)	5,37	1,94	7,31	1,85	2,78	3,99
	Раксіл Ультра	6,17	2,45	8,61	2,20	2,54	3,94
	Ламардор	5,82	2,25	8,07	2,10	2,58	3,87
	Ламардор+Гаучо	6,32	2,43	8,75	2,32	2,59	3,83
Шестопапівка	Контроль (вода)	5,38	1,96	7,34	2,06	2,74	3,56
	Раксіл Ультра	5,73	2,23	7,96	2,22	2,57	3,59
	Ламардор	6,07	2,50	8,58	2,36	2,43	3,63
	Ламардор+Гаучо	6,61	2,74	9,36	2,51	2,42	3,71
НІР ₀₅	чинника А	0,32	0,22	0,54	0,02	-	-
	чинника В	0,05	0,03	0,06	0,02	-	-

Антонівка. Це може бути свідченням вищої адаптивності рослин сорту Шестопапівка до несприятливих погодних умов [10], які характерні для другої половини весняної вегетації [24], оскільки саме каротиноїди беруть участь в окисно-відновних реакціях організму та мають захисну функцію.

Застосування для передпосівного оброблення насіння різнокомпонентних протруйників сприяло зростанню вмісту пігментів для обох досліджуваних сортів упродовж усього періоду вегетації на 6–30 % залежно від варіанта оброблення. Причому найвищу ефективність вказаного агроприйому було відмічено за використання фунгіцидно-інсектицидної суміші Ламардор + Гаучо, що проявилось у збільшенні вмісту пігментів у вегетативний період розвитку для сорту Антонівка на 22–30 %, а для сорту Шестопапівка – на 20–30 % порівняно з контролем. Слід зазначити, що у генеративний період розвитку дещо знизився вплив передпосівного оброблення на накопичення пігментів рослинами сорту Антонівка і зростання вказаного показника було лише 18–25 % порівняно з контролем. Для рослин сорту Шестопапівка, навпаки, було зафіксовано зростання ефективності цього агроприйому, що особливо позначилося на збільшенні вмісту хлорофілу *b* на 40 % порівняно з контролем. Таке збільшення може бути зумовлене адаптацією рослин пшениці озимої сорту Шестопапівка до нестачі сонячного освітлення і підтверджує високу пластичність цього сорту.

Окрім загальної кількості хлорофілів, важливим параметром для оцінювання роботи фотосинтезуючої системи є співвідношення хлорофілів *a/b*. Вважається, що в середньому для вищих рослин співвідношення цих пігментів становить 3:1 [25]. Однак можна припустити, що ця пропорція буде змінюватись залежно від стадії розвитку культури, агротехніки вирощування та під впливом зовнішніх умов. Отже, співвідношення хлорофілів *a/b* може бути використано як характеристика пристосування рослин до стресових умов середовища.

У дослідженні співвідношення Хл.*a*/Хл.*b* було вищим у вегетативний період розвитку рослин пшениці озимої порівняно із генеративним, що може бути причиною посилення стресових умов вегетації у другій половині весни.

Серед досліджуваних сортів у вегетативний період розвитку вищим співвідношенням зелених пігментів характеризувався сорт Антонівка, тимчасом у генеративний період суттєвої різниці між сортами відмічено не було.

Застосування передпосівного оброблення насіння різнокомпонентними протруйниками

сприяло зменшенню співвідношення Хл.*a*/Хл.*b* за всіх варіантів оброблення для обох досліджуваних сортів упродовж усього періоду вегетації. Враховуючи загальне збільшення вмісту пігментів за використання протруйників, можна припустити, що вказаний агроприйом сприяє зростанню адаптаційних властивостей фотосинтетичного апарату рослин пшениці озимої завдяки більш активному утворенню хлорофілу *b*.

Співвідношення хлорофіли / каротиноїди часто використовують як індикатор старіння, стресу або пошкодження фотосинтетичного апарату рослин [26]. Отримані результати доводять, що у генеративний період розвитку відбувається зростання співвідношення Хл/Кар порівняно із вегетативним для сорту Антонівка за всіх варіантів передпосівного оброблення насіння, що свідчить як про старіння рослинного організму, так і зростання дії зовнішніх стрес-чинників. Для сорту Шестопапівка, навпаки, у генеративний період розвитку було відмічено зниження вказаного співвідношення за всіх варіантів передпосівного оброблення насіння, що є наслідком адаптації рослин до стресових умов вирощування.

Світлозбиральний комплекс (СЗК) характеризує ту кількість хлорофілів, які беруть участь у передачі поглинутої енергії на пігментно-білковий комплекс і мають важливе значення в регуляції світлової стадії фотосинтезу [27]. Із погіршенням умов вегетації активність СЗК зростає, що дає можливість фотосинтетичному апарату пристосуватися до несприятливих змін.

Досліджувані сорти пшениці озимої характеризуються різною активністю СЗК залежно від передпосівного оброблення насіння та періодів розвитку рослин (рис. 1).

Так, рослини сорту Антонівка характеризувалися дещо нижчою активністю світлозбирального комплексу порівняно із сортом Шестопапівка як у вегетативний період розвитку, так і генеративний. Заразом для обох сортів була характерною тенденція зростання активності СЗК у генеративний період розвитку, що обумовлено адаптацією рослин до стресових умов вегетації.

Застосування передпосівного оброблення насіння різнокомпонентними протруйниками сприяло зростанню активності СЗК для сорту Антонівка на 5–8 % та для сорту Шестопапівка – на 2–9 % в середньому за період вегетації порівняно з контролем. Причому найвищу ефективність для сорту Антонівка було відмічено за застосування протруйника Ламардор, а для сорту Шестопапівка – як протруйника Ла-

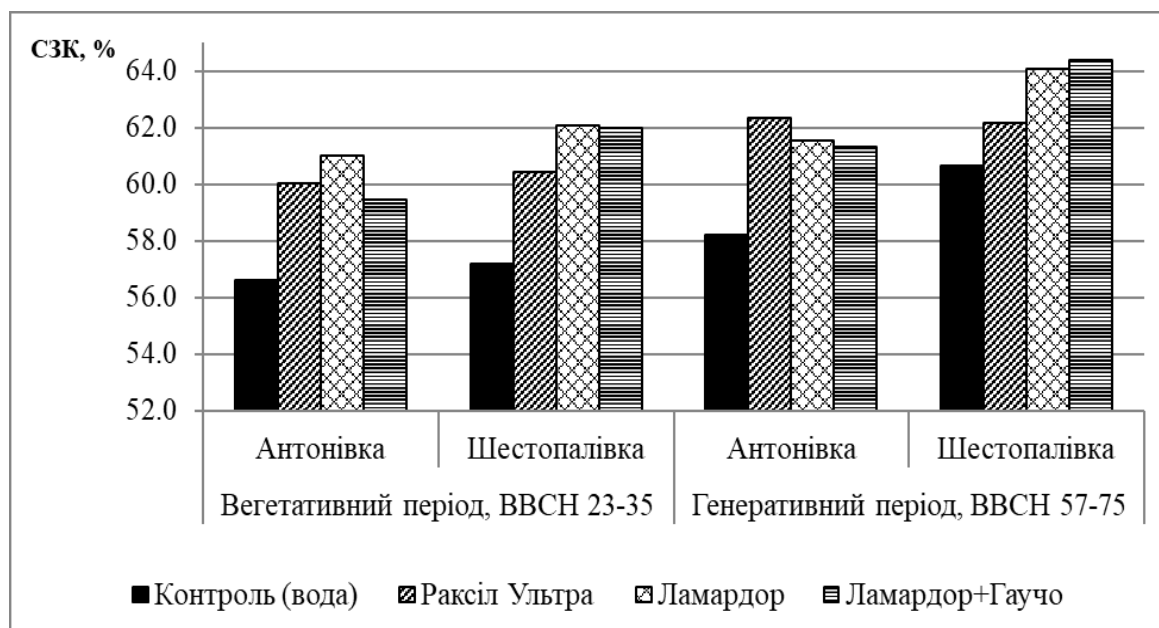


Рис. 1. Активність світлозбирального комплексу рослин пшениці озимої залежно від досліджуваного чинника, середнє за 2015–2017 рр.

мардор, так і його суміші з препаратом Гаучо. Отримані дані свідчать про позитивний вплив цього агроприйому на пристосування рослин до стресових умов періоду вегетації.

Результатом ефективності функціонування фотосинтезуючої системи є маса сухої речовини, асимільованої в рослині одиницею хлорофілів за одиницю часу, яка надалі обумовлює продуктивність рослин [21].

Проведеними дослідженнями встановлено, що продуктивність хлорофілів мала сортові особливості і залежала від передпосівного оброблення насіння та періоду розвитку рослин (табл. 2).

У вегетативний період розвитку за продуктивністю хлорофілу було відмічено чітке переважання сорту Антонівка, у якого вказаний показник був на 28 % більшим порівняно із сортом Шестопалівка. Підвищення активності функціонування хлорофілів у листках рослин сорту Антонівка може бути пов'язане із дещо нижчим вмістом хлорофілів у цей період, ніж у листках іншого сорту. У репродуктивний період розвитку відбулося суттєве зростання продуктивності хлорофілу в листках рослин пшениці озимої сорту Шестопалівка, тому значної різниці між досліджуваними сортами за вказаним показником відмічено не було. Отже, в

Таблиця 2 – Продуктивність хлорофілу в листках рослин пшениці озимої залежно від досліджуваних чинників, мг СР/мг хлорофілів за добу, середнє за 2015–2017 рр.

Сорт (чинник А)	Протруйник (чинник В)	Вегетативний період (ВВСН 23 – ВВСН 35)	Генеративний період (ВВСН 57 – ВВСН 75)
Антонівка	Контроль (вода)	4,93	4,93
	Раксіл Ультра	5,02	5,88
	Ламардор	5,13	10,29
	Ламардор+Гаучо	5,47	9,61
Шестопалівка	Контроль (вода)	3,27	5,54
	Раксіл Ультра	3,60	7,16
	Ламардор	3,86	7,99
	Ламардор+Гаучо	4,02	8,61
НІР ₀₅	чинника А	0,15	0,26
	чинника В	0,08	0,28

другій половині вегетації спостерігалася активізація роботи хлорофілів у листках рослин сорту Шестопалівка як результат адаптації до стресових умов, що узгоджується із наведеною вище інформацією.

Передпосівне оброблення насіння різнокомпонентними протруйниками сприяло зростанню продуктивності хлорофілів у листках рослин обох досліджуваних сортів пшениці озимої. Так, у вегетативний період розвитку зростання вказаного показника було на рівні 2–11 % для сорту Антонівка та 10–23 % для сорту Шестопалівка порівняно із варіантом без використання протруйника. У репродуктивний період збільшилося значення передпосівного оброблення в активізації роботи хлорофілів, що проявилось у збільшенні їх продуктивності в 1,2–2,1 раза для сорту Антонівка та у 1,3–1,5 раза для сорту Шестопалівка порівняно з контролем. Слід відмітити, що найвищою ефективністю впливу на вказаний показник для сорту Антонівка характеризувався варіант із застосуванням протруйника Ламардор, тимчасом для сорту Шестопалівка – сумісне використання фунгіцидного препарату Ламардор та Гаучо, який характеризується інсектецидною дією.

Статистичне оброблення підтверджує отримані дані. Так, найбільша частка впливу на продуктивність хлорофілу в листках рослин пшениці озимої у вегетативний період розвитку мав чинник сорту – 86,1 %. Частка впливу передпосівного оброблення насіння становила 10,2 %. Водночас із настанням генеративного періоду значення сорту зменшилося до 20,1 %, а передпосівного оброблення насіння протруйником – зросло до 74,3 %.

Отже, різний тип розвитку сортів обраних для дослідження, які мали суттєві відмінності у накопиченні та руйнуванні пігментів, обумовив характер впливу різнокомпонентного передпосівного оброблення на пігментний комплекс рослин та його продуктивність, що і позначилось на величині та якості отриманого врожаю [12, 28].

Висновки. За результатами досліджень сортів пшениці озимої різняться як за динамікою накопичення пігментів, так і за ефективністю їх функціонування. Так, у середньому за весь досліджуваний період вегетації за формуванням пігментів було відмічено переважання сорту Шестопалівка, у якого вміст хлорофілів та каротиноїдів був на 6 % вищим порівняно із сортом Антонівка. Це свідчить про кращу адаптацію рослин цього сорту до ґрунтово-кліматичних умов регіону вирощування. Продуктивність функціонування хлорофілів у листках пшениці озимої підтверджує вказану інформацію.

Застосування для передпосівного оброблення насіння пшениці озимої різнокомпонентних протруйників сприяло зростанню вмісту пігментів та їх активності, що проявилось у збільшенні кількості хлорофілів у середньому за досліджуваний період на 10–22 % для сорту Антонівка та на 10–26 % для сорту Шестопалівка, а каротиноїдів – на 16–26 та 7–21 % відповідно порівняно з контролем за одночасного зростання їх активності. Причому найвищою ефективністю характеризувалися варіанти із використанням протруйника Ламардор та його суміші із препаратом Гаучо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Use of a leaf chlorophyll content index to improve the prediction of above-ground biomass and productivity / Liu C. et al. PeerJ. 2019. Vol. 6. P. e6240. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.6240>
2. Вожегова Р.А., Сергєєв Л.А. Фотосинтетична діяльність насінневих посівів пшениці озимої залежно від удобрення та захисту рослин в умовах Півдня України. Наукові доповіді НУБіП України. Київ, 2018. № 2 (72). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/10644/9361>.
3. Ничипорович А.А. Фотосинтез и урожай. Москва: Знание, 1966. 48 с.
4. Чусовітіна Н.М., Неллій Л.В. Вплив жовтої іржі на вміст хлорофілів, каротиноїдів та загальних цукрів в озимій пшениці на півдні України. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. Харків, 2015. № 19. С. 116–124.
5. Стасик О.О., Кірізій Д.А. Регуляторні зв'язки і лімітувальні чинники в системі фотосинтезу – продукційний процес та перспективи їх оптимізації. Физиология и биохимия культурных растений. Київ, 2011. Т. 43. № 3. С. 226–238.
6. Каленська С., Шутий О. Формування пігментів фотосинтезу у листках рослин пшениці твердої ярої залежно від мінерального живлення. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Київ, 2016. № 20. С. 355–363.
7. Winter wheat grain yield response to fungicide application is influenced by cultivar and rainfall / Byamukama E. et al. The plant pathology journal. 2019. Vol. 35. № 1. P. 63–70. DOI: <https://dx.doi.org/10.5423%2FPPJ.OA.04.2018.0056>
8. Маренич М.М. Вплив передпосівної обробки насіння на вміст фотосинтетичних пігментів у листках пшениці озимої. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агроніомія і біологія. Суми, 2017. № 9. С. 51–56.
9. Мусієнко М., Таран Н., Стороженко В. Фенотипування за біохімічними маркерами фізіологічної відповіді рослин для скринінгу сортів озимої пшениці. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Київ, 2018. Вип. 23. № 2. С. 42–47. DOI: http://dx.doi.org/10.17721/2616_6410.2017.23.42-47.
10. Білоусова З.В. Оцінка адаптивного потенціалу сортів пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) в умовах

південного степу України. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2018. № 3. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.03.013>.

11. Ефективність використання фотосинтетично активної радіації посівами озимої пшениці / Прядкіна Г.О. та ін. Вісник Харківського національного аграрного університету. Біологія. Харків, 2019. Вип. 1 (46). С. 23–34.

12. Урожайність пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння / Кліпакова Ю.О. та ін. Вісник аграрної науки. Київ, 2019. № 4. С. 16–23.

13. Improvement of Photosynthesis and Photosynthetic Productivity of Winter Wheat by Cold Plasma Treatment under Haze Condition / Saberi M. et al. Journal of Agricultural Science & Technology. 2019. Vol. 21. № 7. P. 1889–1904.

14. Khalil I.A., Mercer E.L. Effect of diclobutrazol on the growth and sterol and photosynthetic pigment content of winter wheat. Pesticide science. 1990. Vol. 28. № 3. P. 271–281.

15. Грицюк Н.В., Дереча О.А., Бакланова А.В. Ефективність комплексного застосування препаратів різного походження проти фузаріозної кореневої гнилі пшениці озимої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава, 2019. № 3. С. 57–64.

16. Дубовик Д.Ю. Ефективність застосування біодобрив за протруювання насіння пшениці м'якої озимої. Вісник аграрної науки. Київ, 2017. № 5. С. 60–62.

17. Geetha A. Phytotoxicity Due to Fungicides and Herbicides and Its Impact in Crop Physiological Factors. Advances in Agriculture Sciences / Chief Editor Dr. RK Naresh. 2019. P. 29–66.

18. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ: Юнівест Медіа, 2016. 1024 с.

19. Мусиенко М.М., Паршикова Т.В., Славный Л.С. Спектрофотометрические методы в практике физиологии, биохимии и экологии растений. Москва: Фитосоциодентр, 2001. 200 с.

20. Маслова Т.Г., Попова И.А., Попова О.Ф. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов. Физиология растений. 1986. № 3. С. 615–619.

21. Куренкова С.В., Маслова С.П., Табаленкова Г.Н. Влияние регуляторов роста и ценотического фактора на пигментный комплекс многолетних злаков. Физиология и биохимия культурных растений. Киев, 2007. Т. 39. № 5. С. 391–399.

22. Sharma R.C. Duration of the vegetative and reproductive period in relation to yield performance of spring wheat. European Journal of Agronomy. 1992. Vol. 1. Issue 3. P. 133–137. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(14\)80062-2](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(14)80062-2).

23. Simova-Stoilova, Lj., Stoyanova, Z., Demirevska-Kepova, K. Ontogenic changes in leaf pigments, total soluble protein and Rubisco in two barley varieties in relation to yield. Bulg. J. Plant Physiology. 2001. Vol. 27(1–2). P. 15–24.

24. Influence of the Growth Regulator Application Method on Antioxidant Plant System Activity of Winter Wheat (*Triticum Aestivum* L.) / Bilousova Z. et al. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer, Cham, 2019. P. 615–622.

25. Katayama Y., Shida S. Studies on the Change of Chlorophyll a and b Contents Due to Projected Materials and

Some Environmental Conditions. Cytologia. 1970. Vol. 35. P. 171–180.

26. Filimon R.V., Rotaru L., Filimon R.M. Quantitative investigation of leaf photosynthetic pigments during annual biological cycle of *Vitis vinifera* L. Table Grape Cultivars. S. Afr. J. Enol. Vitic. 2016. Vol. 37. No 1. P. 1–14.

27. Сиваш О.О., Михайленко Н.Ф., Золотарьова О.К. Варіація співвідношення вмісту хлорофілів а і b при адаптації рослин до зовнішніх чинників. Вісник Харківського національного аграрного університету. Біологія. Харків, 2018. № 3 (45). С. 49–73.

28. Кліпакова Ю.О., Білоусова З.В. Вплив передпосівної обробки насіння та погодних умов року на урожайність та якість зерна пшениці озимої. Зрощуване землеробство. Херсон, 2018. Вип. 69. С. 41–45.

REFERENCES

1. Liu, C. (2019). Use of a leaf chlorophyll content index to improve the prediction of above-ground biomass and productivity. PeerJ. 2019. Vol. 6. e6240. Available at: <https://doi.org/10.7717/peerj.6240>

2. Vozhegova, R.A., Sergjejev, L.A. (2018). Fotosyntetychna dij'al'nist' nasinnjevyh posiviv pshenyci ozymoї' zalezno vid udobrennja ta zahystu roslyn v umovah Pivdnja Ukrai'ny [Photosynthetic activity of seed wheat sows of winter dependence on fertilization and protection of plants under the conditions of the South of Ukraine]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrai'ny [Scientific reports of NULES of Ukraine], no. 2(72). Available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/10644/9361>

3. Nichiporovich, A.A. (1966). Fotosintez i urozhaj [Photosynthesis and harvest]. Moscow, Knowledge, 48 p.

4. Chusovitina, N.M., Neplij, L.V. (2015). Vplyv zhovtoi' irzhi na vmist hlorofiliv, karotynoi'div ta zagal'nyh cukriv v ozymij pshenyci na pivdni Ukrai'ny [Effects of yellow rust on of chlorophyll, carotenoid and total sugar contents in winter wheat leaves in Southern Ukraine]. Visnyk Centru naukovogo zabezpechennja APV Harkivs'koi' oblasti [Bulletin of the Center for Scientific Support of the APV of Kharkiv region], no. 19, pp. 116–124.

5. Stasyk, O.O., Kirizij, D.A. (2011). Reguljatorni zv'jazky i limituval'ni chynnyky v systemi fotosyntezy – produkcyjnyj proces ta perspektyvy i'h optymizacij [Regulatory mechanisms and limiting factors in the photosynthesis – productivity relationships and prospects for their optimization]. Fiziologija i biokhimiya kul'turnyh rastenij [Plant physiology and genetics], no. 43(3), pp. 226–238.

6. Kalens'ka, S., Shutyj, O. (2016). Formuvannja pigmentiv fotosyntezy u lystkah roslyn pshenyci tverdoi' jaroi' zalezno vid mineral'nogo zhyvlennja [Formation of photosynthesis pigments in the leaves of durum wheat depending on mineral nutrition]. Tehniko-tehnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannja novoi' tehniky i tehnologij dlja sil'skogo gospodarstva Ukrai'ny [Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine], no. 20, pp. 355–363.

7. Byamukama, E. (2019). Winter wheat grain yield response to fungicide application is influenced by cultivar and rainfall. The plant pathology journal. Vol. 35, no. 1, pp. 63–70. Available at: <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.04.2018.0056>

8. Marenych, M.M. (2017). Vplyv przedposivnoi' obrobky nasinnja na vmist fotosyntetychnyh pigmentiv

u lystkah pshenyци ozymoi' [Influence of preplant seed treatment on the content of photosynthetic pigments in the leaves of winter wheat]. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu. Agronomija i biologija* [Bulletin of Sumy National Agrarian University. Agronomy and Biology], no. 9, pp. 51–56.

9. Musijenko, M., Taran, N., Storozhenko, V. (2018). Fenotypuvannya za biokhimichnymi markeramy fiziologichnoi' vidpovidi roslyn dlja skryningu sortiv ozymoi' pshenyци [Phenotyping by biochemical markers of physiological response of plants for screening of winter wheat varieties]. *Visnyk Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka* [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv], no. 23(2), pp. 42–47. Available at: http://dx.doi.org/10.17721/2616_6410.2017.23.42-47.

10. Bilousova, Z. (2018). Evaluation of adaptive potential of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties in the conditions of Southern steppe of Ukraine. *Scientific reports of NULES of Ukraine*. no. 3. Available at: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidy2018.03.013>.

11. Prjadkina, G.O., Stasyk, O.O., Kapitans'ka, O.S., Jarmol's'ka, O.Je., Cukrenko, N.V. (2019). Efektyvnist' vykorystannya fotosyntetychno aktyvnoi' radiacii' posivamy ozymoi' pshenyци [Efficiency of using photosynthetically active radiation by winter wheat crops]. *Visnyk Harkivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu. Biologija* [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Biology], no. 1 (46), pp. 23–34.

12. Klipakova, Yu., Priss, O., Bilousova, Z., Yeremenko, O. (2019). Productivity of winter wheat depending on presowing cultivation of seeds. *Bulletin of Agricultural Science*. no. 4, pp. 16–23.

13. Saberi, M., Modarres-Sanavy, S.A.M., Zare, R., Ghomi, H. (2019). Improvement of Photosynthesis and Photosynthetic Productivity of Winter Wheat by Cold Plasma Treatment under Haze Condition. *Journal of Agricultural Science & Technology*. Vol. 21, no. 7, pp. 1889–1904.

14. Khalil, I.A., Mercer, E.L. (1990). Effect of diclobutrazol on the growth and sterol and photosynthetic pigment content of winter wheat. *Pesticide science*. Vol. 28, no. 3, pp. 271–281.

15. Grycjuk, N.V., Derecha, O.A., Baklanova, A.V. (2019). Efektyvnist' kompleksnogo zastosuvannya preparativ riznogo pohodzhennja proty fuzarioznoi' korenevoi' gnyli pshenyци ozymoi' [The effectiveness of the integrated use of drugs of different origins against fusarium root rot of winter wheat]. *Visnyk Poltav's'koi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii'* [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy], no. 3, pp. 57–64.

16. Dubovyk, D.Ju. (2017). Efektyvnist' zastosuvannya biodobryv za protrujuvannya nasinnja pshenyци m'jakoi' ozymoi' [The effectiveness of biofertilizers for the treatment of soft winter wheat seeds]. *Visnyk agrarnoi' nauky* [Bulletin of Agricultural Science], no. 5, pp. 60–62.

17. Geetha, A. (2019). Phytotoxicity Due to Fungicides and Herbicides and Its Impact in Crop Physiological Factors. *Advances in Agriculture Sciences* / Chief Editor Dr. RK Naresh. pp. 29–66.

18. Perelik pestycydiv i agrohimiaktiv, dozvolenyh do vykorystannya v Ukraini [List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. Kyiv, Junivest Media, 2016, 1024 p.

19. Musienko, M.M., Parshikova, T.V., Slavnyj, L.S. (2001). Spektrofotometricheskie metody v praktike fiziologii, biohimii i jekologii rastenij [Spectrophotometric methods in the practice of physiology, biochemistry and plant ecology]. Moscow, Fitosociocentr, 200 p.

20. Maslova, T.G., Popova, I.A., Popova, O.F. (1986). Kriticheskaja ocenka spektrofotometricheskogo metoda kolichestvennogo opredelenija karotinoidov [Critical evaluation of the spectrophotometric method for the quantification of carotenoids]. *Fiziologija rastenij* [Plant physiology], no. 3, pp. 615–619.

21. Kurenkova, S.V., Maslova, S.P., Tabalenkova, G.N. (2007). Vlijanie reguljatorov rosta i cenoticheskogo faktora na pigmentnyj kompleks mnogoletnih zlakov [Influence of growth regulators and coenotic factor on the pigment complex of perennial cereals]. *Fiziologija i biohimija kul'turnyh rastenij* [Physiology and biochemistry of cultivated plants], no. 39(5), pp. 391–399.

22. Sharma, R.C. (1992). Duration of the vegetative and reproductive period in relation to yield performance of spring wheat. *European Journal of Agronomy*. Vol. 1, Issue 3, pp. 133–137. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(14\)80062-2](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(14)80062-2).

23. Simova-Stoilova, Lj., Stoyanova, Z., Demirevska-Kepova, K. (2001). Ontogenic changes in leaf pigments, total soluble protein and Rubisco in two barley varieties in relation to yield. *Bulg. J. Plant Physiology*. Vol. 27(1–2), pp. 15–24.

24. Bilousova, Z. (2019). Influence of the Growth Regulator Application Method on Antioxidant Plant System Activity of Winter Wheat (*Triticum Aestivum* L.). *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer, Cham. pp. 615–622.

25. Katayama, Y., Shida, S. (1970). Studies on the Change of Chlorophyll a and b Contents Due to Projected Materials and Some Environmental Conditions. *Cytologia*. Vol. 35, pp. 171–180.

26. Filimon, R.V., Rotaru, L., Filimon, R.M. (2016). Quantitative investigation of leaf photosynthetic pigments during annual biological cycle of *Vitis vinifera* L. *Table Grape Cultivars*. S. Afr. J. Enol. Vitic. Vol. 37, no. 1, pp. 1–14.

27. Syvash, O.O., Myhajlenko, N.F., Zolotar'ova, O.K. (2018). Variacija spivvidnoshennja vmistu hlorofiliv a i b pry adaptacii' roslyn do zovnishnih chynnykiv [Variation of the ratio of chlorophyll a and b in the adaptation of plants to external factors]. *Visnyk Harkivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu. Biologija* [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Biology], no. 3 (45), pp. 49–73.

28. Klipakova, Yu.A., Bilousova, Z.V. (2018). The influence of presowing seed treatment and weather conditions on the yield and quality of wheat grain in winter. *Irrigated farming*. Vol. 69, pp. 41–45.

Влияние предпосевной обработки семян разнокомпонентными протравителями на состояние пигментного комплекса пшеницы озимой в условиях Южной Степи Украины

Клипакова Ю.А., Белоусова З.В., Короткая И.А., Кенева В.А.

В условиях изменений климата существующие технологии выращивания озимых зерновых культур требуют постоянного усовершенствования. Развитие листовой поверхности и наиболее долгое ее сохранение являются

главным вектором любой технологии выращивания пшеницы озимой, особенно остро этот вопрос возникает при нестабильных погодных условиях.

Цель исследований была в установлении влияния разнокомпонентных и разнонаправленных протравителей на состояние пигментного комплекса в листьях растений разных сортов пшеницы озимой и его продуктивности на протяжении вегетации.

При исследовании пигментного комплекса в листьях растений пшеницы озимой в вегетативный период развития было установлено, что в среднем по вариантам этот показатель для сорта Антоновка был на уровне 7,17 мг/г, а для сорта Шестопаповка – 8,04 мг/г сухого вещества. Генеративный период характеризовался для обоих сортов повышением содержания хлорофилла и для растений сорта Антоновка составлял 8,19 мг/г, а для сорта Шестопаповка – 8,22 мг/г сухого вещества, что на 14,2 и 2,2 % больше по сравнению с вегетативным периодом.

Продуктивность хлорофиллов в вегетативный период роста и развития растений в среднем по вариантам для сорта Антоновка составила 5,14 мг сухого вещества/мг хлорофиллов в сутки, что на 28,4 % больше, чем у сорта Шестопаповка (3,69 мг сухого вещества/мг хлорофиллов в сутки). С наступлением генеративного периода сорт Шестопаповка характеризовался более стабильным пигментным комплексом, что подтверждается увеличением продуктивности хлорофиллов в 2 раза относительно предыдущего периода.

Следовательно, увеличение количества хлорофиллов в зависимости от предпосевной обработки исследуемыми препаратами активнее происходит у сорта Антоновка, но по количественным показателям преобладает сорт Шестопаповка. В условиях засушливого климата постепенное формирование пигментов и сохранение их продуктивности стабилизирует процессы созревания зерна, что и было отмечено для обоих сортов при обработке семян препаратом Ламардор и Ламардор с Гаучо.

Ключевые слова: хлорофилл, пшеница озимая, протравитель, продуктивность пигментов.

Influence of seed pre-sowing treatment with multi-component treaters on the condition of winter wheat pigment complex in the Southern Steppe of Ukraine

Klipakova Yu., Bilousova Z., Korotka I., Keneva V.

In the conditions of climate change, the existing technologies for winter grain crops growing need constant improvement. Development of the leaf surface and its longest preservation is the main vector of any technology for growing winter wheat, and this issue is especially important in unstable weather conditions.

The aim of the research was to establish the influence of multicomponent and multidirectional seed treaters on the state of pigment complex in the leaves of plants of different winter wheat varieties and its productivity during the growing season.

When studying pigment complex in the leaves of winter wheat plants in the vegetative period of development this indicator for Antonivka variety was found to be 7.17 mg/g of dry matter, and for Shestopalivka variety – 8.04 mg/g of dry matter on average for the variants. The generative period was noted to have an increase in chlorophyll content for both varieties - it was 8.19 mg/g of dry matter for Antonivka and 8.22 mg/g of dry matter for Shestopalivka variety, which is 14.2 % and 2.2 % more than in vegetative period.

The productivity of chlorophylls in the vegetative period of plants growth and development averaged 5.14 mg of dry matter/mg of chlorophyll per day for Antonivka, which is 28.4 % more than in Shestopalivka variety (3.69 mg of dry matter/mg of chlorophyll) per day). With the beginning of the generative period, Shestopalivka variety was noted to have a more stable pigment complex, which is confirmed by a double increase in chlorophylls productivity compared to the previous period.

Thus, the increase in chlorophyll content, depending on the pre-sowing treatment with the preparations, is more active in Antonivka variety, but the quantitative index is dominated by Shestopalivka variety. In arid climates, moderate formation of pigments and preservation of their productivity stabilizes grain maturation process, which was noted for both varieties treated with Lamardor and Lamardor plus Gaucho.

Key words: chlorophyll, winter wheat, seed treater, pigment productivity.



Copyright: Кліпакова Ю.О. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Кліпакова Ю.О.
Білоусова З.В.
Коротка І.О.
Кенева В.А.

<https://orcid.org/0000-0002-7054-9707>
<https://orcid.org/0000-0001-9687-7920>
<https://orcid.org/0000-0002-5991-0186>
<https://orcid.org/0000-0002-4890-651X>

УДК 635.262"324":631.526.3-025.27(477.4)

Класифікація сортів часнику озимого методом кластерного аналізу в умовах Правобережного Лісостепу УкраїниКубрак С.М. , Гуменюк Ю.В. , Ус О.І., Волошина О.І.

Білоцерківський національний аграрний університет



Кубрак С.М., Гуменюк Ю.В., Ус О.І., Волошина О.І. Класифікація сортів часнику озимого методом кластерного аналізу в умовах Правобережного Лісостепу України. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 68–74.

Kubrak S.M., Gumenjuk Ju.V., Us O.I., Voloshyna O.I. Klasyfikacija sortiv chasnyku ozymogo metodom klasterного analizu v umovah Pravoberezhnogo Lisostepu Ukraїny. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. № 1. pp. 68–74.

Рукопис отримано: 28.01.2021 р.

Прийнято: 08.02.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-68-74

Проблема впливу погодних умов на продуктивність овочевих культур особливо актуальна для такої культури як часник озимий, що погано переносить вплив несприятливих погодних чинників, оскільки площі його вирощування знаходяться в зонах ризикованого землеробства. Мета досліджень – вивчення тривалості вегетаційного періоду, висоти рослин, площі листка, кількості листків на одній рослині, діаметра головки та її маси, кількості і маси зубків та особливості формування врожаю з утворення на цій основі кластерів, представники яких були б найбільш продуктивними для умов Правобережного Лісостепу України. Дослідження проводили в умовах дослідного поля Навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету (Правобережний Лісостеп України). Досліди закладали відповідно до Методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві [20]. Густота становила 357 тис. рослин/га. За контроль брали сорт Уманського національного університету садівництва Прометей.

За даними проведених досліджень встановлено, що найкращу врожайність мав сорт Любаша – 13,2 т/га, тимчасом контроль Прометей –10,8 т/га. Найбільш пристосованими до умов Правобережного Лісостепу були: Промінь, Лідія, Любаша, Тройка, Прометей (контроль). Коефіцієнт стабільності у них становив 1,1. Найвища частка товарних головок у загальній урожайності серед варіантів часнику озимого спостерігалася у сортів Добродій (98 %), Любаша (98 %), Тройка (98 %), Прометей (контроль) (98 %), Сакський (97 %), Промінь (97 %), Знахар (97 %).

Вивчення сортів часнику озимого в багатовимірному просторі за 9 ознак в умовах Правобережного Лісостепу України дало змогу розподілити їх на найнижчому рівні на чотири кластери. Різноманіття сортів, які вивчали в 2018–2019 рр., представлене чотирма найбільш типовими варіантами: Лідія, Сакський, Промінь та Прометей (контроль).

Ключові слова: сорти, кластерний аналіз, Евклідові відстані, часник озимий, маса головки, урожайність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Часник озимий є поширеною культурою в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Його культивують у відкритому та іноді в закритому ґрунті: теплиці, парники, плівкові укриття. Норма споживання часнику однією людиною становить приблизно 1–2 кг на рік. В Україні, незважаючи на власне виробництво продукції, попит не задовольняється, тому доводиться імпортувати з інших країн. Отже, питання поглибленого вивчення нових сортів часнику та особливостей адаптації їх до навколишнього середовища є досить актуальним.

Часник озимий, *Allium sativum* L. – один з популярних овочів у всьому світі [7, 10]. В Україні його вирощують на площі майже 25 тис. га із середньою урожайністю 9,6 т/га [8]. Зазвичай його використовують як пряність або для лікувальних цілей, косметики та виготовлення ліків [4, 12]. Часник – один із найбільш універсальних рослинних матеріалів, що має сильний бактерицидний та фунгіцидний, антиатеросклеротичний та загальнозміцнювальний ефект [9, 15]. Найважливішим його активним компонентом є ефірна олія, основними інгредієнтами якої є алілсульфіди, фенольні кислоти та аскорбінова кислота [5, 14]. Якість цибулин часнику зале-

жить від їх хімічного складу, який модифікується генетичними та екологічними чинниками [1, 6]. Його зубчики визнані цінним джерелом біоактивних сполук і є одним з натуральних продуктів харчування, корисних для здоров'я людини. Часник – сезонний овоч, який втрачає корисні речовини за тривалого зберігання [3, 4].

Часниковий бізнес вважається прибутковим і останнім часом досить популярним [21]. Однак відчувається гостра нестача часникової продукції [8], яка покривається, переважно, імпортом з Китаю. Основна проблема – неврожай через невдало підібраний сортимент та несприятливі погодні умови під час вегетації рослин [2, 3, 11].

Спостерігається і нестача високоврожайних сортів, придатних для поширення в Україні в Державному реєстрі [16, 17]. Так, у 2019–2020 рр. їх кількість становила лише 17 назв. Деякі фермери України дотепер культивують місцеві форми часнику озимого власної селекції, які добре пристосовані до екологічних умов їхнього регіону.

Вирощування часнику, завезеного з інших регіонів, призводить до швидкого виродження і зниження урожайності в 2–3-й репродукції [10, 13, 21]. Отже, проблема виділення кращих сортів часнику озимого за тривалістю вегетаційного періоду, біометричними показниками рослин, урожайністю вимагає постійного вивчення.

Мета дослідження – вивчення мінливості ознак з формуванням на цій основі груп, так званих кластерів, які допоможуть у виборі оптимального сорту часнику озимого.

Матеріал і методи дослідження. Вивчення господарсько цінних ознак сортів часнику озимого, зібраних з різних областей України, проводили в умовах дослідного поля НВЦ

Білоцерківського національного аграрного університету. Досліди закладали згідно з Методикою дослідної справи в овочівництві і баштанництві [20]. За контроль використовували сорт Прометей, створений в Уманському національному університеті садівництва.

Висаджували зубки часнику озимого за схемою 35 x 8 см (густота 357 тис. рослин/га) за місяць до замерзання ґрунту (третя декада жовтня), щоб рослини могли добре укоренитися.

Збирання часнику озимого та облік врожаю проводили тоді, коли починали всихати листки на стеблі. Головки зважували та сортували на товарні та нетоварні [19].

Адаптивність сорту до умов дослідного поля НВЦ Білоцерківського НАУ визначили за допомогою коефіцієнта фенотипової стабільності Левіса. Обчислювали його за формулою $SF = HE / LE$, де HE і LE – відповідно високе та низьке значення врожаю в різні роки досліджень [20].

Отримані дані обробляли, використовуючи дисперсійний та кластерний аналіз [18, 22]. Для оцінювання за багатовимірними методами сорти описували за 9 ознаками: 1 – вегетаційний період, днів; 2 – висота рослини, см; 3 – площа листка, см²; 4 – кількість листків на рослині, шт/рослину; 5 – урожайність, т/га; 6 – діаметр головки, мм; 7 – маса головки; 8 – маса зубка, г; 9 – кількість зубків, шт. Для цього користувалися стандартною програмою Statistica 6.0. Сорт-еталон в межах окремого кластера виділяли за методикою З. Д. Сича [22].

Результати дослідження та обговорення. Погодно-кліматичні умови вплинули на формування врожаю різних сортів часнику озимого. У 2018 р. найвищу урожайність головок часнику спостерігали у сорту Любаша – 12,8 т/га, що на 2,4 т/га менше за контроль (табл. 1).

Таблиця 1 – Урожайність та якість головок часнику озимого

Сорт, гібрид	Урожайність, т/га				Частка товарних головок у загальній урожайності, %
	2018 р.	2019 р.	середня	коефіцієнт стабільності S. F.	
Прометей контроль	10,4	11,2	10,8	1,1	98
Добродій	8,6	10,4	9,5	1,2	98
Промінь	9,4	10,3	9,9	1,1	97
Лідія	8,2	8,9	8,6	1,1	95
Любаша	12,8	13,5	13,2	1,1	98
Сакський	10,1	11,7	10,9	1,2	97
Знахар	9,0	10,5	9,8	1,2	97
Тройка	9,8	10,9	10,4	1,1	98
Лідер	7,3	8,4	7,9	1,2	95
НІР ₀₅			1,9		

Для контролю цей показник становив лише 10,4 т/га. Майже на рівні з контролем урожайність була у сортів Сакський (10,1 т/га), Тройка (9,8 т/га), Промінь (9,4 т/га). Найнижча вона у сортів Лідер (7,3 т/га), Добродій (8,6 т/га) та Лідія (8,2 т/га). Врожайність сортів часнику озимого в 2019 році трохи вища порівняно з 2018 роком. Так, найкращим за цим показником виявився сорт Любаша. Врожайність у нього досягнула 13,5 т/га, що на 2,3 т/га більше за контрольний варіант Прометей (11,2 т/га). Непогані результати отримали від вирощування таких сортів: Добродій, Промінь, Сакський, Знахар і Тройка. Врожайність цибулин цих сортів становила відповідно 10,4; 10,3; 11,7; 10,5; 10,9 т/га. Низькою вона була у варіантів Лідер та Лідія – 8,4 і 8,9 т/га відповідно.

У середньому за два роки досліджень встановлено, що найвищою врожайністю характеризувався сорт Любаша – 13,2 т/га. Найнижча вона була у варіанта Лідер – 7,9 т/га, тимчасом у контролю цей показник становив 10,8 т/га.

Підвищення врожайності часнику залежить від різних чинників, основним з яких є генетичний потенціал. Потенційно висока урожайність сорту пов'язана з ґрунтово-кліматичними умовами регіону. Потрібно враховувати, що на часник погано впливає зміна погодно-кліматичних умов, і він дуже важко до цього пристосову-

ється. Враховуючи цю властивість, потрібно підбирати місцеві форми, які в цих конкретних умовах можуть сформувати високий урожай і якісні підземні цибулини, не уражені хворобами і шкідниками. Одним з показників, за допомогою якого оцінюють адаптивність зразка до конкретних природних умов, є коефіцієнт стабільності Левіса. За даними таблиці 1, гірше пристосованими до умов дослідного поля НВЦ БНАУ були варіанти Добродій, Сакський, Знахар, Лідер. Коефіцієнт стабільності у них досягнув 1,2. Найкраще пристосувалися сорти Прометей, Промінь, Лідія, Любаша, Тройка, де цей показник становив 1,1.

Частка товарних головок у загальній урожайності серед варіантів у колекційному розсаднику озимого часнику сягала від 95 (Лідер, Лідія) до 98 % (Прометей (контроль), Добродій, Любаша, Тройка). Досить високою вона була також у сортів Сакський (97 %), Промінь (97 %), Знахар (97 %).

Різноманіття сортів часнику озимого в багатомірному просторі за 9 ознаками згруповано в один великий кластер діапазоном від 0 до 100 Евклідових одиниць (Е.о.). У 2018 році цей діапазон становив 110, а в 2019 – 80 Е.о. Різниця зумовлена погодними умовами, які впродовж 2019 року були менш сприятливими, ніж у 2018 році (випало менше опадів) (рис. 1).



Рис. 1. Евклідові відстані між сортами озимого часнику різних кластерів, середнє за 2018 – 2019 рр.

Примітка: Var_1 – Прометей (контроль); Var_2 – Добродій; Var_3 – Промінь; Var_4 – Лідія; Var_5 – Любаша; Var_6 – Сакський; Var_7 – Знахар; Var_8 – Тройка; Var_9 – Лідер.

Різноманіття сортів умовно можна розподілити на три групи віддаленості – близькі сорти (від 0 до 20 Е. О.), середньовіддалені (60 Е. о.) та далекі (понад 100 Е. о.). У зв'язку з тим, що на високих рівнях віддаленості різко зменшується кількість кластерів і втрачається інформаційна цінність проведення класифікацій сортів, було проведено аналіз на найнижчому рівні.

Перший кластер містить найбільше сортів: Лідер (Var_9), Тройка (Var_8), Любаша (Var_5), Лідія (Var_4). Усі сорти подібні між собою і певною мірою дублюють одне одного. За біометричними показниками вони формували в середньому 10–12 шт. листків на рослині. Ці сорти найбільш пристосовані до вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України, їх коефіцієнт стабільності становив 1,1. Гірше пристосувався сорт озимого часнику Лідер (Var_9), де цей показник становив 1, 2.

Найвищою урожайністю (13,2 т/га), діаметром головки (6,8 см), масою головки (82 г) та кількістю зубків (5 шт.) характеризувався найбільш поширений сорт в Україні – Любаша (Var_5). Найбільш типовим представником, що може представляти цю сукупність сортом-еталоном, є варіант Лідія (Var_4). Його вегетаційний період становив 98 дб, висота рослин – 71 см. Рослини Лідії (Var_4) добре облиствені (10 шт. листків/рослину), урожайність сорту становила 8,6 т/га.

Типовим для другого кластера є представник селекції Київської дослідної станції Інституту овочівництва і баштанництва НААН Промінь (Var_3). Тривалість періоду від сходів до збирання цибулин у нього становила 95 дб. Цей сорт виділився серед інших найменшою кількістю листків на одній рослині – 9 штук. За іншими показниками він займав проміжне значення.

У третій кластер ввійшли сорти Знахар (Var_7), Сакський (Var_6), Добродій (Var_2). Вони належать до середньостиглих сортів (тривалість періоду від сходів до збирання головок становить 104–110 дб). Знахар (Var_7) та Добродій (Var_2) створені селекціонерами з України на Київській дослідній станції Інституту овочівництва і баштанництва НААН, а Сакський (Var_6) – в Уманському національному університеті садівництва. Ці сорти подібні між собою за морфологічними показниками: мають майже однакову масу зубка – 10–11 г, кількість зубків – 6 шт., кількість листків/рослину – 10 шт. (за винятком Сакський (Var_6) – 12 шт.), діаметр головки (56–57 см, окрім варіанта Сакський (Var_6) – 65 см). Урожайність у представників цієї групи коливалася від 9,5 (Добродій (Var_2)) до 10,9 т/га (Сакський (Var_6)). Ці

сорти найгірше пристосовані до вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України, їх коефіцієнт стабільності становив 1,2. Однак усі вони близькі між собою за ознаками, певною мірою дублюють один одного. Виділено типовий еталон, який може представляти цей кластер. Найменша сума Евклідових відстаней між зразками припадала на сорт Сакський (Var_6), який створено в Уманському національному університеті садівництва Національної академії аграрних наук України. За групою стиглості він є середньостиглим, тобто досягає на 110 добу після з'явлення сходів. Висота рослини досягла 76 см, що займає середнє значення порівняно з іншими представниками цього кластера. За біометричними показниками рослини сорту мають великі за розміром листки (34 см²), добру облиственість (12 шт./рослину). Середня урожайність за 2018–2019 рр. знаходилася на рівні 10,9 т/га.

Сорт Прометей (контроль) (Var_1) утворював четвертий кластер і був найбільш віддаленим від інших. Він створений селекціонерами Уманського національного університету садівництва НААН і належить до групи середньостиглих. Прометей мав велику масу головки (72 г), зубка (12 г), і за цими показниками займав друге місце після Любаші. Він належить до зразків з високою часткою товарних плодів у загальній урожайності (98 %) та високою адаптивністю до умов вирощування в Правобережному Лісостепу України. Однак за кількістю листків, зубків та діаметром головки займав проміжне значення. Урожайність у контролю знаходилася на рівні 10,8 т/га.

Висновки. Вивчення сортів часнику озимого в багатовимірному просторі за 9 ознаками в умовах Правобережного Лісостепу України дало змогу класифікувати їх на чотири кластери. Перший кластер утворили сорти Лідер, Тройка, Любаша, Лідія. Типовим для них є еталон Лідія. Другу групу сформував єдиний зразок Промінь. Третій кластер утворили сорти Знахар, Сакський, Добродій. Найбільш типовим для цих зразків є сорт Сакський. Четвертий кластер сформував сорт-контроль Прометей.

Отже, різноманіття сортів в умовах дослідного поля НВЦ БНАУ представляють чотири найбільш типові варіанти: Лідія, Сакський, Промінь та Прометей (контроль).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Beato V.M., Orgaz F., Mansilla F., Montaña A. Changes in Phenolic Compounds in Garlic (*Allium sativum*L.) Owing to the Cultivar and Location of Growth. *Plant. Foods Hum. Nutr.* 2011, 66. P. 218–223.
2. Effect of sowing techniques on the agroecological parameters of cereal crops / Beljaev V. et al. *Ukrainian*

Journal of Ecology, 7(2). 2017. P. 130–136. DOI: https://doi.org/10.15421/2017_30.

3. Influence of spring soft wheat, peas and rape cultivation technology on soil water regime and crop yield / Belyaev V. et al. Ukrainian Journal of Ecology, 8(1). 2018. P. 873–879. DOI: https://doi.org/10.15421/2018_287.

4. Bhandari S.R., Yoon M.K., Kwak J.-H. Contents of phytochemical constituents and antioxidant activity of 19 garlic (*Allium sativum* L.) parental lines and cultivars. Hortic. Environ. Biotechnol. 2014, 55. P. 138–147.

5. Capasso A. Antioxidant action and therapeutic efficiency of *Allium sativum* L. Molecules 2013, 18. P. 690–700

6. Evaluation of the effects of different material on quantity and quality yield of garlic populations (*Allium sativum* L.) / Faradonbeh M.M. et al. Int. Agric. Crop. Sci. 2013, 5. P. 2660–2665.

7. Fritsch R.M., Friesen N.W. Evolution, domestication, and taxonomy. In: Advances in Allium Science. H.D. Rabinowitch L. Currah (Eds.), CABI Publishing. Wallingford, U.K. P. 8–10.

8. Garlic Production of Ukraine. URL: <https://www.tridge.com/intelligences/garlic/UA/production/>.

9. Goncagul G., Ayaz E. Antimicrobial Effect of Garlic (*Allium sativum*) and Traditional Medicine. J. Anim. Veter. Adv. 2010, 9. P. 1–4.

10. Recommendations for production on the technology of growing winter and spring garlic in the forest-steppe of Ukraine / Likhatsky V.I. et al. Kyiv. P. 4–6.

11. Pramanik K, Tripathy P. Effect of micronutrients on growth and total yield of Onion (*Allium cepa* L.). The Bioscan, 12(1). P. 322–326.

12. Santhosha S., Jamuna P., Prabhavathi, S. Bioactive components of garlic and their physiological role in health maintenance: A review. Food Biosci. 2013, 3. P. 59–74.

13. Simon P.W., Jenderek M. M. Flowering, seed production, and the genesis of garlic breeding. Plant Breeding Reviews, 23. P. 211–244. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470650226.ch5>.

14. Tattelman E. Health effects of garlic. Am. Fam. Physician 2005, 72. P. 103–106.

15. Therapeutic Role of Functional Components in Alliums for Preventive Chronic Disease in Human Being / Zeng Y. et al. Evid.-Based Complement. Altern. Med. 2017. P. 1–13.

16. Державний реєстр сортів рослин, придатний для поширення в Україні у 2019 році / С. І. Мельник та ін. 2019. 497 с. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.

17. Державний реєстр сортів рослин, придатний для поширення в Україні у 2020 році / С. І. Мельник та ін. 2020. 516 с. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>

18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

19. ДСТУ ISO 6663-2002 Часник. Зберігання в холоді (ISO 6663:1995, IDT). [Чинний від 2003-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 7 с.

20. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. Харків: Основа, 2001. 370 с.

21. Сич З.Д., Кубрак С.М. Оцінювання сортів і місцевих форм часнику озимого за господарсько цінними ознаками в умовах Правобережного Лісостепу України. Агробіологія, 2020. № 1. С. 169–174. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-169-174>

22. Сыч З.Д. Методические рекомендации по статистической оценке селекционного материала овощных и бахчевых культур. Харьков: ИОБ УААН, 1993. 72 с.

REFERENCES

1. Beato, V.M., Orgaz, F., Mansilla, F., Montaña, A. (2011). Changes in Phenolic Compounds in Garlic (*Allium sativum* L.) Owing to the Cultivar and Location of Growth. Plant. Foods Hum. Nutr. no. 66, pp. 218–223.

2. Belyaev, V., Vol'nov, V., Sokolova, L., Kuznecov, V., Matsyura, A. (2017). Effect of sowing techniques on the agroecological parameters of cereal crops. Ukrainian Journal of Ecology. no. 7(2), pp. 130–136. Available at: https://doi.org/10.15421/2017_30.

3. Belyaev, V., Meinel, T., Grunevald, K., Sokolova, L., Kuznetsov, V., Matsyura, A. (2018). Influence of spring soft wheat, peas and rape cultivation technology on soil water regime and crop yield. Ukrainian Journal of Ecology. no. 8(1), pp. 873–879. Available at: https://doi.org/10.15421/2018_287.

4. Bhandari, S.R., Yoon, M.K., Kwak, J.-H. (2014). Contents of phytochemical constituents and antioxidant activity of 19 garlic (*Allium sativum* L.) parental lines and cultivars. Hortic. Environ. Biotechnol. no. 55, pp. 138–147.

5. Capasso, A. (2013). Antioxidant action and therapeutic efficiency of *Allium sativum* L. Molecules. no. 18, pp. 690–700.

6. Faradonbeh, M.M., Mashhadi, A.A., Bakhshandeh, A., Jalalabadi, A.L. (2013). Evaluation of the effects of different material on quantity and quality yield of garlic populations (*Allium sativum* L.). Int. Agric. Crop. Sci. no. 5, pp. 2660–2665.

7. Fritsch, R.M., Friesen, N.W. (2002). Evolution, domestication, and taxonomy. In: Advances in Allium Science. H.D. Rabinowitch L. Currah (Eds.), CABI Publishing. Wallingford, U.K, pp. 8–10.

8. Garlic Production of Ukraine. (2020). Available at: <https://www.tridge.com/intelligences/garlic/UA/production/>.

9. Goncagul, G., Ayaz, E. (2010). Antimicrobial Effect of Garlic (*Allium sativum*) and Traditional Medicine. J. Anim. Veter. Adv. no. 9, pp. 1–4.

10. Likhatsky, V.I., Ulyanich, O.I., Shchetina, S.V., Slobodyanyk, G.Ya., Kovtunyk, Z.I., Gulevska, A.V. (2017). Recommendations for production on the technology of growing winter and spring garlic in the forest-steppe of Ukraine. Kyiv, pp. 4–6.

11. Pramanik, K, Tripathy, P. (2017). Effect of micronutrients on growth and total yield of Onion (*Allium cepa* L.). The Bioscan. no. 12(1), pp. 322–326.

12. Santhosha, S., Jamuna, P., Prabhavathi, S. (2013). Bioactive components of garlic and their physiological role in health maintenance: A review. Food Biosci. no. 3, pp. 59–74.

13. Simon, P.W., Jenderek, M.M. (2003). Flowering, seed production, and the genesis of garlic breeding. Plant Breeding Reviews. no. 23, pp. 211–244. Available at: <https://doi.org/10.1002/9780470650226.ch5>.

14. Tattelman, E. (2005). Health effects of garlic. Am. Fam. Physician. no. 72, pp. 103–106.

15. Zeng, Y., Li, Y., Yang, J., Pu, X., Du, J., Yang, X., Yang, T., Yang, S. (2017). Therapeutic Role of Functional Components in Alliums for Preventive Chronic Disease in Human Being. Evid.-Based Complement. Altern. Med. pp. 1–13.

16. Mel'nik, S.I. (2019). Derzhavnij rejestr sortiv roslin, pridatnij dlja poshirennja v Ukrai'ni u 2019 roci [State register of plant varieties, suitable for distribution in Ukraine in 2019]. 497 p. Available at: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.
17. Mel'nik, S.I. (2020). Derzhavnij rejestr sortiv roslin, pridatnij dlja poshirennja v Ukrai'ni u 2019 roci [State register of plant varieties, suitable for distribution in Ukraine in 2019]. 516 p. Available at: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.
18. Dosphehov, V.A. (1985). Metodika polevogo opyta [Field Experience Technique]. Moscow, Agropromizdat, 351 p.
19. DSTU ISO 6663-2002 Chasnik. Zberigannja v holodi (ISO 6663:1995, IDT). Chinnij vid 2003-10-01 [DSTU ISO 6663-2002 Garlic. Cold storage (ISO 6663:1995, IDT)]. Kyiv, Derzhspozhivstandart of Ukraine, 2003, 7 p.
20. Bondarenko, H.L., Yakovenko, K.I. (2001). Methodology of experimental work in vegetable and melon. Kharkiv, Osnova, 369 p.
21. Sych, Z.D., Kubrak, S.M. (2020). Otsinyuvannya sortiv i mistsevykh form tsinnymy oznakamy v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of varieties and local forms of winter garlic on economically valuable traits in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Agrobiologija [Agrobiology], no. 1, pp. 169–174. Available at: <https://doi:10.33245/2310-9270-2020-157-1-169-174>.
22. Sych, Z.D. (1993). Metodicheskie rekomendacii postatisticheskoi ocenke selekcionnogo materiala ovoshhnyh i bahchevyh kul'tur [Guidelines for the statistical assessment of breeding material of vegetable and melons]. Kharkiv, IOB UAAN, 72 p.

Классификация сортов чеснока озимого методом кластерного анализа в условиях Правобережной Лесостепи Украины

Кубрак С.М., Гуменюк Ю.В., Ус О.И., Волощина Е.И.

Проблема влияния погодных условий на производительность овощных культур особенно актуальна для чеснока озимого, который плохо переносит воздействие неблагоприятных погодных факторов, поскольку его площади находятся в зонах рискованного земледелия. Цель исследований – изучение длительности вегетационного периода, высоты растений, площади листа, количества листьев на одном растении, диаметра головки и ее массы, количества и массы зубков и особенности формирования урожая и создания на этой основе кластеров, представители которых были бы наиболее продуктивными для условий Правобережной Лесостепи Украины. Исследования проводили в условиях опытного поля Учебно-производственного центра Белоцерковского национального аграрного университета (Правобережная Лесостепь Украины). Опыты закладывали в соответствии с Методикой исследовательского дела в овощеводстве и бахчеводстве [20].

Плотность составляла 357 тыс. растений/га. За контроль принимали сорт Уманского национального университета садоводства Прометей. По данным проведенных исследований установлено, что наилучшая урожайность была у сорта Любаша – 13,2 т/га, тогда как у контроля Прометей – 10,8 т/га. Наиболее приспособленными к условиям Правобережной Лесостепи оказались такие: Проминь, Лидия, Любаша, Тройка, Прометей (контроль). Коэффициент стабильности в них составил 1,1. Самая высокая доля товарных головок в общей урожайности среди вариантов чеснока озимого наблюдалась у сортов Господар (98 %), Любаша (98 %), Тройка (98 %), Прометей (контроль) (98 %), Сакский (97%), Проминь (97 %), Знахарь (97 %). Изучение сортов чеснока озимого в многомерном пространстве по 9 признакам в условиях Правобережной Лесостепи Украины позволило разделить их на низком уровне на четыре кластера. Многообразие сортов, которые изучали в 2018–2019 гг., представляют четыре наиболее типичные варианты: Лидия, Сакский, Проминь и Прометей (контроль).

Ключевые слова: сорта, кластерный анализ, Евклидовы расстояния, чеснок озимый, масса головки, урожайность.

Winter garlic variety cluster analysis under conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Kubrak S., Humeniuk Yu., Us O., Voloshyna O.

The issue of weather impact on vegetable crops plays an important role in the winter garlic productivity as it isn't resistant to unfavorable weather conditions, since it is cultivated in the fields located in the risky agriculture areas.

The research aimed to study various winter garlic varieties and their yield formation peculiarities, such as growing season, plant height, leaf area, leaf number per plant, bulb diameter and weight, number of cloves in one bulb. These test samples give the opportunity to form clusters that could give the highest garlic productivity under conditions of Right Bank Forest-Steppe of Ukraine.

The research has been conducted in the experimental field of Bila Tserkva National Agrarian University Training and Production Center (Right Bank Forest-Steppe of Ukraine). The winter garlic test samples were studied in accordance to the research methods of olericulture and melon growing [20]. The plant density is about 357 thousand plants per ha. The variety Prometei of Uman National University of Horticulture breeding was taken as a control sample.

The research suggested that the samples of Liubasha yielded 13.2 t/ha and it was the best productive index, but the control samples of Prometei yielded only 10.8 t/ha.

The varieties of Promin, Lidiia, Liubasha, Troika, Prometei (the control sample) turned out to be the most adapted to the conditions of Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. Their stability index was 1.1.

The biggest amount of marketable bulbs in the total yield belongs to the following winter garlic varieties:

Dobrodii (98 %), Liubasha (98 %), Troika (98), Prometei (the control sample) (98 %), Saksy (97 %), Promin (97 %), Znakhar (97 %).

The multidimensional analysis of winter garlic samples on 9 traits under Ukraine Right Bank Forest-Steppe conditions made it possible to classify them at the lowest

level and to identify four clusters. The most common four representatives present all the diversity of studied varieties in 2018–2019. The varieties of Lidiia, Saksy, Promin, Prometei (the control sample) belong to this group.

Key words: varieties, cluster analysis, Euclidean distances, winter garlic, bulb weight, yield productivity.



Copyright: Кубрак С.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Кубрак С.М.
Гуменюк Ю.В.

<https://orcid.org/0000-0002-3836-5940>
<https://orcid.org/0000-0002-4758-7828>

АГРОНОМІЯ

УДК664.6+664.71–11:631.83/.85:664.724

Хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти залежно від удобрення і тривалості зберігання

Любич В.В. , Желєзна В.В. 

Уманський національний університет садівництва

 Любич В.В. E-mail: LyubichV@gmail.com

Любич В.В., Желєзна В.В. Хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти залежно від удобрення і тривалості зберігання. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 75–84.

Ljubych V.V., Zheljezna V.V. Hlibopekars'ki vlastyivosti zerna pshenyци spel'ty zalezho vid udobrennja i tryvalosti zberigannja. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 75–84.

Рукопис отримано: 07.04.2021 р.

Прийнято: 22.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-75-84

У статті наведено результати дослідження хлібопекарських властивостей зерна пшениці спельти залежно від удобрення і тривалості зберігання. Вивчали сорт пшениці спельти озимої (безплітковий) Європа, отриманий гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Для удобрення використовували аміачну селітру, сульфат амонію, суперфосфат гранульований, калій хлористий. Зберігали зерно пшениці спельти впродовж року без доступу повітря за нерегульованого температурного режиму в сухому стані (вологість під час закладання на зберігання 13,0–13,5 %) у герметичних поліетиленових рукавах, в умовах звичайного сховища. Встановлено, що пшениця спельта має високу реакцію на застосування азотних добрив. Вміст білка зростає від 18,6 до 22,8 % у варіанті $P_{60}K_{60} + N_{120}$. Якість зерна пшениці спельти змінювалась залежно від тривалості зберігання. Так, до зберігання вміст клейковини становив 41,1–50,4 % залежно від варіанта удобрення. Найменшим цей показник був у варіанті контроль та за внесення $P_{60}K_{60} - 41,1-41,2$ %. У решти варіантах удобрення вміст клейковини був на рівні 49,1–49,9 %. Найбільшим був у варіанті Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60} - 50,4$ %, або на 9 % більше порівняно з контролем. Зберігання позитивно впливало на вміст клейковини у зерні пшениці спельти, оскільки її вміст істотно збільшувався. Це можна пояснити післязбиральним досяганням зерна, в процесі якого змінюється білково-протеїназний комплекс завдяки окиснювальній дії, зокрема кисню повітря. Так, після зберігання впродовж 30 діб цей показник становив 41,8–52,1 % залежно від варіанта дослідження. Найбільшим він був за внесення $N_{60}S_{70} + N_{60} - 52,1$ %, а найменшим – у варіанті без добрив та за фосфорно-калійного удобрення ($P_{60}K_{60}$) – 41,8–42,3 %. Ці показники перевищували вміст клейковини до зберігання в середньому на 1,2 абс. %. Вміст білка та клейковини утворювальних його фракцій найвищими були після зберігання впродовж 90 діб. Ці показники майже не змінювались після 180–270 діб зберігання. Після 360 діб вони знижувались до показників якості зерна перед його зберіганням. Індекс деформації клейковини зростає до 105–108 од. п. ВДК, або на 4–8 % залежно від удобрення порівняно з свіжим зерном. Вологість клейковини знижувалась після 30 діб зберігання зерна, а потім зростала до 68,0–69,8 % після 360 діб залежно від варіанта дослідження. Кислотність зерна за таких умов також підвищувалась від 3,0 до 4,0–4,1 град.

Ключові слова: пшениця спельта, удобрення, зберігання, білок, клейковина, динаміка, вологість, кислотність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Вирощування видів пшениці, здатних накопичувати високий вміст білка в зерні – один із способів виробництва високоякісного зерна цієї культури. Нині у світі через дефіцит мікроскладових продуктів харчування страждає майже 3 млрд людей, або 40 %

населення планети [1]. Незважаючи на високий вміст крохмалю в зерні, пшениця містить значну кількість біологічно активних речовин (фенольні сполуки, антоціани, каротиноподібні пігменти, флавоноли тощо), які засвоюються організмом людини. Крім цього, ферулова кислота також міститься в зерні пшениці. Відомо,

що зерно пшениці спельти за оптимальних умов вирощування містить такі складові [2, 3]. У зв'язку з цим у світі активізовано збільшення виробництва зерна малопоширених видів пшениці [4].

Пшениця спельта (*Triticum spelta* L.) – гексаплоїдний вид пшениці, є одним із найдавніших видів роду *Triticum*, що культивувався в багатьох цивілізаціях. Крім цього, його було включено у створення багатьох високопродуктивних сортів пшениці м'якої [5, 6]. Варто звернути увагу на врожайність пшениці спельти. Вона дещо нижча (на 20–30 %) порівняно з пшеницею м'якою. Гібридизація *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. дала змогу створити голозерний сорт пшениці спельти з більшою врожайністю зерна [7].

Якість зерна пшениці змінюється залежно від багатьох чинників: елементів агротехнології, перероблення, сорту тощо [8, 9]. Харчова цінність зерна пшениці зазвичай залежить від біохімічного його складу та вмісту білка й амінокислот. Біохімічна складова зерна пшениці впливає на технологічні властивості, які визначають напрям його використання [10, 11]. З цього погляду зерно пшениці спельти досліджено недостатньо.

Пшениця спельта помітно присутня на ринку органічної продукції, саме тому цю культуру вирощують без застосування добрив. Пшениця спельта характеризується високою реакцією на застосування добрив. Здатність до відновлення вертикального положення стебла після вилягання дає змогу вирощувати її за інтенсивної агротехнології [12]. Отже, проведення досліджень щодо оптимізації мінерального живлення пшениці спельти є актуальним.

Одним із способів підвищення якості зерна є застосування добрив, особливо азотних [13]. Однак ефективність удобрення змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов та елементів агротехнології [14]. Так, у дослідженнях [15] високі технологічні показники зерна забезпечує внесення $N_{30} + N_{30}$ на тлі $P_{60}K_{60}$ з позакореневим підживленням у фазу молочної стиглості карбамідом дозою N_{30} . В інших дослідженнях [12] застосування 90–120 кг/га діючої речовини азотних добрив у підживлення пшениці спельти зменшує натуру зерна з 753 до 718 г/л, однак підвищує його склоподібність. У дослідженнях [13] встановлено, що підживлення пшениці спельти азотними добривами підвищує вміст білка та клейковини у зерні. Водночас у складі білка найбільше зростає частка гліадину порівняно з іншими фракціями. Це зазвичай сприяло формуванню еластичнішого тіста та зниженню об'єму хліба. У досліджен-

нях [114] встановлено, що приріст урожаю був 1,2 т/га за внесення N_{60} наповесні, N_{30} у фазу інтенсивного куціння і N_{30} під час формування верхівкового листка. Вміст білка за таких умов становив 23 %, вміст клейковини – 46 %. Дослідженнями Г.М. Господаренка і І.Ю. Ткаченка встановлено [16], що застосування азотних добрив роздільно по 25 кг/га д. р. підвищувало масу 1000 зерен з 48,1 до 48,8 г, а вміст білка – з 12,7 до 13,1 %

Зберігання зерна – один із найважливіших етапів, що визначає якість зерна під час перероблення і якість насіння під час висівання [17]. Сучасні технології якісного зберігання зерна передбачають повний комплекс захисту зернової маси загалом і зерна пшениці спельти зокрема, фокусуючись на забезпеченні умов, основні з яких: температура, вологість, термін зберігання. Сукупність внутрішніх біохімічних процесів, що відбуваються у свіжозібраному зерні, називають процесом післязбирального досягання. В середньому цей процес триває 1,5–2 місяці. Суть і загальна спрямованість процесу післязбирального досягання полягає в завершенні формування високомолекулярних біохімічних сполук, утворення яких і характеризує повну фізіологічну стиглість [18].

Зміни у зерні під час зберігання залежать від якості вихідної сировини та умов зберігання [17]. Враховуючи те, що зерно пшениці спельти має значно вищий вміст білка (25 %) і клейковини (50 %), ніж зерно традиційних сортів пшениці м'якої, необхідно для свіжозібраного врожаю створити належні умови зберігання, щоб зернова маса не змінювала якісні показники. Висока вологість, неналежна температура або доступ повітря у зерносховищі провокують поширення мікроорганізмів, що спричинює розвиток хвороб зернової маси.

У результатах досліджень щодо формування якості зерна пшениці залежно від тривалості зберігання існують різні твердження. Так, у дослідженнях науковців [18] вміст клейковини в зерні збільшувався від 21,6 до 30,0–31,5 % за зберігання впродовж 1–6 місяців, а в деяких сортах майже не змінювався. У процесі зберігання зерна пшениці м'якої відбувається зміцнення клейковини, що поліпшує його хлібопекарські властивості. Процес формування якості клейковини у зерні пшениці озимої триває 225–270 діб. Режим зберігання зерна в цей період не має значного впливу на зміну його якості [19]. У дослідженнях В.В. Петренка та ін. [20] режимами і термінами зберігання зерна пшениці озимої не мали істотного впливу на зміну вмісту білка в ньому. Однак вміст клейковини істотно змінювався залежно від тривалості зберігання.

Найвищий її вміст фіксували в перші 3–6 місяців зберігання зерна, незалежно від систем землеробства, за умов охолодження до температури $+6\pm 2$ °С. Пружність клейковини істотно погіршувалася після 9 місяців зберігання, із зниженням її якості з другої групи у третю.

У результаті формування ринкових відносин у галузі зберігання та перероблення зерна виникає гостра необхідність своєчасного отримання зацікавленими учасниками господарської діяльності повноцінної інформації щодо якості і технологічних властивостей конкретних партій зерна, про можливість зберігання його впродовж тривалого часу та перероблення у високоякісні й конкурентоздатні продукти харчування з найменшими економічними витратами на їх виробництво [21].

Огляд літератури свідчить, що вплив удобрення та тривалості зберігання на формування хлібопекарських властивостей зерна пшениці спельти вивчено недостатньо. Крім цього, відсутні рекомендації щодо тривалості зберігання зерна цієї культури залежно від удобрення, що визначає актуальність обраної теми.

Метою дослідження було вивчення питання щодо впливу удобрення та тривалості зберігання на хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти сорту Європа.

Матеріал і методи дослідження. Дослідна ділянка розміщувалась у Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепою Правобережної провінції зони Лісостепу з географічними координатами за Гринвічем $48^{\circ} 46'56,47''$ північної широти і $30^{\circ} 14'48,51''$ східної довготи. Висота над рівнем моря – 245 м. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений.

Дослідження проводили у 2014–2015 рр. Загалом кліматичні умови регіону сприятливі для вирощування більшості сільськогосподарських культур помірного поясу. Погодні умови 2014 р. характеризувались достатньою кількістю опадів. Так, за період квітень–липень випало 292 мм опадів, що на 10 % більше по-

рівняно з середньобагаторічним показником. Однак цей рік характеризувався нижчою температурою повітря та ґрунту після відновлення весняної вегетації. Сума опадів за рік була найменшою у 2015 р., коли випало відповідно 520 мм, що в 1,2 раза менше порівняно з середньобагаторічним показником (633 мм). У цей рік випала значна кількість опадів під час весняно-літньої вегетації – 271 мм, за період з квітня до липня. Отже, погодні умови у роки проведення досліджень були типовими для регіону. Відхилення в окремі періоди вегетації пшениці спельти за кількістю опадів, температурними режимами і відносною вологістю повітря істотно не впливали на загальний її продукційний процес формування якості врожаю.

Ефективність удобрення вивчали в умовах навчально-науково-виробничого відділу, а тривалість зберігання – у лабораторії Оцінки якості зерна та зернопродуктів кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва. Вивчали сорт пшениці спельти озимої (безплівковий) Європа, отриманий гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Пшеницю спельту вирощували за системами удобрення, наведені в таблиці 1. Для удобрення використовували аміачну селітру, сульфат амонію ($N_{60} S_{70}$), суперфосфат гранульований, калій хлористий. Азотні добрива застосовували одноразово напровесні в дозі 120 кг/га д. р. і роздільно – напровесні (N_{60}) та на початку виходу рослин у трубку (N_{60}). Площа дослідної ділянки становила 72 м², облікової – 40 м², повторність досліду триразова, розміщення ділянок послідовне. Попередник – викоовес на зелений корм. Закладання польових дослідів, спостереження і дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик [22].

Зберігали зерно пшениці спельти без доступу повітря за нерегульованого температурного режиму в сухому стані (вологість під час закладання на зберігання 13,0–13,5 %) у герметичних поліетиленових рукавах, в умовах звичайного сховища. У зерні пшениці спельти визначали вміст білка за ДСТУ 4117:2007, вміст клейко-

Таблиця 1 – Схема дослідів

Варіант дослідів	До зберігання	Тривалість зберігання, дів				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	+	+	+	+	+	+
$P_{60} + N_{120}$	+	+	+	+	+	+
$K_{60} + N_{120}$	+	+	+	+	+	+
$P_{60}K_{60}$ – фон	+	+	+	+	+	+
Фон + N_{120}	+	+	+	+	+	+
Фон + $N_{60} + N_{60}$	+	+	+	+	+	+
Фон + $N_{60} S_{70} + N_{60}$	+	+	+	+	+	+

вини та її якість – за ДСТУ ISO 21415–1:2009, вміст клейковиноутворювальних білків (гліадин + глютенін) та вологість клейковини; кислотність – ГОСТ 26971–86.

Залежність між технологічними властивостями зерна пшениці спельти за варіантом удобрення та тривалістю зберігання визначали методом кореляційного (Multiple Regression, Correlation matrices) та дисперсійного (ANOVA) аналізів за допомогою програм Statistica 10 і Microsoft Office 2010. Для оцінювання тісноти зв'язку між показниками, що вивчали, використовували коефіцієнт кореляції: якщо він дорівнює одиниці, то зв'язок повний; 0,66–0,99 – сильний; 0,33–0,66 – середній; якщо коефіцієнт кореляції менший за 0,33 – зв'язок слабкий [22].

Результати дослідження та обговорення.

У результаті проведених досліджень встановлено, що вміст білка в зерні пшениці спельти змінювався залежно від варіанта удобрення та тривалості зберігання (табл. 2). Так, до зберігання найменшим цей показник був у варіанті контроль та за внесення $P_{60}K_{60}$ і становив 18,6–18,7 %. У решти варіантів досліду вміст білка збільшувався за внесення удобрення і становив 22,4–22,9 %, що на 3,8–4,2 % більше порівняно з контролем.

Під час зберігання зерна вміст білка зростає. Так, за зберігання впродовж 30 діб цей показник становив 19,1–24,2 % залежно від удобрення. Найбільшим він був за внесення $N_{60} + N_{120} - 23,7$ %, а найменшим – у варіанті без добрив та за внесення $P_{60}K_{60}$. За зберігання впродовж 90 діб вміст білка збільшився до 19,4–24,2 % залежно від варіанта удобрення. Подальше зберігання впродовж 180 і 270 діб зменшувало вміст білка до 19,1–24,0 %. Однак найменший вміст білка було отримано за зберігання зерна пшениці спельти впродовж року, який становив 18,8–23,5 % залежно від варіанта досліду.

Отже, найвищі показники вмісту білка отримано за зберігання впродовж 90 діб у варіанті Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$.

Динаміку вмісту клейковини у зерні пшениці спельти залежно від тривалості зберігання наведено в таблиці 3. До зберігання вміст клейковини становив 41,1–50,4 % залежно від варіанта удобрення. Найменшим цей показник був у варіанті контроль та за внесення $P_{60}K_{60}$, 41,1–41,2 %. У решти варіантів удобрення вміст клейковини був на рівні 49,1–49,9 %. Найбільшим був у варіантів Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60} - 50,4$ %, або на 9 % більше порівняно з контролем.

Таблиця 2 – Динаміка вмісту білка в зерні пшениці спельти залежно від удобрення та тривалості зберігання, %

Варіант досліду	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	18,6	19,1	19,4	19,3	19,1	18,8
$P_{60} + N_{120}$	22,5	22,7	23,5	23,3	23,3	22,7
$K_{60} + N_{120}$	22,4	23,1	23,6	23,4	23,2	22,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	18,7	19,2	19,6	19,2	19,3	19,0
Фон + N_{120}	22,8	23,3	23,8	23,5	23,4	23,1
Фон + $N_{60} + N_{60}$	22,8	23,4	23,4	23,3	23,2	22,6
Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$	22,9	23,7	24,2	24,0	24,0	23,5
<i>HIP</i> ₀₅		1,1				

Таблиця 3 – Динаміка вмісту клейковини в зерні пшениці спельти залежно від удобрення та тривалості зберігання, %

Варіант досліду	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	41,1	41,8	43,0	42,8	42,1	41,3
$P_{60} + N_{120}$	49,2	50,4	51,8	51,6	51,3	50,0
$K_{60} + N_{120}$	49,1	50,6	51,7	51,4	51,0	50,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	41,2	42,3	43,1	42,8	42,5	41,7
Фон + N_{120}	49,9	51,0	52,0	51,8	51,5	50,9
Фон + $N_{60} + N_{60}$	49,7	50,8	51,5	51,2	51,0	49,8
Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$	50,4	52,1	53,3	53,0	52,8	51,7
<i>HIP</i> ₀₅		2,4				

Зберігання позитивно впливало на вміст клейковини у зерні пшениці спельти, оскільки її вміст істотно збільшувався. Це можна пояснити післязбиральним досяганням зерна, в процесі якого змінюється білково-протеїназний комплекс завдяки окиснювальній дії, зокрема кисню повітря. Так, після зберігання впродовж 30 діб цей показник становив 41,8–52,1 % залежно від варіанта досліді. Найбільшим він був за внесення $N_{60} S_{70} + N_{60}$ – 52,1 %, а найменшим у варіанті без добрив та за фосфорно-калійного удобрення ($P_{60} K_{60}$) – 41,8–42,3 %. Ці показники перевищували вміст клейковини до зберігання в середньому на 1,2 абс. %.

За зберігання впродовж 90 діб вміст клейковини збільшувався до 43,0–53,3 % залежно від варіанта удобрення. За подальшого зберігання спостерігалось послідовне зниження вмісту клейковини. Так, за зберігання впродовж 180 діб цей показник становив 42,8–53,0 %, 270 – 42,1–52,8, 360 – 41,3–51,7 % залежно від виду, доз і строків застосування азотних добрив.

Результати проведених досліджень довели, що між вмістом білка в зерні пшениці спельти та вмістом клейковини існує тісний кореляційний зв'язок (рис. 1). У результаті отримано рівняння регресії залежностей між вмістом білка та клейковини у зерні пшениці спельти:

$$y = 2,3489x - 3,2863,$$

де y – вміст білка, %;

x – вміст клейковини, %.

Результати регресійного аналізу вказують на дуже високий кореляційний зв'язок за шкалою Чеддока між вмістом клейковини і білка в зерні пшениці спельти ($R^2 = 0,98$).

Відомо [2, 11], що зерно пшениці спельти має слабку клейковину. У результаті досліджень встановлено, що до зберігання індекс деформації клейковини становив 100–102 од. п. ВДК залежно від варіанта удобрення (табл. 4). Слід відзначити, що після зберігання впродовж 30 діб індекс деформації був 102–104 од. п. ВДК. Збільшення тривалості зберігання до 360 діб

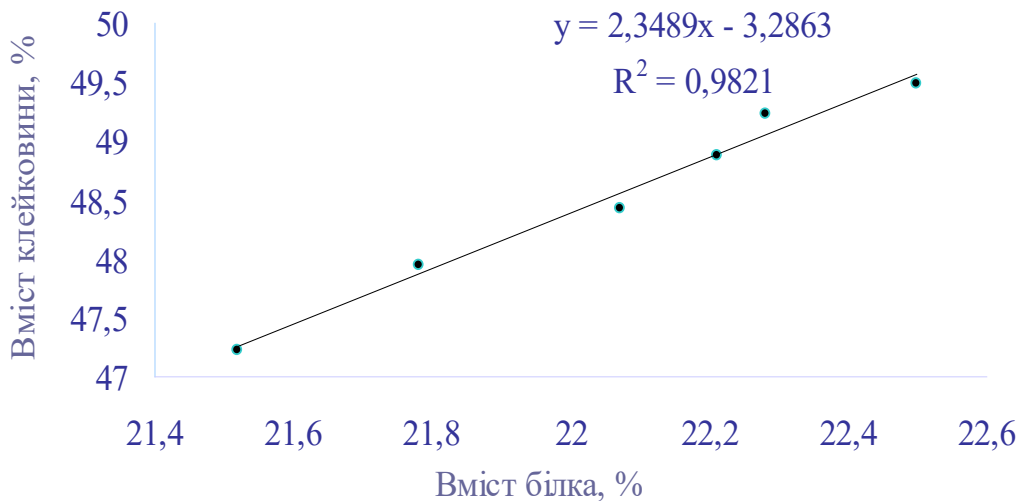


Рис. 1. Кореляційна залежність між вмістом білка та клейковини в зерні пшениці спельти.

Таблиця 4 – Динаміка індексу деформації клейковини пшениці спельти залежно від удобрення та тривалості зберігання, од. п. ВДК

Варіант досліді	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	101	102	102	101	103	105
$P_{60} + N_{120}$	102	103	104	103	106	108
$K_{60} + N_{120}$	101	103	104	104	105	107
$P_{60} K_{60}$ – фон	100	102	102	103	105	108
Фон + N_{120}	100	103	104	103	106	108
Фон + $N_{60} + N_{60}$	101	104	104	102	105	107
Фон + $N_{60} S_{70} + N_{60}$	100	102	103	101	104	106
<i>НІР</i> ₀₅		5				

достовірно ($НІР_{05}=5$) підвищувало цей показник до 105–108 од. п. ВДК, що відповідало III групі якості клейковини (незадовільно слабка).

Встановлено, що кращими фізичними властивостями упродовж усього періоду зберігання характеризувалось борошно із зерна, вирощеного за промислової системи землеробства [20]. Це підтверджує, що застосування азотних добрив за вирощування пшениці спелити значно поліпшує якість зерна. Слід відзначити, що кращі показники якості зерна пшениці спелити зберігались упродовж усього періоду зберігання. Підвищення хлібопекарських властивостей зерна спостерігали упродовж перших 30–90 діб зберігання. Істотне погіршення відмічали за зберігання зерна через 360 діб за всіх варіантів дослідів. Подібну тенденцію встановлено в дослідженнях інших вчених [20, 21].

Динаміка вмісту клейковиноутворювальних білків (гліадин + глютенін) у зерні пшениці спелити змінювалась залежно від тривалості зберігання (табл. 5). Встановлено, що до зберігання вміст клейковиноутворювальних білків (гліадин + глютенін) становив 15,5–20,5 % залежно від варіанта удобрення. Найменшим цей показник був у варіантах без добрив (контроль) та за внесення $P_{60}K_{60}$ і становив 15,5 %,

найбільшим – Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$ – 20,5 %. У решти варіантах вміст клейковиноутворювальних білків становив 19,6–20,2 %. Така тенденція зберігалась і впродовж наступного періоду зберігання. Однак за зберігання впродовж 30 діб вміст клейковиноутворювальних білків збільшився в середньому на 1,8 абс. % порівняно з показниками до зберігання.

Подальше зберігання зумовлювало зменшення вмісту клейковиноутворювальних білків. Так, за зберігання впродовж 90 діб цей показник становив 15,3–19,3 % залежно від удобрення; 180 – 14,6–18,3; 270 – 13,8–17,0; 360 – 13,2–15,6 %. Незалежно від тривалості зберігання підвищенню вмісту клейковиноутворювальних білків сприяло застосування азотних добрив.

У результаті проведених досліджень встановлено, що на вологість клейковини істотний вплив мала тривалість зберігання, тимчасом варіант удобрення впливав не істотно (табл. 6). Так, до зберігання цей показник становив 59,3–62,3 % і найбільшим був у варіантах без добрив і фосфорно-калійному живленні. Під час зберігання впродовж 30 діб вологість клейковини зменшувалась на 2,8 абс. %. Так, найбільшим цей показник був у варіантах без добрив (контроль) і за внесення $P_{60}K_{60}$ – 58,5–58,8 %,

Таблиця 5 – Динаміка вмісту клейковиноутворювальних білків (гліадин + глютенін) у зерні пшениці спелити залежно від удобрення та тривалості зберігання, %

Варіант дослідів	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	15,5	17,3	15,3	14,6	13,8	13,2
$P_{60} + N_{120}$	19,7	21,4	18,8	17,8	16,5	15,1
$K_{60} + N_{120}$	19,6	21,5	18,7	17,7	16,4	15,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	15,5	17,4	15,3	14,6	13,9	13,3
Фон + N_{120}	20,0	21,7	18,8	17,9	16,6	15,4
Фон + $N_{60} + N_{60}$	20,2	21,8	18,6	17,7	16,4	15,0
Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$	20,5	22,4	19,3	18,3	17,0	15,6
$НІР_{05}$		0,9				

Таблиця 6 – Динаміка вологості клейковини у зерні пшениці спелити залежно від удобрення та тривалості зберігання, %

Варіант дослідів	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	62,3	58,5	64,5	66,0	67,3	68,0
$P_{60} + N_{120}$	60,0	57,5	63,8	65,5	67,8	69,8
$K_{60} + N_{120}$	60,0	57,5	63,8	65,5	67,8	69,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	62,3	58,8	64,5	66,0	67,3	68,0
Фон + N_{120}	60,0	57,5	63,8	65,5	67,8	69,8
Фон + $N_{60} + N_{60}$	59,3	57,0	63,8	65,5	67,8	69,8
Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$	59,3	57,0	63,8	65,5	67,8	69,8
$НІР_{05}$		3,2				

а найменшим – у варіантах з роздрібним застосуванням азотних добрив – 57,0 %. Під час зберігання впродовж 90 діб вологість клейковини збільшувалась і становила 63,8–64,5 %, 180 – 65,5–66,0; 270 – 67,3–67,8; 360 – 68,0–69,8 % залежно від варіанта досліджу.

Встановлено, що кислотність зерна пшениці спелти змінювалась залежно від варіанта удобрення та тривалості зберігання (табл. 7). Так, до зберігання цей показник становив 3,0 град і не залежав від варіанта досліджу. За зберігання впродовж 30–90 діб кислотність збільшувалась і становила 3,4–3,6 град залежно від варіанта удобрення. Подальше зберігання також

них добрив. Вміст білка зростає від 18,6 до 22,8 % у варіанті $P_{60}K_{60} + N_{120}$. За таких умов вміст клейковини зростає від 41,1 до 49,9 %. Індекс деформації клейковини майже не змінюється (101–102 од. п. ВДК). Група якості клейковини незадовільно слабка. Вміст клейковиноутворювальних білків зростає на 29 % порівняно з ділянками, де добрив не застосували. Кислотність зерна за таких умов не змінюється від удобрення. Роздрібне застосування азотних добрив забезпечує вищі показники якості зерна, особливо за внесення $P_{60}K_{60} + N_{60}S_{70} + N_{60}$ – унаслідок кращого забезпечення рослин азотом і сіркою.

Таблиця 7 – Динаміка кислотності зерна пшениці спелти залежно від удобрення та тривалості зберігання, %

Варіант досліджу	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	3,0	3,4	3,4	3,6	3,8	4,0
$P_{60} + N_{120}$	3,0	3,6	3,6	3,7	3,9	4,1
$K_{60} + N_{120}$	3,0	3,6	3,6	3,7	3,9	4,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	3,0	3,4	3,4	3,6	3,7	4,0
Фон + N_{120}	3,0	3,6	3,6	3,7	3,8	4,1
Фон + $N_{60} + N_{60}$	3,0	3,4	3,4	3,7	3,8	4,0
Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$	3,0	3,4	3,4	3,7	3,8	4,0
<i>HIP</i> ₀₃		0,2				

підвищувало цей показник. Так, за зберігання 180 діб кислотність становила 3,6–3,7 град, 270 – 3,7–3,9; 360 – 4,0–4,1 град. Слід відзначити, що варіант удобрення мав неістотний вплив на цей показник. Це можна пояснити тим, що в процесі зберігання підвищується титрована та активна кислотність зерна, що зумовлена розщепленням жиру з утворенням вільних жирних кислот і розпадом фосфорганічних сполук з утворенням кислих фосфатів [23].

Відомо [8, 23], що титрована кислотність під час зберігання зерна зростає. Вважається, що вона зростає з подовженням терміну зберігання. За кислотності понад 4 град хлібопекарські якості зерна та смак отриманих з нього виробів різко погіршуються. Ці дані співпадають з дослідженнями. Отримані результати дослідження підтверджуються іншими вченими [24]. Початкові значення титрованої кислотності борошна із зерна пшениці озимої, вирощеного за різних систем землеробства, різнилися між собою неістотно (в середньому на 0,1–0,2 град). У зразках, що зберігали у звичайних нерегульованих температурних умовах упродовж календарного року, цей показник істотно збільшувався на 0,8–1,0 град.

Висновки. Встановлено, що пшениця спелта має високу реакцію на застосування азот-

Якість зерна пшениці спелти змінюється залежно від тривалості зберігання. Так, вміст білка, клейковини і клейковиноутворювальних його фракцій найвищий після зберігання впродовж 90 діб. Ці показники майже не змінювались після 180–270 діб зберігання. Після 360 діб вони знижуються до показників якості зерна перед його зберіганням. Індекс деформації клейковини зростає до 105–108 од. п. ВДК, або на 4–8 % залежно від удобрення порівняно зі свіжим зерном. Вологість клейковини знижується після 30 діб зберігання зерна, а потім зростає до 68,0–69,8 % після 360 діб залежно від варіанта досліджу. Кислотність зерна за таких умов також підвищується від 3,0 до 4,0–4,1 град.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Weed infestation of crops of winter spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) cultivars grown under different conditions of mineral fertilization and chemical plant protection / Andruszczak S. et al. Acta Agrobotanica. 2012. Vol. 65 (3). P. 109–118.
2. Любич В.В. Кондитерські властивості зерна пшениці спелти залежно від походження сорту та лінії. Зб. наук. пр. Уманського НУС. 2017. Вип. 91. С. 46–54.
3. Ходаницкий В., Ходаницкая О. Полба и спельта: новые перспективы выращивания. Пропозиция. 2017. № 3. С. 84–88.

4. Cacak-Pietrzak G., Gondek E., Jończyk Kr. Porównanie struktury wewnętrznej oraz właściwości przemiałowych ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej z uprawy ekologicznej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 2013. № 574. P. 3–10.

5. Нінієва А.К. Генетичне різноманіття спельти озимої за господарськими ознаками в умовах східної частини Лісостепу України. Селекція і насінництво. 2012. Вип. 101. С. 156–167.

6. Твердохліб О.В. Спельта і полба в органічному землеробстві. Посібник українського хлібороба. 2013. С. 154–155.

7. Любич В.В., Полянецька І.О. Якість цілої крупи із зерна спельти залежно від індексу його лушчення та водно-теплової обробки. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2015. № 2. P. 34–39.

8. Stankevych G., Kats A., Vasyliiev S. Investigation of hygroscopic properties of the spelt grain. Technology audit and production reserves. 2018. № 5/3(43). P. 37–41.

9. Любич В.В. Біологічна цінність білка пшениці спельти залежно від походження сорту та лінії. Зб. наук. пр. Уманського НУС. 2016. Вип. 89. С. 199–206.

10. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review / Escarnot E. et al. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment. 2012. Vol. 16 (2). P. 243–256.

11. Liubych V., Zheliezna V. Effect of water-heat treatment on spelt grain flour quality. Grain Products and Mixed Fodder's. 2020. Vol. 20. P. 19–25.

12. Хлібопекарські властивості зерна спельти залежно від удобрення / Господаренко Г.М. та ін. Вісник Уманського НУС. 2015. № 1. С. 11–16

13. Petrenko V. Influence of agriculture systems on the technological properties of winter wheat grain and flour during long term storage. Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2012. Vol. 12. P. 30–32.

14. Вожегова Р.А., Димов О.М. Застосування добрив як запорука збереження родючості ґрунтів і стійкого розвитку сільськогосподарського виробництва. Таврійський науковий вісник. 2016. Вип. 96. С. 21–30.

15. Господаренко Г., Ткаченко І. Якість пшениці спельти залежно від особливостей удобрення азотними добривами. Вісник Львівського НАУ. 2014. № 18. С. 68–75.

16. Господаренко Г.Н., Ткаченко І.Ю. Формирование продуктивности пшеницы спельты в зависимости от удобрення на черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом. Почвоведение и агрохимия. 2014. № 1(52). С. 226–235.

17. Закладной Г.А. Зерно: не только произвести, но и сохранить. Защита и карантин растений. 2015. № 10. С. 37–40.

18. Гулько С.М. Зміна якості зерна пшениці озимої та виготовленого з нього борошна за тривалого зберігання. Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. Вип. 162. С. 213–217.

19. Япачик В.Ф., Верхоланцева В.О. Исследование влияния условий хранения на изменения клейковины пшеницы. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2014. Вип. 14. С. 128–131.

20. Petrenko V., Tanchik S.P., Podpryatov N.I. Processing on alcohol of wheat grain deprived of bakery properties due to agricultural systems. Annals of agrarian science. 2013. Vol. 11(3). P. 86–90.

21. Petrenko V. Influence of storage conditions on germination on winter wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) in relation to agriculture systems. Zemes Ukio Mokslai. 2014. Vol. 21(3). P. 173–180.

22. Основи наукових досліджень в агрономії / Єщенко В.О. та ін. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К». 2014. 332 с.

23. Подпрятков Г.І., Ящук Н.О., Петренко В.В. Зміна технологічних властивостей зерна пшениці озимої, вирощеного за різних умов, у процесі тривалого зберігання. Науковий вісник НУБіП України. 2011. № 162. С. 299–307.

24. Петренко В.В. Динаміка вмісту та якості клейковини у пшеничному борошні за різних умов та термінів зберігання. Збірник наукових праць ІБКЦБ. 2012. № 1 (14). С. 315–319.

REFERENCES

1. Andruszczak, S., Kraska, P., Kwiecińska-Poppe, E. (2012). Weed infestation of crops of winter spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) cultivars grown under different conditions of mineral fertilization and chemical plant protection. Acta Agrobotanica. Vol. 65 (3), pp. 109–118.

2. Liubich, V.V. (2017). Confectionery properties of spelt wheat grain depending on the origin of the variety and strain [Confectionery properties of spelled wheat grain depending on the origin of the variety and line]. Zbirnyk naukovykh prats Umanssoho NUS [Collection of scientific works of Uman NUS], no. 91, pp. 46–54.

3. Khodanytskyi, V., Khodanytskaia, O. (2017). Polba y spelta: novie perspektivy virashchyvaniya [Polba and spelled: new prospects for cultivation]. Propozytysia [Proposal], no. 3, pp. 84–88.

4. Cacak-Pietrzak, G., Gondek, E., Jończyk, Kr. (2013). Porównanie struktury wewnętrznej oraz właściwości przemiałowych ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej z uprawy ekologicznej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. no. 574, pp. 3–10.

5. Niniieva, A.K. (2012). Henetychno riznomanittia spelyty ozymoi za hospodarskymy oznakamy v umovakh skhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Genetic diversity of winter spelled by economic characteristics in the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine]. Selektiia i nasinnystvo [Breeding and seed production]. no. 101, pp. 156–167.

6. Tverdokhlib, O.V. (2013). Spelta i polba v orhanichnomu zemlerobstvi [Spelta and spelled in organic farming]. Posibnyk ukrainskoho khliboroba [Handbook of Ukrainian farmers], pp. 154–155.

7. Liubych, V.V., Polyanetska, I.O. (2015). Jakist' ciloi' krupty iz zerna spel'ty zalezho vid indeksu jogo lushhinnja ta vodno-teplovoi' obrobky [Quality of cereals grain of spelt wheat depending on the index its unhusking and water-heat processing]. Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva [Bulletin of Uman NUH], no. 1, pp. 34–39.

8. Stankevych, G., Kats, A., Vasyliiev, S. (2018). Investigation of hygroscopic properties of the spelt grain. Technology audit and production reserves. no. 43, pp. 37–41.

9. Liubich, V.V. (2016). Biologichna cinnist' bilka pshenyци spel'ty zalezho vid pohodzhennja sortu ta linii' [Biological value of spelt wheat protein depending on the origin of the variety and strain]. Zb. nauk. pr. Umanskoho NUS [Collection of scientific works of Uman NUS], no. 89, pp. 199–206.

10. Escarnot, E., Jacquemin, J.M., Agneessens, R. (2012). Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. Vol. 16, pp. 243–256.
11. Liubych, V., Zheliezna, V. (2020). Effect of water-heat treatment on spelt grain flour quality. *Grain Products and Mixed Fodder's*. no. 20, pp. 19–25.
12. Hospodarenko, H.M., Liubych, V.V., Polianetska, I.O., Voziian, V.V. (2015). Khlibopekarski vlastyivosti zerna spelyty zalezno vid udobrennia [Baking properties of spelled grain depending on fertilizer]. *Visnyk Umanskooho NUS [Bulletin of Uman NUS]*, no. 1, pp. 11–16.
13. Petrenko, V. (2012). Influence of agriculture systems on the technological properties of winter wheat grain and flour during long term storage. *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. no. 12, pp. 30–32.
14. Vozhehova, R.A., Dymov, O.M. (2016). Zastosuvannia dobryv yak zaporuka zberezhenia rodiuchosti gruntiv i stiikoho rozvytku silskohospodarskoho vyrobnytstva [The use of fertilizers as a guarantee of preserving soil fertility and sustainable development of agricultural production]. *Tavriiskyyi naukovyyi visnyk [Tavriya Scientific Bulletin]*, no. 96, pp. 21–30.
15. Hospodarenko, H., Tkachenko, I. (2014). Iakist pshenytsi spelyty zalezno vid osoblyvosti udobrennia azotnymy dobryvamy [The quality of spelled wheat depending on the characteristics of nitrogen fertilizers]. *Visnyk Lvivskoho NAU [Bulletin of the Lviv NAU]*, no. 18, pp. 68–75.
16. Hospodarenko, H.N., Tkachenko, Y.IU. (2014). Formyrovanye produktyvnosti pshenytsi spelyty v zavysymosti ot udobrennia na chernozeme opodzolennom tiazhelosuhlynystom [Formation of productivity of spelled wheat depending on fertilizer on chernozem podzolic heavy loam]. *Pochvovedenye y ahrokhymyia [Soil science and agrochemistry]*, no. 1, pp. 226–235.
17. Zakladnoi, H.A. (2015). Zerno: ne tolko proyzvesty, no y sokhranyt [Grain storage and factors of its durability]. *Zashchyt y karantyn rastenyi [Storage and processing of grain]*, no. 10, pp. 37–40.
18. Hunko, S.M. (2011). Zmina yakosti zerna pshenytsi ozymoi ta vyhotovlenoho z noho boroshna za tryvaloho zberihannia [Changing the quality of winter wheat grain and flour made from it during long-term storage]. *Naukovyyi visnyk natsionalnoho universytetu biosursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine]*, no. 162, pp. 213–217.
19. Ialpachyk, V.F., Verkhohantseva, V.O. (2014). Yssledovanye vliyaniya uslovyi khraneniya na yzmeneniya kleikovyini shenytsi [Investigation of the influence of storage conditions on changes in wheat gluten]. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnogo ahrotekhnolohichnoho universytetu [Proceedings of the Tavriya State Agrotechnological University]*, no. 14, pp. 128–131
20. Petrenko, V., Tanchik S.P., Podpryatov, H.I. (2013). Processing on alcohol of wheat grain deprived of bakery properties due to agricultural systems. *Annals of agrarian science*. no. 11(3), pp. 86–90.
21. Petrenko, V. (2014). Influence of storage conditions on germination on winter wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) in relation to agriculture systems. *Zemes Ukio Mokslai*. no. 21(3), pp. 173–180.
22. Ieshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, V.P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]*. Vinnytsia, Edelweis i K, 332 p.
23. Podpriatov, H.I., Iashchuk, N.O., Petrenko, V.V. (2011). Zmina tekhnolohichnykh vlastyivosti zerna pshenytsi ozymoi, vyroshchenoho za riznykh umov, u protsesi tryvaloho zberihannia [Change of technological properties of winter wheat grain grown under different conditions in the process of long-term storage]. *Naukovyyi visnyk NUBiP Ukrainy [Scientific herald of the NULES of Ukraine]*, no. 162, pp. 299–307.
24. Petrenko, V.V. (2012). Dynamika vmistu ta yakosti kleikovyini u pshenychnomu boroshni za riznykh umov ta terminiv zberihannia [Dynamics of gluten content and quality in wheat flour under different conditions and terms of storage]. *Nauk. praci Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burakiv [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]*, no. 1, pp. 315–319.

Хлебопекарные свойства зерна пшеницы спельты в зависимости от удобрения и продолжительности хранения

Любич В.В., Железная В.В.

В статье приведены результаты исследования хлебопекарных свойств зерна пшеницы спельты в зависимости от удобрения и продолжительности хранения. Изучали сорт пшеницы спельты озимой (голозерный) Европа, полученный гибридизацией *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Для удобрения использовали аммиачную селитру, сульфат аммония, суперфосфат гранулированный, калий хлористый. Хранили зерно пшеницы спельты на протяжении года без доступа воздуха при нерегулированном температурном режиме в сухом состоянии (влажность при закладке на хранение 13,0–13,5 %) в герметических полиэтиленовых рукавах, в условиях обычного хранилища. Установлено, что пшеница спельта имеет высокую реакцию на применение азотных удобрений. Содержание белка увеличивалось от 18,6 до 22,8 % в варианте $P_{60}K_{60} + N_{120}$. Качество зерна пшеницы спельты изменялось в зависимости от продолжительности хранения. Так, перед хранением содержание клейковины составляло 41,1–50,4 % в зависимости от варианта удобрения. Наименьшим этот показатель был в варианте контроль и при внесении $P_{60}K_{60}$ – 41,1–41,2 %. В остальных вариантах удобрения содержание клейковины было на уровне 49,1–49,9 %. Наибольшим этот показатель был в варианте Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$ – 50,4 %, или на 9 % больше по сравнению с контролем. Хранение положительно влияло на содержание клейковины в зерне пшеницы спельты, поскольку ее содержание существенно увеличивалось. Это можно объяснить послеуборочным созреванием зерна, в процессе которого изменяется белково-протеиназный комплекс за счет окислительного действия, в частности кислорода воздуха. Так, после хранения на протяжении 30 суток этот показатель составлял 41,8–52,1 % в зависимости от варианта опыта. Наибольшим он был при внесении $N_{60}S_{70} + N_{60}$ – 52,1 %, а наименьшим – в варианте без удобрений и при фосфорно-калийном удобрении ($P_{60}K_{60}$) – 41,8–42,3 %. Эти показатели превышали содержание клейковины перед хранением в среднем на 1,2 абс. %. Содержание белка и клейковинообразующих его фракций были наибольши-

ми после хранения в течение 90 суток. Эти показатели почти не изменялись после 180–270 суток хранения. После 360 суток они снижались к показателям качества зерна перед его хранением. Индекс деформации клейковины увеличивался до 105–108 ед. п. ИДК, или на 4–8 % в зависимости от удобрения по сравнению со свежим зерном. Влажность клейковины снижалась после 30 суток хранения зерна, а затем возрастала до 68,0–69,8 % после 360 суток в зависимости от варианта опыта. Кислотность зерна при этом также повышалась от 3,0 до 4,0–4,1 град.

Ключевые слова: пшеница спельта, удобрения, хранение, белок, клейковина, динамика, влажность, кислотность.

Bakery properties of spelt wheat grain depending on fertilization and storage period

Liubych V., Zheliezna V.

The article presents the study results of spelt wheat grain baking properties depending on fertilization and storage period. Europe (huskless) winter spelt wheat variety obtained by hybridization of *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. was studied. For fertilization, ammonium nitrate, ammonium sulfate, granular superphosphate, potassium chloride were used. Spelt wheat grain was stored for a year without air access at an unregulated temperature regime dry (moisture content during storage – 13.0–13.5 %) in airtight polyethylene sleeves in the conditions of usual storage. It was found that spelt wheat has a high response to the application of nitrogen fertilizers. The protein content increased from 18.6 to 22.8 % in $P_{60}K_{60} + N_{120}$ variant. The spelt wheat grain

quality varied depending on the storage period. Thus, before storage, the gluten content was 41.1–50.4 % depending on the fertilizer variant. The lowest indicator was in the control variant and for $P_{60}K_{60}$ introduction – 41.1–41.2 %. In other fertilizer variants, the gluten content was at the level of 49.1–49.9 %. The largest was in $P_{60}K_{60} + N_{60}S_{70} + N_{60}$ – 50.4 % variant or 9 % compared to the control. Storage had a positive effect on the gluten content in spelt wheat grain as its content increased significantly. It can be explained by the post-harvest grain ripening, in the process of which the protein-proteinase complex changes due to the oxidizing action, oxygen, in particular. Thus, after storage for 30 days, this indicator was 41.8–52.1 % depending on the experiment variant. It was the largest when $N_{60}S_{70} + N_{60}$ was applied – 52.1 %, and the smallest in the variant with no fertilizers and with phosphorus-potassium ($P_{60}K_{60}$) fertilizer – 41.8–42.3 %. These indicators exceeded the gluten content before storage by an average of 1.2 abs. %. The content of protein and gluten-forming fractions is the highest after storage for 90 days. These indicators almost did not change after 180–270 days of storage. After 360 days they decreased to the grain quality indicators before storage. The gluten deformation index increased to 105–108 units of GSI instrument or by 4–8 % depending on the fertilization compared to fresh grain. Gluten moisture content decreased after 30 days of grain storage, and then increased to 68.0–69.8 % after 360 days, depending on the experiment variant. The grain acidity also increased from 3.0 to 4.0–4.1 degrees.

Key words: spelt wheat, fertilization, storage, protein, gluten, dynamics, moisture content, acidity.



Copyright: Любич В.В., Железна В.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Любич В.В.
Железна В.В.

<https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>
<https://orcid.org/0000-0002-1874-2155>


АГРОНОМІЯ

УДК 633.112:631.547.3

Оцінювання сортів пшениці твердої озимої за показниками росту та розвитку

Любич В.В. , Полянецька І.О. 

Уманський національний університет садівництва

 Любич В.В. E-mail: LyubichV@gmail.com

Любич В.В., Полянецька І.О. Оцінювання сортів пшениці твердої озимої за показниками росту та розвитку. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 85–92.

Ljubych V.V., Poljanec'ka I.O. Ocinjuvanja sortiv pshenyци tverdoi' ozymoi' za pokaznykamy rostu ta rozvytku. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 85–92.

Рукопис отримано: 07.04.2021 р.
Прийнято: 22.04.2021 р.
Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-85-92

У статті наведено результати вивчення формування показників росту та розвитку (тривалість вегетаційного періоду рослин, висота рослин, динаміка густоти, параметри колоса та врожайність зерна) вітчизняних сортів пшениці твердої озимої. Проаналізовано, що рівень прояву цих ознак значно змінюється залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Однак тривалість вегетаційного періоду майже не залежить від погодних умов і становить 268–269 діб. У фазу повної стиглості зерна висота рослин збільшувалась в 1,4–1,8 раза порівняно з колосінням з незначним варіюванням ($V = 1-5\%$) залежно від сорту. Найнижчими були рослини сортів Афіна, Континент і Лагуна – 71–76 см. Нерівномірний розподіл опадів і висока температура повітря 2013 р. сприяли формуванню меншої кількості стебел рослин пшениці твердої озимої порівняно зі сприятливішим 2014 р. У фазу повної стиглості зерна пшениці твердої озимої 2013 р. коефіцієнт загального кушіння становив 1,01–1,26 залежно від сорту. У 2014 р. густина стебел була найбільшою. У фазу повної стиглості зерна кількість стебел становила від 650 до 812 шт./м² залежно від сорту з коефіцієнтом загального кушіння 1,54–1,91. Слід відзначити, що у сортів Афіна та Лінкор зберігалась вища здатність до кушіння і виживання стебел у різних погодних умовах. Довжина колоса пшениці твердої озимої змінювалась від 5,9 до 6,7 см залежно від сорту з незначним і невеликим варіюванням ($V = 3-16\%$). Кількість колосків у колосі була від 16 до 20 шт. з незначним коефіцієнтом варіювання. Довжина колоса пшениці твердої озимої варіювала найбільше. Так, з дев'яти сортів коефіцієнт варіювання цього показника в шести сортах був середнім, а в решті – невеликим. Однак істотної різниці між сортами не було. Найвищу врожайність формували сорти Аргонавт, Гардемарин і Лінкор – 6,00–6,31 т/га, або на 13–19 % більше порівняно зі стандартом. Урожайність зерна значно змінювалась залежно від погодних умов вегетаційного періоду, про що свідчить також індекс стабільності, який був нижче одиниці (0,48–0,64). Менш сприятливі погодні умови 2013 р. забезпечили урожайність на рівні 3,74–4,63 т/га залежно від сорту. Сприятливіші погодні умови 2014 р. забезпечили урожайність зерна на рівні 5,46–8,25 т/га залежно від сорту пшениці твердої озимої. Очевидно, що позитивний вплив погодних умов 2014 р. на кушіння та виживання стебел пшениці твердої озимої зумовив формування більшої врожайності зерна.

Ключові слова: пшениця тверда озима, сорт, показники росту та розвитку, урожайність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця тверда – одна з найбільш важливих видів зернових культур, яка вирощувалася у світі на площі майже 17 млн га, а валове виробництво становило 38,1 млн т у 2019 році [1]. Найбільше зерна вирощують у країнах Європейського Союзу (9 млн т у 2018 р.),

а також у Канаді, Туреччині, США, Алжирі, Мексиці, Казахстані, Сирії та Індії [2]. Зони виробництва та вирощування пшениці твердої зосереджено в Середземноморському басейні. Крім того, країни цього регіону є найбільшими імпортерами і споживачами продуктів перероблення пшениці твердої. Серед країн Європей-

ського Союзу Італія вважається лідером у виробництві зерна пшениці твердої (4,26 млн т). [3, 4]. Тверда пшениця має значення як харчова культура, яка використовується для виготовлення макаронних виробів, крупи, кускусу, булгуру, пудингів, різних сортів хліба. Продукти перероблення зерна пшениці твердої мають нижчий глікемічний індекс порівняно з пшеницею м'якою [2, 5].

Проведені дослідження свідчать, що на процес формування продуктивності пшениці твердої значно впливають умови навколишнього природного середовища. В умовах нестійкого зволоження кількість колосків і зерна в колосі є найважливішими складовими у формуванні врожайності зерна. В умовах достатнього зволоження маса зерна з одного колоса є важливішою ознакою завдяки подовженню періоду формування зернівки і наявності вологи для фотосинтезу [6]. У пшениці модифікування морфології колоса може збільшити кількість і розмір зернівок, що значно впливає на врожайність цієї культури. Встановлено, що загальна та продуктивна кількість колосків, довжина колоса можуть бути маркерними ознаками високої врожайності. Однак щільність колоса не завжди співпадає з високою врожайністю. Отже, ознаки продуктивності колоса впливають на морфологію, їх можна використовувати для прогнозування та вдосконалення архітектури рослин і збільшення врожайності пшениці твердої [4].

Одним із елементів агротехнології пшениці твердої є сорт, від вибору якого залежить ефективність решти технологічних заходів [7]. Значення сорту пшениці доведено багатьма вченими [8–11]. Крім того, цей елемент є основним у виробництві органічної продукції [12]. Урожайність зерна залежить від показників росту рослин. Так, висота рослин і густота стебел пшениці впливають на стійкість до вилягання. Параметри колоса також визначають формування врожаю зерна [13]. Вченими [14] встановлено, що ці показники достовірно змінюються залежно від сорту пшениці твердої. Так, висота рослин змінювалась від 118 до 124 см залежно від сорту. Густота стебел – від 200 до 265 шт./м², довжина колоса – від 5,5 до 7,0 см, кількість колосків у колосі – від 16 до 20 шт. Слід відзначити, що між урожайністю та кількістю стебел встановлено високий кореляційний зв'язок ($r=0,94$), з кількістю колосків у колосі – істотний ($r=0,65$), а з довжиною колоса та висотою (за умови відсутності вилягання) – слабкий ($r=-0,21-0,35$). У дослідженнях інших вчених [15] урожайність зерна змінювалась від 2,19 до 5,51 т/га залежно

від сорту. Водночас вплив погодних умов був також різним. Так, у сорту пшениці твердої Annoseur цей показник змінювався від 2,90 до 3,20 т/га, а в сорту Tessaout – від 4,10 до 7,05 т/га залежно від року дослідження. Однак ці дослідження проводили в різних ґрунтово-кліматичних умовах, які відрізняються від Правобережного Лісостепу.

Нині в Україні значну увагу приділяють дослідженню продуктивності пшениці твердої ярої. Питання формування основних показників росту та розвитку сортів пшениці твердої озимої вивчено недостатньо. Так, урожайність пшениці твердої змінюється від 1,98 до 2,13 т/га залежно від сорту. Вченими встановлено високу реакцію на застосування азотних добрив за агротехнології цієї культури [16]. Залежно від погодних умов цей показник може змінюватися від 1,92 до 3,24 т/га [17]. Однак у цих дослідженнях вивчали продуктивність лише одного сорту. Крім того, всі експерименти проводили з сортами ярого типу розвитку рослин. Отже, дослідження питання формування показників росту та розвитку сортів пшениці твердої озимої є актуальними.

Мета дослідження – оцінювання сортів пшениці твердої озимої за тривалістю вегетаційного періоду, висотою, густотою, параметрами колоса та врожайністю в умовах Правобережного Лісостепу.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження щодо оцінювання сортів пшениці твердої озимої виконували у польових і лабораторних умовах Уманського національного університету садівництва впродовж 2013–2014 рр. У досліді використовували сорти пшениці твердої озимої (*Triticum durum* Desf.) Крейсер, Аргонавт, Континент, Макар, Гардемарин, Лагуна, Лінкор, Босфор. Контролем був сорт Афіна (st). Оригінація – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення. Площа дослідної ділянки становила 10 м², повторність п'ятиразова. Фази росту та розвитку рослин, висоту, густоту, параметри колоса визначали відповідно до Методики державного сортовипробування (2015). Висоту стебел і густоту визначали на початку фази кушіння, виходу рослин у трубку та колосіння. Урожайність визначали подільською. Групування коефіцієнта варіювання здійснювали за такими градаціями: 0–10 % – незначне, 10–20 – невелике, 20–40 – середнє, 40–60 – велике, ≥ 60 % – дуже велике. Статистичне оброблення даних здійснювали методом однофакторного дисперсійного аналізу польового досліді. Індекс стабільності визначали за такою формулою:

$$SE = \frac{HE}{LE},$$

де HE – найбільший прояв ознаки;

LE – найменший прояв ознаки.

Дослідна ділянка розміщувалась у Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції зони Лісостепу з географічними координатами за Гринвічем 48°46' 56,47" північної широти і 30° 14'48,51" східної довготи. Висота над рівнем моря – 245 м. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений.

Погодні умови значно відрізнялись від середньобагаторічних показників. Так, у 2013 р. погодні умови характеризувались меншою кількістю опадів. За період квітень–липень випало відповідно 209 мм опадів, або на 15 % менше середньобагаторічного показника (277 мм). Достатньою була кількість опадів у 2014 р. За період квітень–липень випало 292 мм опадів, однак розподіл їх був різним. У 2013 р. у фазу виходу рослин у трубку випало лише 13,3 мм, а в 2014 – 140,8 мм опадів. Середньодобова температура повітря також впливала на ріст та розвиток рослин сортів пшениці твердої озимої. Так, у період інтенсивного росту стебла (вихід рослин у трубку – колосіння) в 2013 р. вона була несприятливою порівняно з оптимальною (9–16 °С) і становила 18–21 °С. Середньодобова температура повітря в цей період упродовж 2014 р. досліджень була оптимальною.

Результати дослідження та обговорення. Встановлено, що основні показники росту рослин пшениці твердої озимої, крім тривалості вегетаційного періоду, змінювались залежно від сорту та погодних умов року дослідження. Так, у 2013 р. тривалість вегетаційного періоду не змінювалась залежно від сорту і становила 268 діб (табл. 1). Тривалість вегетаційного періоду в 2014 р. був 269 діб.

У середньому за два роки дослідження найменшими були рослини у фазу куцїння – 9–10 см залежно від сорту з незначним і невеликим варіюванням ($V = 7,3\text{--}19,4\%$) (табл. 2). У фазу виходу рослин у трубку цей показник збільшувався в 2,4–3,1 раза порівняно з куцїнням. У фазу колосіння висота пшениці твердої озимої становила 51–53 см залежно від сорту за $V = 8,0\text{--}17,1\%$. Цей показник збільшувався в 1,7–2,2 раза порівняно з виходом рослин у трубку. У фазу повної стиглості зерна висота рослин збільшувалась в 1,4–1,8 раза порівняно з колосінням з незначним варіюванням ($V = 1,2\text{--}5,0\%$) залежно від сорту. Найнижчими були рослини сортів Афіна, Континент і Лагуна – 71–76 см.

Відомо, що до дуже низьких належать рослини пшениці з висотою ≤ 60 см, низьких – 60–85, середніх – 85–105, високих – 105–120, дуже високих – ≥ 120 см. У сортів Афіна, Континент, Макар, Лагуна, Лінкор і Босфор рослини були низькими (71–76 см). Рослини сортів Крейсер, Аргонавт і Гардемарин мали середню висоту (85–91 см).

Таблиця 1 – Тривалість вегетаційного періоду рослин пшениці твердої озимої та календарні дати настання фаз росту залежно від сорту

Сорт	Фаза росту та розвитку						Тривалість всього, діб
	Сходи	Куцїння	Вихід у трубку	Колосіння	Молочна стиглість зерна	Повна стиглість зерна	
2013 р.							
Календарна дата							
Афіна (st), Крейсер, Аргонавт, Континент, Макар, Гардемарин, Лагуна, Лінкор, Босфор	13.10.12	18.11.12	29.04	18.05	03.06	07.07	–
	Тривалість вегетаційного періоду, діб						
	36*	162	19	16	35	–	
2014 р.							
Афіна (st)	16.10.13	06.11.13	25.04	22.05	08.06	11.07	–
	Тривалість вегетаційного періоду, діб						
	21*	170	27	17	34	–	
Календарна дата							
Крейсер, Аргонавт, Континент, Макар, Гардемарин, Лагуна, Лінкор, Босфор	16.10.13	06.11.13	25.04	22.05	11.06	11.07	–
	Тривалість вегетаційного періоду, діб						
	21*	170	27	20	31	–	

Примітка: * період сходи – початок куцїння.

Таблиця 2 – Висота рослин пшениці твердої озимої залежно від сорту (2013–2014 рр.), см

Сорт	Фаза росту та розвитку							
	Кущіння		Вихід у трубку		Колосіння		Повна стиглість зерна	
	$x \pm S_x$	V, %	$x \pm S_x$	V, %	$x \pm S_x$	V, %	$x \pm S_x$	V, %
Афіна (st)	10 ± 1	9,1	24 ± 1	3,2	52 ± 6	11,1	71 ± 1	2,0
Лагуна	9 ± 1	16,5	24 ± 1	4,7	52 ± 6	11,5	76 ± 1	1,2
Континент	10 ± 1	7,3	31 ± 3	11,5	52 ± 8	15,7	76 ± 2	3,1
Босфор	10 ± 1	10,2	24 ± 1	5,1	53 ± 6	12,1	81 ± 1	2,5
Макар	9 ± 2	19,4	25 ± 1	3,2	53 ± 4	8,0	84 ± 2	3,4
Лінкор	9 ± 2	18,8	25 ± 1	3,9	51 ± 7	14,1	85 ± 1	2,3
Аргонавт	10 ± 1	10,1	31 ± 4	14,1	52 ± 8	15,2	91 ± 4	4,0
Гардемарин	10 ± 1	9,6	24 ± 1	5,2	53 ± 8	15,6	91 ± 4	4,7
Крейсер	9 ± 1	16,4	31 ± 4	14,0	51 ± 8	17,1	91 ± 4	5,0

Нерівномірний розподіл опадів і висока температура повітря 2013 р. сприяли формуванню меншої кількості стебел рослин пшениці твердої озимої порівняно зі сприятливішим 2014 р. (табл. 3). Встановлено, що на початку виходу рослин у трубку 2013 р. густина стебел збільшувалась у 1,3–1,6 раза залежно від сорту порівняно з фазою сходів. Коефіцієнт загального кущіння за таких умов становив 1,30–1,56. Однак у фазу колосіння їх кількість зменшувалась до 465–594 шт./м², або на 17–33 %, а коефіцієнт загального кущіння – до 1,03–1,29, або на 20–26 % залежно від сорту. У фазу повної стиглості зерна пшениці твердої озимої густина стебел зменшувалась на 1–2 % порівняно з колосінням. Коефіцієнт загального кущіння

за таких умов становив 1,01–1,26 залежно від сорту. У 2014 р. густина стебел була найбільшою. Однак тенденція до зменшення їх зберігалась. Так, у фазу виходу рослин у трубку кількість стебел збільшувалась у 1,9–2,3 раза залежно від сорту порівняно з густиною рослин. Коефіцієнт загального кущіння був також найвищим – 1,88–2,25. У фазу колосіння цей показник зменшувався на 6–10 % порівняно з виходом рослин у трубку. У фазу повної стиглості зерна кількість стебел становила від 650 до 812 шт./м² залежно від сорту з коефіцієнтом загального кущіння 1,54–1,91. Слід відзначити, що у сортів Афіна та Лінкор зберігалась вища здатність до кущіння і виживання стебел у різних погодних умовах.

Таблиця 3 – Динаміка формування густоти пшениці твердої озимої залежно від сорту за роками досліджень

Сорт	Фаза росту та розвитку						
	Сходи	Вихід у трубку		Колосіння		Повна стиглість зерна	
	1	1	2	1	2	1	2
2013 р.							
Афіна (st)	462	710	1,54	581	1,26	568	1,23
Лагуна	462	693	1,50	475	1,03	468	1,01
Континент	462	601	1,30	475	1,03	470	1,02
Макар	462	733	1,59	485	1,05	472	1,02
Крейсер	462	644	1,39	495	1,07	479	1,04
Аргонавт	462	647	1,40	498	1,08	485	1,05
Гардемарин	462	644	1,39	505	1,09	488	1,06
Босфор	462	653	1,41	512	1,11	498	1,08
Лінкор	462	719	1,56	594	1,29	581	1,26
<i>НІР₀₅</i>	22	33	0,07	24	0,06	23	0,05
2014 р.							
Афіна (st)	422	792	1,88	723	1,71	650	1,54
Крейсер	429	898	2,09	828	1,93	739	1,72
Аргонавт	422	934	2,21	868	2,06	772	1,83
Лагуна	422	931	2,21	861	2,04	782	1,85
Макар	426	954	2,24	884	2,08	789	1,85
Гардемарин	429	957	2,23	894	2,08	809	1,89
Босфор	429	957	2,23	894	2,08	809	1,89
Континент	426	957	2,25	898	2,11	812	1,91
Лінкор	426	957	2,25	901	2,12	812	1,91
<i>НІР₀₅</i>	21	46	0,11	40	0,10	39	0,09

Примітка: 1 – густина стебел, шт./м², 2 – коефіцієнт загального кущіння.

Довжина колоса пшениці твердої озимої змінювалась від 5,9 до 6,7 см залежно від сорту з незначним і невеликим варіюванням ($V = 3,8-16,0$ %) (табл. 4). Кількість колосків у колосі була від 16 до 20 шт. з незначним коефіцієнтом варіювання. Довжина колоса пшениці твердої озимої варіювала найбільше. Так, з дев'яти сортів коефіцієнт варіювання цього показника в шести сортах був середнім, а в решти – невеликим. Однак істотної різниці між сортами не було.

Різні сорти мають різний набір генів, які по різному реагують на погодні умови та елементи агротехнології. Тому основні показники росту рослин пшениці твердої озимої значно змінювались, що підтверджено роботами інших вчених [12, 18].

Урожайність зерна пшениці твердої озимої значно змінювалась залежно від сорту (табл. 5). Так, цей показник у сортів Континент і Босфор був істотно меншим порівняно з сортом-стандартом (4,60–4,70 т/га), а в сорту Лагуна – на рівні контролю. Урожайність зерна решти сортів була істотно більшою порівняно з сортом Афіна. Найвищу врожайність формували сорти

Аргонавт, Гардемарин і Лінкор – 6,00–6,31 т/га, або на 13–19 % більше порівняно зі стандартом. Урожайність зерна значно змінювалась залежно від погодних умов року, про що свідчить також індекс стабільності, який був нижче одиниці (0,48–0,64). Менш сприятливі погодні умови 2013 р. забезпечили урожайність на рівні 3,74–4,63 т/га залежно від сорту. Сприятливіші погодні умови 2014 р. забезпечили урожайність зерна на рівні 5,46–8,25 т/га залежно від сорту пшениці твердої озимої. Очевидно, що позитивний вплив погодних умов 2014 р. на куціння та виживання стебел пшениці твердої озимої зумовив формування більшої врожайності зерна.

Сортові особливості зумовлені різним набором генів, які контролюють формування продуктивності рослин пшениці твердої [19]. У дослідженнях [6] виявлено 23 маркерних алелів, які визначають різні господарсько цінні ознаки. Різну реакцію пшениці твердої на умови вирощування також пояснюють інші вчені наявністю різних генів у сортів [20–22]. Тому сорти пшениці твердої озимої мали різні елементи продуктивності в досліді.

Таблиця 4 – Параметри колоса пшениці твердої озимої залежно від сорту, 2013–2014 рр.

Сорт	Показник					
	Довжина колоса, см		Кількість колосків у колосі, шт.		Довжина остюка, см	
	$x \pm S_x$	V, %	$x \pm S_x$	V, %	$x \pm S_x$	V, %
Афіна (st)	5,9 ± 0,9	16,0	18 ± 1	8,1	10,2 ± 2,6	26,2
Макар	6,2 ± 0,4	7,2	18 ± 1	8,0	11,0 ± 2,9	26,4
Босфор	6,2 ± 0,6	10,3	18 ± 1	8,1	10,8 ± 3,2	30,0
Лагуна	6,2 ± 0,9	15,7	16 ± 1	9,3	11,0 ± 2,1	19,1
Континент	6,3 ± 0,6	10,4	16 ± 1	9,5	10,6 ± 2,7	25,3
Аргонавт	6,5 ± 0,2	3,8	20 ± 1	7,6	11,6 ± 2,1	18,8
Крейсер	6,5 ± 0,4	7,0	20 ± 1	7,1	11,9 ± 2,3	20,4
Гардемарин	6,7 ± 0,5	7,1	20 ± 1	7,8	11,4 ± 1,1	10,2
Лінкор	6,5 ± 0,8	12,5	18 ± 1	7,4	11,0 ± 2,7	24,7

Таблиця 5 – Урожайність зерна пшениці твердої озимої та її стабільність залежно від сорту, т/га

Сорт	Рік проведення дослідження		Середнє	Індекс стабільності
	2013	2014		
Афіна (st)	4,12	6,46	5,29	0,64
Континент	3,74	5,46	4,60	0,68
Босфор	3,74	5,66	4,70	0,66
Лагуна	3,81	6,59	5,20	0,58
Макар	4,17	7,23	5,70	0,58
Крейсер	4,08	7,36	5,72	0,55
Аргонавт	4,06	7,93	6,00	0,51
Гардемарин	3,94	8,25	6,10	0,48
Лінкор	4,63	7,99	6,31	0,58
HIP_{05}	0,19	0,38	–	–

Висновки. Встановлено особливості формування основних показників росту та розвитку пшениці твердої озимої залежно від сорту. Проаналізовано, що рівень прояву цих ознак значно змінюється залежно від погодних умов року. Однак тривалість вегетаційного періоду майже не залежить від погодних умов року і становить 268–269 діб. У пшениці твердої озимої висота рослин упродовж вегетаційного періоду змінюється сильніше порівняно з повною стиглістю зерна. У сортів Афіна, Континент, Макар, Лагуна, Лінкор і Босфор рослини низькі (71–76 см), у сортів Крейсер, Аргонавт і Гардемарин мають середню висоту (85–91 см). Найвищу врожайність формують сорти пшениці твердої озимої Аргонавт, Гардемарин і Лінкор – 6,00–6,31 т/га. Їх рекомендовано використовувати у селекції пшениці твердої озимої.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. EUROSTAT. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
2. Kadkol G., Sissons M. Durum Wheat: Overview. Encyclopedia of Food Grains. Oxford: Academic Press Editors, 2018. P. 117–124.
3. Durum Wheat breeding in the mediterranean region: current status and future prospects / Xynias I.N. et al. Agronomy. 2020, Vol. 10. P. 1–27.
4. Post-Green revolution genetic advance in durum wheat: the case of Spain / Chairi F. et al. Field Crop. Res. 2018. P. 158–169.
5. Scherf K.A. Immunoreactive cereal proteins in wheat allergy, non-celiac gluten/wheat sensitivity (NCGS) and celiac disease. Curr. Opin. Food Sci. 2019. Vol. 25. P. 35–41.
6. Durum wheat landraces from east and west regions of the mediterranean basin are genetically distinct for yield components and phenology / Soriano J.M. et al. Front. Plant Sci. 2018. Vol. 9. P. 80–95.
7. Пшениця спельта / Г.М. Господаренко та ін.; за заг. ред. Г.М. Господаренка. К.: СІК ГРУП УКРАЇНА, 2016. 312 с.
8. Detection of molecular markers associated with yield and yield components in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum Desf.) under drought conditions / Dura S. et al. Crop Pasture Sci. 2013. Vol. 64. P. 957–964.
9. Analysis of gluten proteins composition during grain filling in two durum wheat cultivars submitted to two water regoms / Giuliani M.M. et al. Ital. J. Agron. 2014. Vol. 90 (1). P. 15–19.
10. Любич В.В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. Вісник Полтавської ДАА. 2017. № 3. С. 18–24.
11. Любич В.В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2017. Вип. 95. С. 146–161.
12. Evaluation of lines from a farmer participatory organic wheat breeding program / Entz M.H. et al. Crop Sci. 2018. Vol. 58. P. 243–255.
13. Farag H.I.A. Efficiency of three methods of selection in wheat breeding under saline stress conditions. Egypt. J. Plant Breed. 2013. Vol. 17. P. 85–95

14. Assessment of biological and agronomic diversity of seven durum wheat varieties cultivated in the Northeastern region of Algeria / Boudersa N. et al. Biodiversitas Journal of Biological Diversity. 2021. Vol. 22 (2). P. 220–259.

15. Bassi F.M., Nachit M.M. Genetic gain for yield and allelic diversity over 35 years of durum wheat breeding at ICARDA. Crop Breed. Genet. Genom. 2019. Vol. 1. P. 10–19.

16. Каленська С.М., Шутий О.І. Формування продуктивності та якості пшениці твердої ярої залежно від мінерального живлення у Правобережному Лісостепу України. Вісник Полтавської ДАА. 2016. № 3. С. 19–24.

17. Юла В.М., Дрозд М.О. Вплив погодних умов та удобрення на продуктивність пшениці твердої ярої в північній частині Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2015. № 2. С. 23–27.

18. Sivakumar S., Matthew P.R., Sansaloni C. Genome-Wide association analyses identify QTL hotspots for yield and component traits in durum wheat grown under yield potential, drought, and heat stress environments. Front. Plant Sci. 2018. Vol. 8. P. 18–29.

19. Exploring and mobilizing the gene bank biodiversity for wheat improvement / Sehgal D. et al. PLoS ONE. 2015. Vol. 10. P. 154–169.

20. Unlocking the genetic diversity within a Middle-East panel of durum wheat landraces for adaptation to semi-arid climate / Abu-Zaitoun S.Y. et al. Agronomy. 2018. Vol. 8. P. 1–12.

21. Quality selection and genetic diversity of tunisian durum wheat varieties using SSR markers / Babay E. et al. Biosci. J. 2019. P. 1002–1012.

22. Agriculture and Agri-Food Canada. Area, Yield, and Production of Canadian Principal Field Crops Report. URL: <https://aimis-simia.agr.gc.ca/rp/index-eng.cfm?action=pR&r=243&lang=EN>

REFERENCES

1. EUROSTAT. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
2. Kadkol, G., Sissons, M. (2018). Durum wheat: overview. Encyclopedia of Food Grains. Oxford, Academic Press. pp. 117–124
3. Xynias, I.N., Mylonas, I., Korpetis, E.G., Ninou, E., Tsaballa, A., Avdikos, I.D., Mavromatis, A.G. (2020). Durum wheat breeding in the mediterranean region: current status and future prospects. Agronomy. Vol. 10, pp. 1–27.
4. Chairi, F., Vergara-Diaz, O., Vatter, T., Aparicio, N., Nieto-Taladriz, M.T., Kefauver, S.C., Bort, J., Serret, M.D., Araus, J.L. (2018). Post-Green revolution genetic advance in durum wheat: the case of Spain. Field Crop. Res. pp. 158–169.
5. Scherf, K.A. (2019). Immunoreactive cereal proteins in wheat allergy, non-celiac gluten/wheat sensitivity (NCGS) and celiac disease. Curr. Opin. Food Sci. Vol. 25, pp. 35–41.
6. Soriano, J.M., Villegas, D., Sorrells, M.E., Royo, C. (2018). Durum wheat landraces from east and west regions of the mediterranean basin are genetically distinct for yield components and phenology. Front. Plant Sci. Vol. 9, pp. 80–95.
7. Hospodarenko, G.M., Kostogryz, V.P., Liubych, V.V. (2016). Pshenyca spel'ta [Wheat spelt]. Kyiv, SIK GROUP UKRAINE, 312 p.
8. Dura, S., Duwayri, M., Nachit, M., Sheyaboudi, F.A. (2013). Detection of molecular markers associated with yield and yield components in durum wheat (*Triticum turgidum* L.

var. durum Desf.) under drought conditions. *Crop Pasture Sci.* Vol. 64, pp. 957–964.

9. Giuliani, M.M., De Santis, M.A., Pompa, M., Giuzio, I., Flagella, Z. (2014). Analysis of gluten proteins composition during grain filling in two durum wheat cultivars submitted to two water regoms. *Ital. J. Agron.* Vol. 90, pp. 15–19.

10. Liubych, V.V. (2017). Vplyv abiotychnyh ta biotychnyh chynnykiv na produktyvnist' sortiv i liniy pshenyци spel'ty [The influence of abiotic and biotic factors on the productivity of varieties and spelled wheat lines]. *Visny`k Poltav's'koyi DAA [Bulletin of Poltava SAA]*, no. 3, pp. 18–24.

11. Liubych, V.V. (2017). Produktyvnist' sortiv i liniy pshenyци zalezno vid abiotychnyh i biotychnyh chynnykiv [Productivity of varieties and lines of wheat depending on abiotic and biotic factors]. *Visny`k agrarnoyi nauky` Pry`chornomor'ya [Ukrainian Black Sea region agrarian science]*. Issue 95, pp. 46–161.

12. Entz, M.H., Kirk, A.P., Carkner, M., Vaisman, I., Fox, S.L. (2018). Evaluation of lines from a farmer participatory organic wheat breeding program. *Crop Sci.* Vol. 58, pp. 243–255.

13. Farag, H.I.A. (2013). Efficiency of three methods of selection in wheat breeding under saline stress conditions. *Egypt. J. Plant Breed.* Vol. 17, pp. 85–95.

14. Boudersa, N., Ghania, C., Aicha, A., Cherfia, R. (2021). Assessment of biological and agronomic diversity of seven durum wheat varieties cultivated in the Northeastern region of Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity.* Vol. 22, no. 2, pp. 220–259.

15. Bassi, F.M., Nachit, M.M. (2019). Genetic gain for yield and allelic diversity over 35 years of durum wheat breeding at ICARDA. *Crop Breed. Genet. Genom.* Vol. 1, pp. 10–19.

16. Kalenska, S.M., Shutyi, O.I. (2016). Formuvannya produktyvnosti ta yakosti pshenyци tverdoi yaroї zalezno vid mineralnoho zhyvlennia u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Formation of productivity and quality of durum spring wheat depending on mineral nutrition in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visny`k Poltav's'koyi DAA [Bulletin of Poltava SAA]*, no. 3, pp. 19–24.

17. Yula, V.M., Drozd, M.O. (2015). Vplyv pohodnykh umov ta udobrennia na produktyvnist' pshenyци tverdoi yaroї v pivnichnii chastyni Lisostepu [Influence of weather conditions and fertilizers on the productivity of spring durum wheat in the northern part of the Forest-Steppe]. *Visny`k agrarnoyi nauky [Bulletin of agrarian science]*, no. 2, pp. 23–27.

18. Sivakumar, S., Matthew, P.R., Sansaloni, C. (2018). Genome-Wide association analyses identify QTL hotspots for yield and component traits in durum wheat grown under yield potential, drought, and heat stress environments. *Front. Plant Sci.* Vol. 8, pp. 18–29.

19. Sehgal, D., Vikram, P., Sansaloni, C.P., Ortiz, C., Pierre, C.S., Payne, T., Ellis, M., Amri, A., Petrol, C.D., Wenzl, P. (2015). Exploring and mobilizing the gene bank biodiversity for wheat improvement. *PLoS ONE.* Vol. 10, pp. 154–169.

20. Abu-Zaitoun, S.Y., Chandrasekhar, K., Assili, S., Shtaya, M.J., Jamous, R.M., Mallah, O.B., Nashef, K., Sela, H., Distelfeld, A., Alhajaj, N. (2018). Unlocking the genetic diversity within a Middle-East panel of durum wheat

landraces for adaptation to semi-arid climate. *Agronomy.* Vol. 8, pp. 1–12.

21. Babay, E., Mnasri, S.R., Mzid, R., Naceur, M.B., Hanana, M. (2019). Quality selection and genetic diversity of tunisian durum wheat varieties using SSR markers. *Biosci. J.* pp. 1002–1012.

22. Agriculture and Agri-Food Canada. Area, Yield, and Production of Canadian Principal Field Crops Report. Available at: <https://aimis-simia.agr.gc.ca/rp/index-eng.cfm?action=pR&r=243&lang=EN>

Оценка сортов пшеницы твердой озимой по показателям роста и развития

Любич В.В., Полянецкая И.О.

В статье приведены результаты изучения формирования показателей роста и развития (продолжительность вегетационного периода растений, высота растений, динамика густоты стеблей, параметры колоса и урожайность зерна) отечественных сортов пшеницы твердой озимой. Проанализировано, что уровень проявления этих признаков значительно изменяется в зависимости от погодных условий вегетационного периода. Однако продолжительность вегетационного периода почти не зависит от погодных условий и составляет 268–269 суток. В фазу полной спелости зерна высота растений увеличивалась в 1,4–1,8 раза по сравнению с колошением с незначительным варьированием ($V = 1–5\%$) в зависимости от сорта. Самыми низкими были растения сортов Афина, Континент и Лагуна – 71–76 см. Неравномерное распределение осадков и высокая температура воздуха 2013 г. способствовали формированию меньшего количества стеблей растений пшеницы твердой озимой по сравнению с благоприятным 2014 г. В фазу полной спелости зерна пшеницы твердой озимой 2013 г. коэффициент общего кущения составлял 1,01–1,26 в зависимости от сорта. В 2014 г. густота стеблей была наибольшей. В фазу полной спелости зерна количество стеблей составляло от 650 до 812 шт./м² в зависимости от сорта с коэффициентом общего кущения 1,54–1,91. Следует отметить, что у сортов Афина и Линкор сохранялась лучшая способность к кущению и выживанию стеблей в различных погодных условиях. Длина колоса пшеницы твердой озимой изменялась от 5,9 до 6,7 см в зависимости от сорта с незначительным и небольшим варьированием ($V = 3–16\%$). Количество колосков в колосе было от 16 до 20 шт. с незначительным коэффициентом варьирования. Длина колоса пшеницы твердой озимой варьировала больше. Так, из девяти сортов коэффициент варьирования этого показателя в шести сортах был средним, а в остальных – небольшим. Однако существенной разницы между сортами не было. Наивысшую урожайность формировали сорта Аргонавт, Гардемарин и Линкор – 6,00–6,31 т/га, или на 13–19 % больше по сравнению со стандартом. Урожайность зерна значительно изменялась в зависимости от погодных условий вегетационного периода, о чем свидетельствует также индекс стабильности, который был ниже единицы (0,48–0,64). Менее благоприятные погодные условия 2013 г. обеспечили урожайность на уровне 3,74–4,63 т/га в зависимости от сорта. Благоприятные погодные условия 2014 г. обеспечили урожайность зерна на уровне 5,46–8,25 т/га в зависимости от сорта пшеницы твердой озимой. Очевидно, что положительное влияние

погодных условий 2014 г. на кущение и выживание стеблей пшеницы твердой озимой обусловило формирование большей урожайности зерна.

Ключевые слова: пшеница твердая озимая, сорт, показатели роста и развития, урожайность.

Evaluation of durum winter wheat varieties by growth and development indicators

Liubych V., Polianetska I.

The article presents the study results of the formation of growth and development indicators (growing season length of plants, plant height, density dynamics, ear parameters and grain yield) of domestic varieties of durum winter wheat. It is analyzed that the level of the signs manifestation varies significantly depending on the weather conditions of the growing season. However, the growing season duration hardly depend on weather conditions and is 268–269 days. In the full ripeness stage, the height of plants increased 1.4–1.8 times in comparison with earing with insignificant variation ($V=1-5\%$) depending on the variety. The lowest plants were Athena, Continent and Laguna – 71–76 cm. Uneven precipitation distribution and high air temperature in 2013 contributed to the formation of fewer stems of durum winter wheat plants compared to more favourable 2014. In the full ripeness stage of durum winter wheat grain in 2013, the coefficient of total tillering was 1.01–1.26 depending on the variety. In 2014, the stem density was the highest. In

the full ripeness stage of grain, the number of stems ranged from 650 to 812 pcs/m² depending on the variety with a total tillering rate of 1.54–1.91. It should be noted that Athena and Linkor varieties retained a higher ability to tillering and stem survival in different weather conditions. The ear length of winter durum wheat varied from 5.9 to 6.7 cm depending on the variety with slight and small variation ($V=3-16\%$). The number of spikelets in the ear was from 16 to 20 pcs with a small variation coefficient. The ear length of durum winter wheat varied most. Thus, of the nine varieties, the variation coefficient of this indicator in six varieties was average, and in the rest of them - small. However, there was no significant difference between the varieties. The highest yields were formed by Argonaut, Gardemaryn and Linkor varieties – 6.00–6.31 t/ha or 13–19 % more than the standard. Grain yield varied significantly depending on the weather conditions of the growing season, which is also evidenced by the stability index and was below 1 (0.48–0.64). Less favourable weather conditions in 2013 provided the yield of 3.74–4.63 t/ha depending on the variety. More favourable weather conditions in 2014 provided the grain yield of 5.46–8.25 t/ha depending on durum winter wheat variety. It is obvious that the positive effect of weather conditions in 2014 on tillering and stem survival of winter durum wheat determined the formation of higher grain yield.

Key words: durum winter wheat, variety, growth and development indicators, yield.



Copyright: Любич В.В., Полянецька І.О. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Любич В.В.
Полянецька І.О.

<https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>
<https://orcid.org/0000-0002-5473-884X>


АГРОНОМІЯ

УДК: 633.522:[631.527:575]

Статевая структура конвергентних гібридів конопель

Міщенко С.В. 

Інститут луб'яних культур НААН

 Міщенко С.В. E-mail: serhii-mishchenko@ukr.net

Міщенко С.В. Статевая структура конвергентних гібридів конопель. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 93–103.

Mishchenko S.V. Stateva struktura konvergentnyh gibrydiv konopel'. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 93–103.

Рукопис отримано: 02.03.2021 р.

Прийнято: 17.03.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-93-103

Інбридинг і його крайня форма – самозапилення – є ефективним прийомом для стабілізації ознаки однодомності промислових конопель. Гібриди, компонентами яких були самозапилені лінії, здебільшого характеризувались статевим складом з більшою часткою однодомної фемінізованої матірки, порівнюючи з вихідними формами, і відсутністю чоловічих рослин. Частка однодомної фемінізованої матірки (основного статевого типу сучасних сортів) у гібридів, створених у результаті схрещування у напрямках вертикальної конвергенції, коливалась в межах від 54,2 до 100,0 %, а у гібридів, створених у результаті схрещування у напрямках горизонтальної конвергенції, – від 37,7 до 100,0 %.

У селекції промислових конопель доцільним є використання гібридизації у напрямках вертикальної і горизонтальної конвергенції, особливо для отримання вихідного матеріалу зі стабільною ознакою однодомності, з високими показниками біомаси рослин, волокнистості і насінневої продуктивності. Зокрема, рекомендуємо такі схрещування: 1) першого і третього покоління простих лінійносортових гібридів різних еколого-географічних типів, споріднених з однією з батьківських форм ($F_1 // F_3$); 2) схрещування простих міжлінійних гібридів різних еколого-географічних типів з інбредною лінією середньоевропейського типу більш пізнього покоління від самозапилення (міжлінійний гібрид // самозапилена лінія); 3) реципрокні схрещування простих міжлінійних гібридів різних еколого-географічних типів з вихідним сортом самозапиленої лінії середньоевропейського типу (міжлінійний гібрид // сорт і сорт // міжлінійний гібрид); 4) схрещування простих лінійносортових і міжсортових гібридів першого покоління, споріднених за однією з батьківських форм.

Послідовне використання кросбридингу, інбридингу (або дивергенції), гібридизації (або схрещування у напрямках вертикальної і горизонтальної конвергенції) сприяло створенню гетерозисних форм конопель зі стабільним продуктивним потенціалом, однорідною статевою структурою і відсутністю психотропних властивостей. Прикладом такого перспективного матеріалу є створений сорт Аврора.

Ключові слова: коноплі, селекція, статевість, однодомність, кросбридинг, інбридинг, дивергенція, конвергенція, гібрид, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Коноплі посівні (*Cannabis sativa* L.) придатні для використання в багатьох галузях промисловості, зокрема з них виготовляють текстильні вироби, біокомпозитні матеріали, окремі складові в автомобілебудуванні, папір, біодизель, косметику, фармацевтичні препарати, продукти харчування, застосовують у тваринництві та як біоенергетичну культуру тощо [1].

У світовій практиці сформувались наступні мета і основні завдання сучасної селекції конопель: підвищення урожайності волокна і його якості, контроль за ознаками однодомності і вмісту канабіноїдів, стабілізація тривалості вегетаційного періоду і створення стійкого до шкідників і хвороб вихідного матеріалу [1]. Водночас використовують як класичні (масовий та індивідуальний добір, кросбридинг, інбридинг і гібридизацію) [2] й біотехнологічні

[2, 3] методи селекції, так і молекулярні технології (використання генетичних маркерів для маркування селекційних ознак), однак розроблення останніх ще розвивається і знаходиться на початкових етапах впровадження [1, 4–9].

Перед селекціонерами постає першочергове завдання розширення сортової різноманітності культури конопель за інноваційними напрямками господарського використання. Зокрема встановлено, що коноплі придатні для вирощування на Cd-забрудненому ґрунті, оскільки вони досить толерантні до токсичності Cd, [10] та інших важких металів (As, Pb, Ni, Hg) [11], тобто можуть бути використані як потенціальна культура для очищення ґрунту. Коноплі є конкурентоздатними, порівнюючи з іншими біоенергетичними культурами, наприклад кукурудзою і цукровими буряками за виробництва біогазу і багаторічними рослинами за виробництва твердого біопалива, оскільки дають високі урожаї біомаси і добрий питомий вихід метану з потенціалом збільшення за умови попереднього оброблення сировини [12–15].

Дедалі більшої актуальності набуває підвищення вмісту білка в ядрах насіння конопель та оптимізації співвідношення жирних кислот в олії, які дуже цінуються як важливий продукт харчування. Зростають обсяги використання обрешеного насіння для виготовлення, наприклад, «суперфудів». У дослідженнях, проведених із залученням 20-ти генотипів різного генетичного і еколого-географічного походження, вміст білків у насінні варіював від 19,5 до 26,9 %, за разом ядра містили небагато крохмалю (менше 2 %); вміст жирів становив від 26,6 до 37,8 % (сорт вітчизняної селекції ЮСО 31 виділявся за цією ознакою – 37,2 %), водночас співвідношення жирних кислот ω -6 і ω -3 було в межах від 2,1 до 4,9, у семи зразків воно дорівнювало 3 [16]. Останнім часом підвищується інтерес до конопель посівних як культури медичного напрямку використання. Сорти такого типу повинні мати високий вміст канабідіолу [17] або інших непсихотропних канабіноїдів, наприклад канабігеролу [18], який не є психотропною речовиною, та не містити (чи містити в кількостях, які не виявляють психотропних властивостей) тетрагідроканабінолу.

Постає проблема обґрунтування і поглиблення теоретичних основ селекційної роботи з сортами, гетерозисними гібридами і самозапиленими лініями однодомних непсихотропних конопель та розроблення методології створення генетично стабільного селекційного матеріалу в напрямі поліпшення цінних госпо-

дарських ознак, що сприятиме створенню сировинної бази для ефективної організації різнопланових виробництв, зокрема, текстильних і біоенергетичних виробів, продуктів харчування, косметичних, лікарських засобів та ін.

Водночас не знімається проблема стабілізації ознаки однодомності через зменшення у структурі популяції частки однодомних конопель плосконі (до повної відсутності) і збільшення найбільш продуктивного статевого типу – однодомної фемінізованої матірки. У природі коноплі є дводомними рослинами з чітко вираженим статевим диморфізмом і різною тривалістю періоду вегетації жіночих і чоловічих особин. Жіночі рослини, або матірка, мають компактне суцвіття й жіночі квітки, чоловічі рослини, або плоскінь, мають розріджене суцвіття й чоловічі квітки. З біологічного погляду розрив у дозріванні плосконі і матірки є адаптацією до умов існування, а дводомні коноплі – сучасний етап еволюційного розвитку виду. З практичного ж боку більш раннє досягання чоловічих рослин (приблизно на місяць) спричиняє труднощі під час збирання врожаю.

За теорією генотипічного визначення статі конопель Н.Д. Мигалія [19], статевий поліморфізм детермінований цілісною системою взаємодії генетичних чинників статевих хромосом і аутосом. Так, у *X*-хромосомі локалізований ген-реалізатор жіночої статі *F* та ген *i*, що контролює компактний тип суцвіття, відповідно в *Y*-хромосомі – ген-реалізатор чоловічої статі *M* та ген *I*, що контролює розріджений тип суцвіття, гени чоловічої статі домінують до генів жіночої статі. В аутосомах локалізовані алелі: *A*-чинник, що зумовлює закладання чоловічих, і *G*-чинник, що зумовлює закладання жіночих генеративних органів ($A > a$, $G > g$), які розподіляються під час ділення ядра незалежно від генів статі статевих хромосом. Ген *F* пригнічує чинник *A* незалежно від його валентності й стимулює реалізацію чинника *G*, в результаті чого рослина формує жіночі квітки. Ген *M* пригнічує чинник *G* і стимулює реалізацію чинника *A*, що зумовлює формування чоловічих квіток [19].

Виникнення однодомних конопель пов'язане з переходом алелів *i*, *I*, *F*, *M* у новий стан i_m , I_m , F_m , M_m , водночас гени-реалізатори статі інактивуються. Явище множинного алелізму генів статі статевих хромосом є причиною поліморфізму рослин однодомних конопель за первинними й вторинними ознаками статі. Об'єднання алелів *IM* з будь-якими алелями однодомності дає плоскінь, гетерозиготну за ознаками чоловічої й однодомної статі. Унас-

лідок комбінації між собою різних алелів одностомності, а також сполучення їх з алелями *IF* утворюється безперервний ряд рослин за габітусом від компактного типу матірки до розрідженого типу плосконі з різним співвідношенням чоловічих і жіночих квіток на них залежно від валентності *AG*, що сполучаються в процесі запліднення [19]. Через такий складний генетичний механізм визначення статі з часу створення одностомних конопель існує проблема закріплення ознаки одностомності, оскільки сорти схильні до спонтанного вищеплення рослин плосконі, зростаюча кількість яких у популяції може з часом розмити межу між одностомними і двостомними коноплями.

Основоположним у селекції є формотворення унікальних генотипів. Досить часто важливі ознаки проявляються під дією полігенних систем. За теорією Ю.П. Мирюты, обґрунтованої в галузі генетики популяцій, рослинам властива саморегульовальна полігенна система вибіркового запліднення, яка функціонує завдяки періодичній зміні інбридингу і кросбридингу [20]. Сутність цих уявлень полягає в тому, що кросбредні, високогетерозиготні рослини із суміші пилку, який потрапляє на приймочки їхніх квіток, запліднюються своїм пилком або пилком від споріднених особин. Добір свого пилку або пилку споріднених особин під час запліднення відбувається впродовж декількох поколінь до настання високого рівня гомозиготності. Як тільки гомозиготність досягне певного рівня, характер добору пилку під час запліднення змінюється. Починають діяти чинники, які забезпечують запліднення чужим, тобто генетично неспорідненим пилком. Отже, інбридинг замінюється кросбридингом. У результаті взаємодії цих двох явищ, внаслідок селективного добору пилку, вибирається низка генних комбінацій у складі генотипів пилкових зерен, у популяції виникає набагато більше спадкових комбінацій, ніж це було б можливим лише за одного із способів розмноження, підтримується досить висока мінливість особин з різним рівнем гетерозиготності чи гомозиготності генетичних систем, що відкриває значні можливості в селекції різних культур [20].

І.Б. Поліщук та В.Д. Поліщук висловили думку, що всі формотворчі процеси в селекції починаються з кросбридингу (простого або складного), як джерела високої гетерозиготності, з переходом на інбридинг (жорсткий, помірний або м'який), як засобу підвищення гомеостатичності вихідного матеріалу, і завершується третім видом формотворення – кон-

вергенцією (вертикальною, горизонтальною і змішаною), яка відбувається як несправжній кросбридинг, бо проводять складні схрещування різного ступеня спорідненості. Успішним формотворення цінних генотипів стає за умови сумісного застосування інбридингу і кросбридингу, оскільки зміна генетичних (спадкових) чинників проходить двома способами – мутаціями та інтрогресією генів [21]. Вважаємо, що в селекції рослин після кросбридингу фактично відбуваються два явища – дивергенція (розходження ознак під час інбридингу, внаслідок чого утворюється багато досить відмінного селекційного матеріалу від вихідних форм) і конвергенція (сходження ознак внаслідок гібридації різного ступеня спорідненості).

Дослідники вважають, що конвергенція різних напрямів є джерелом позитивних і негативних трансгресій за найважливішими ознаками, які цікавлять селекціонера тієї чи іншої сільськогосподарської культури, і, якщо для створення стабільно високої урожайності сорту потрібно добирати лише позитивні трансгресії, то негативні використовують, наприклад, для створення сортів зі зниженим вмістом небажаних речовин. Ефективність конвергенції в селекції визначається поєднанням у генотипі комплементарності алельних генів гомологічних хромосом, одержаної у результаті близькоспорідненого розмноження з ефектом гетерозису від міжбекросних і міжінбредних відмінностей вихідного матеріалу, а тому є рушійним чинником експериментальної еволюції організмів, зокрема культурних рослин [21].

До вертикальної конвергенції належать:

1) сходження різних поколінь бекросів (помірний інбридинг) за внутрішньосімейного схрещування, де за батьківську беруть форми з ранніх, більш гетерозиготних поколінь, а за материнську – форми з більш пізніх гомозиготних поколінь;

2) сходження різних інбредних поколінь з однієї сім'ї (м'який інбридинг → помірний інбридинг-добір → пересів у поколіннях) та об'єднання кращих доборів у єдину субпопуляцію [21].

До горизонтальної конвергенції належать:

1) сходження простих гібридів одного покоління, споріднених за однією з батьківських форм, – напівсібсів;

2) сходження бекросів одного покоління від різних батьківських пар, споріднених за рекурентним сортом [21].

Для культури конопель проблеми конвергентної гібридації і залучення до гібридації самозапиленних ліній є досить новими.

Мета дослідження – встановити особливості прояву статевої структури гібридів одностомних промислових конопель, створених у напрямках вертикальної і горизонтальної конвергенції, та виділити найліпші варіанти.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили на базі Інституту луб'яних культур НААН (м. Глухів Сумської обл.). Самозапилення і гібридизацію проводили в умовах вегетаційного будинку відповідно з використанням індивідуальних і групових ізоляторів.

У межах вертикального напрямку конвергенції реалізовано дві схеми схрещувань: за першою проведено гібридизацію простих лінійносортових гібридів, створених із залученням віддалених еколого-географічних типів (південного і середньоевропейського), за схемою: $F_1 // F_3, F_3 // F_1$ і $F_2 // F_4, F_4 // F_2$; за другою проведено реципрокні схрещування простих міжлінійних гібридів, створених також із залу-

ченням віддалених еколого-географічних типів (середньоевропейського і південного) і самозапиленої лінії (I_4 Глесія / I_6 Золотоніські 15 // I_6 Глесія і I_6 Глесія // I_4 Глесія / I_6 Золотоніські 15), а також реципрокні схрещування цих самих простих міжлінійних гібридів і сорту, який був вихідним для однієї з інбредних ліній (I_4 Глесія / I_6 Золотоніські 15 // Глесія і Глесія // I_4 Глесія / I_6 Золотоніські 15) (рис. 1).

У межах горизонтального напрямку конвергентних схрещувань одна схема передбачала проведення гібридизації простих лінійносортових гібридів першого покоління, споріднених за батьківською формою – сортом Глухівські 51, із залученням матеріалу в межах одного і двох різних еколого-географічних типів. Інша схема передбачала проведення аналогічних схрещувань, однак простих міжсортових гібридів першого покоління, споріднених з тією самою батьківською формою-запилювачем – сортом Глухівські 51 (рис. 2).

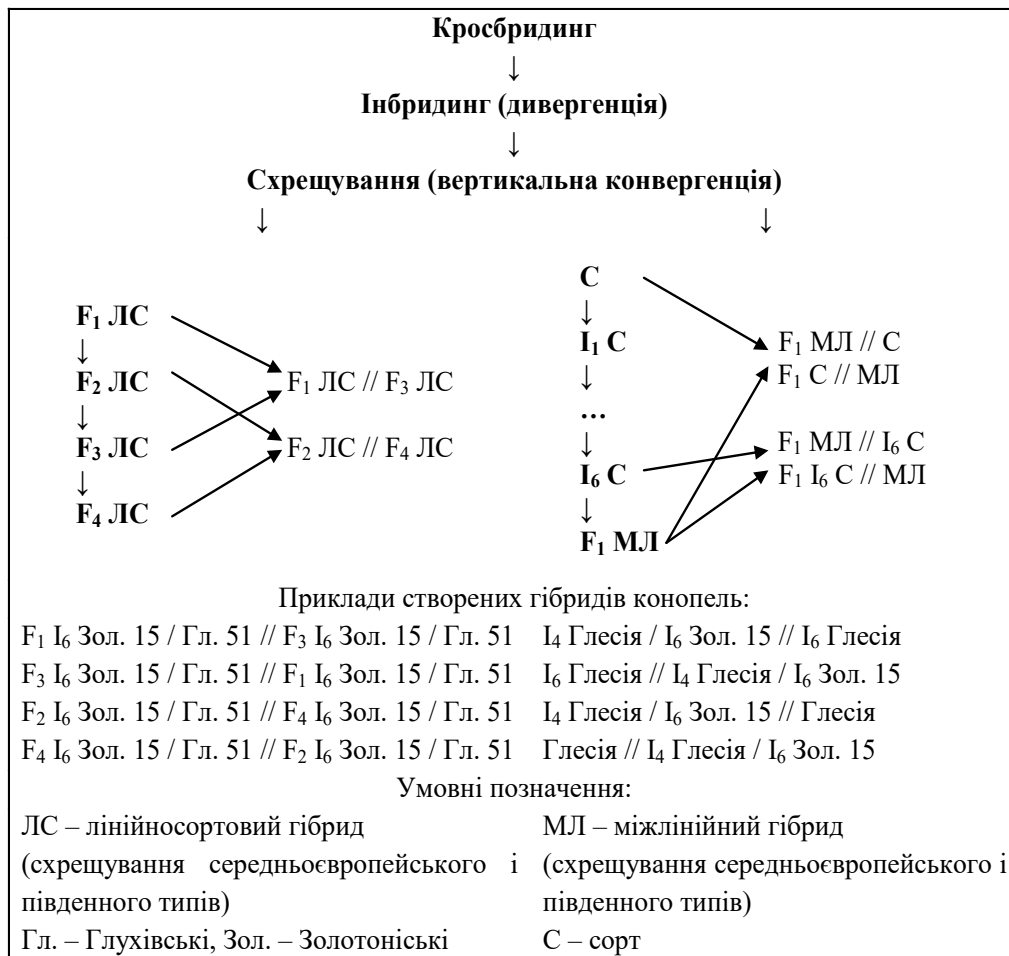


Рис. 1. Схема вертикальної конвергенції у селекції конопель.

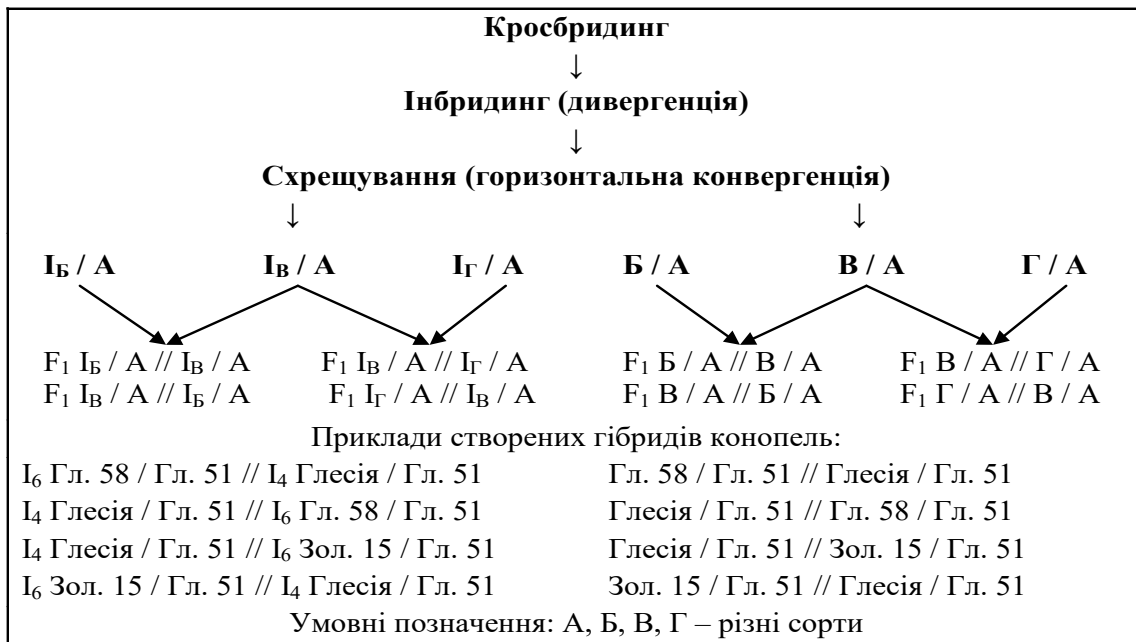


Рис. 2. Схема горизонтальної конвергенції у селекції конопель.

Аналіз потомства за статевим складом та іншими селекційними ознаками здійснювали в розсаднику оцінки за площі живлення рослин 30 x 5 см, статеві типи визначали за наступною класифікацією: МОК – матірка однодомних конопель, ОФМ – однодомна фемінізована матірка, СОФР – справжні однодомні фемінізовані рослини, ОФП – однодомна фемінізована плоскінь, ФП – фемінізована плоскінь, ОМР – однодомні маскулінізовані рослини, ПОК – плоскінь однодомних конопель.

Результати дослідження та обговорення. Домінуючим статевим типом у сучасних сортів конопель (вихідних форм для самозапилення і конвергентних схрещувань) є ОФМ. Вона є найбільш продуктивною за насінням і дає порівняно стабільне за ознакою однодомності потомство (однодомна форма конопель була штучно створена селекціонерами з метою забезпечення можливості одноразового механізованого збирання стеблостою, оскільки всі статеві типи досягають одночасно). Її кількість коливалась в межах від 57,2 (сорт Золотоніські 15) до 90,7 % (Глесія). Заразом у сортів Гляна і Золотоніські 15 виявлено негативний статевий тип – ПОК, за переzapилення з яким потомство поступово набуває ознак дводомності. МОК та ОМР не обліковані за визначення статевої структури популяції досліджуваних генотипів (табл. 1).

Позитивним є те, що гібриди здебільшого характеризувались більшою часткою ОМФ у

статевому складі за вихідні форми-сорти, вищим рівнем ознаки однодомності, відсутністю чоловічих рослин (ПОК), що пов'язано з гомозиготацією за статтю селекційного матеріалу в результаті інбридингу та цілеспрямованим добором гібридних поколінь.

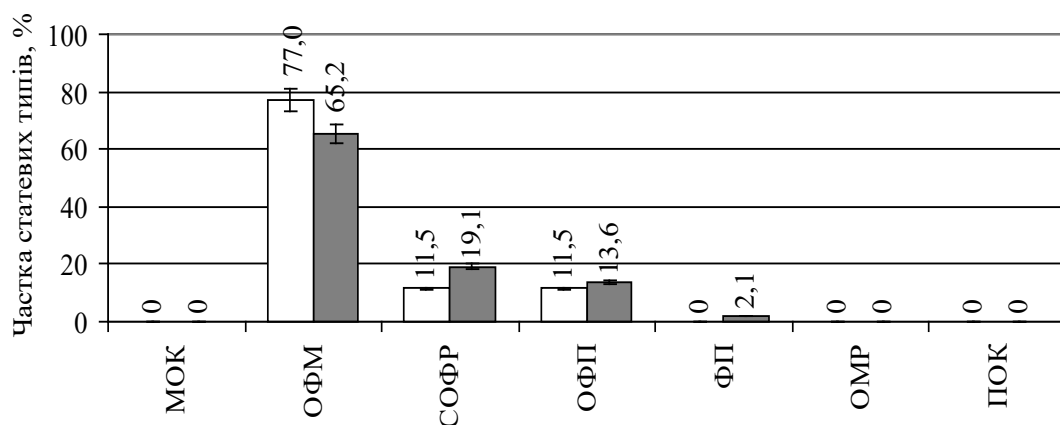
Частка ОФМ у гібридів, створених у результаті схрещування у напрямках вертикальної конвергенції, коливалась в межах від 54,2 до 100,0 % (F₁ I₆ Глесія // I₄ Глесія / I₆ Золотоніські 15), СОФР і ОФП – від 0 до 20,8 %, ФП – від 0 до 4,2 %.

Частка ОФМ у статевому складі популяції гібридів, створених у результаті схрещування у напрямках горизонтальної конвергенції, становила від 37,7 до 100,0 % (F₁ I₆ Глухівські 58 / Глухівські 51 // I₄ Глесія / Глухівські 51), СОФР – від 0 до 31,2 %, ОФП – від 0 до 43,4 %.

Для того, щоб з'ясувати, яка конвергенція є більш вдалою, здійснили аналіз середніх даних в групах гібридів. За результатами аналізу, вони мають різну селекційну цінність залежно від конкретної ознаки. Наприклад, схрещування лінійносортового гібрида раннього покоління (F₁ або F₂) відповідно з лінійносортовим гібридом більш пізнього покоління (F₃ або F₄) є більш вдалим, оскільки за середніми даними вміст основного статевого типу (ОФМ) становить 77,0 проти 65,2 %, а небажаний статевий тип ФП (має компактне суцвіття і лише чоловічі квітки) у першому випадку взагалі був відсутнім (рис. 3).

Таблиця 1 – Статеві структура конвергентних гібридів конопель F₁ порівняно з вихідними формами (середнє, 2018–2019 рр.)

Селекційний матеріал	Частка статевих типів, %				
	ОФМ	СОФР	ОФП	ФП	ПОК
Гляна, стандарт	77,8	8,3	8,3	2,8	2,8
Глухівські 58	82,8	17,2	0	0	0
Глесія	90,7	4,7	2,3	2,3	0
Глухівські 51	82,2	10,7	7,1	0	0
Золотоніські 15	57,2	19,0	19,0	0	4,8
Гібриди F ₁ (конвергенція у вертикальному напрямі)					
F ₁ I ₆ Зол. 15 / Гл. 51 // F ₃ I ₆ Зол. 15 / Гл. 51	87,2	6,4	6,4	0	0
F ₃ I ₆ Зол. 15 / Гл. 51 // F ₁ I ₆ Зол. 15 / Гл. 51	76,1	17,4	6,5	0	0
F ₂ I ₆ Зол. 15 / Гл. 51 // F ₄ I ₆ Зол. 15 / Гл. 51	66,7	16,7	16,6	0	0
F ₄ I ₆ Зол. 15 / Гл. 51 // F ₂ I ₆ Зол. 15 / Гл. 51	54,2	20,8	20,8	4,2	0
I ₄ Глесія / I ₆ Зол. 15 // I ₆ Глесія	92,6	3,7	3,7	0	0
I ₆ Глесія // I ₄ Глесія / I ₆ Зол. 15	100,0	0	0	0	0
I ₄ Глесія / I ₆ Зол. 15 // Глесія	84,6	7,7	7,7	0	0
Глесія // I ₄ Глесія / I ₆ Зол. 15	81,5	11,1	7,4	0	0
Гібриди F ₁ (конвергенція у горизонтальному напрямі)					
I ₆ Гл. 58 / Гл. 51 // I ₄ Глесія / Гл. 51	100,0	0	0	0	0
I ₄ Глесія / Гл. 51 // I ₆ Гл. 58 / Гл. 51	84,6	5,1	10,3	0	0
I ₄ Глесія / Гл. 51 // I ₆ Зол. 15 / Гл. 51	80,9	4,8	14,3	0	0
I ₆ Зол. 15 / Гл. 51 // I ₄ Глесія / Гл. 51	85,7	7,2	7,1	0	0
Гл. 58 / Гл. 51 // Глесія / Гл. 51	37,7	18,9	43,4	0	0
Глесія / Гл. 51 // Гл. 58 / Гл. 51	58,8	29,4	11,8	0	0
Глесія / Гл. 51 // Зол. 15 / Гл. 51	56,3	31,2	12,5	0	0
Зол. 15 / Гл. 51 // Глесія / Гл. 51	60,9	17,4	21,7	0	0
НІР ₀₅	10,6				



- конвергенція лінійносортового гібрида раннього покоління з лінійносортовим гібридом більш пізнього покоління
- конвергенція лінійносортового гібрида більш пізнього покоління з лінійносортовим гібридом раннього покоління

Рис. 3. Статеві структура конвергентних лінійносортових гібридів різних поколінь (середнє, 2018–2019 рр.).

Реципрокні схрещування міжлінійних гібридів із самозапиленою лінією також є більш вдалим, порівнюючи з реципрокними схрещуваннями міжлінійних гібридів з сортом, що очевидно пов'язано з вищим рівнем гомозиготності сорту за ознаками дводомної і одnodомної статі у самозапиленої лінії пізнього покоління (I_4-I_6). У цьому разі за середніми даними частка ОФМ відповідно становила 96,3 і 83,0 %, СОФР – 1,85 і 9,4 %, ОФП – 1,85 і 7,6 % (рис. 4).

Різко відрізняються за статтю конвергентні лінійносортові гібриди, порівнюючи з конвергентними міжсортовими гібридами, спорідненими за однією з батьківських форм (у цьому

разі – сортом Глухівські 51). Перша група гібридів за середніми даними має у статевому складі 87,3 ОФМ, а друга – 53,4 % ОФМ, тобто лише половина популяції складається із вказаного статевого типу, що є досить негативним для продуктивності і сталого збереження одnodомності у низці послідовних генерацій. Результатом схрещування простих міжсортових гібридів, споріднених за однієї з батьківських форм (запилювачем), є приблизно в 6 разів збільшений вміст СОФР і приблизно в 3 рази – вміст ОФП (рис. 5). Ефективність використання інбридингу (і його крайньої форми самозапилення) під час створення гібридів з метою стабілізації ознаки одnodомності є очевидною.

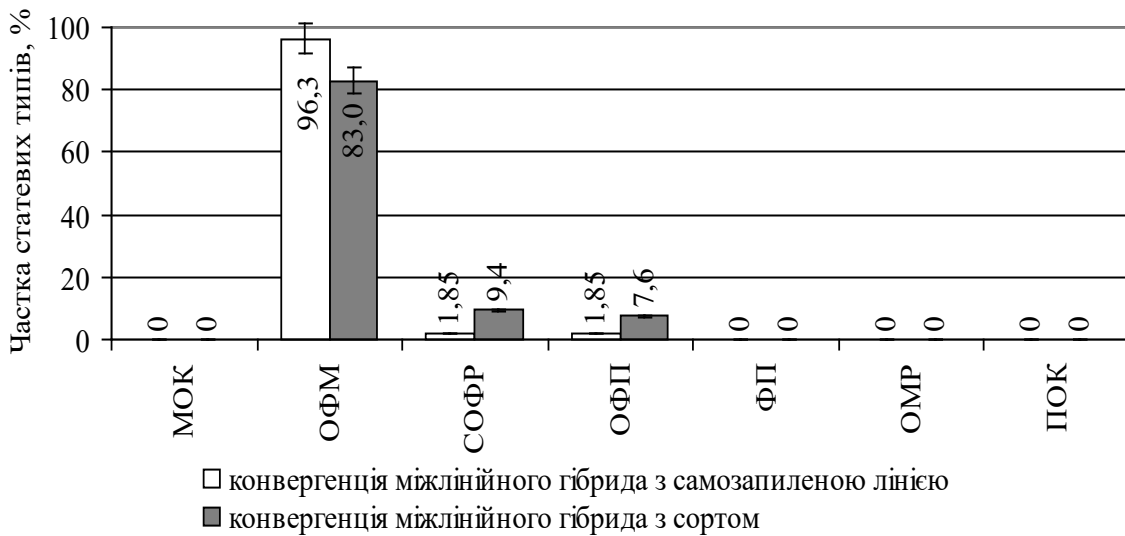


Рис. 4. Статєва структура конвергентних міжлінійних гібридів з самозапиленою лінією і міжлінійних гібридів з сортом (середнє, 2018–2019 рр.).

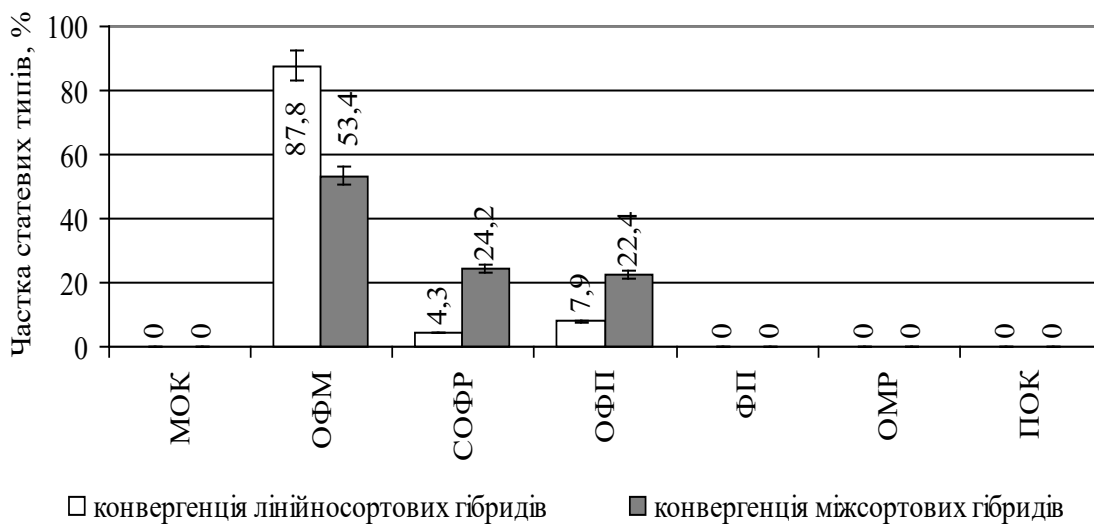


Рис. 5. Статєва структура конвергентних лінійносортових і міжсортових гібридів (середнє, 2018–2019 рр.).

Крім ознаки однодомності, необхідно враховувати й ознаки продуктивності гібридів. Здебільшого продуктивність сильно залежить від статевої структури. Найбільш цінним за насінням є ОФМ, оскільки у суцвітті має більшість жіночих квіток, які формують насінневу продуктивність, крім того у потомстві цей статевиий тип вищеплює найменшу кількість непродуктивних ОПФ, ФП та ПОК.

Для подальшої селекції на основі високого вмісту ОФМ та найменшої істотної різниці виділено низку гібридів та сортозразків, які достовірно перевищують сорт-стандарт і кращі вихідні сорти середньоевропейського типу за окремими ознаками або їх комплексом, їх було включено в подальшу селекцію та колекцію генетичних ресурсів конопель. Одним з них є сорт Аврора (табл. 2).

Таблиця 2 – Порівняльна оцінка сорту Аврора з сортом-стандартом Гляна (середнє, 2018–2020 рр.)

Селекційні ознаки	Сорт	
	Гляна	Аврора
Вегетаційний період, діб	113	116
Загальна висота рослин, см	233,1	245,3
Технічна довжина стебла, см	168,8	187,6 *
Урожай стебел, г/м ²	659,2	926,7 *
Урожай насіння, г/м ²	71,5	48,7
Урожай довгого волокна, г/м ²	147,0	265,0 *
Вихід довгого волокна, %	22,3	28,6 *
Маса 1000 насінин, г	16,5	12,1
Вміст тетрагідроканабінолу	відсутність	відсутність
Вміст ПОК, %	0	0
Розривне навантаження волокна, даН	23,6	25,3 *
Номер волокна	4,1	4,9 *

Примітка: * – істотне перевищення за t-критерієм Стьюдента на рівні значимості 0,05.

Зважаючи на раніше встановлені ознаки продуктивності досліджуваних гібридів, у селекції конопель доцільним є використання гібридизації у напрямках вертикальної і горизонтальної конвергенції, особливо для отримання вихідного матеріалу зі стабільною ознакою однодомності, високими показниками біомаси рослин, волокнистості і насінневої продуктивності, зокрема рекомендуємо такі схрещування:

- першого і третього поколінь простих лінійносортних гібридів різних еколого-географічних типів, споріднених з однією з батьківських форм (F₁ // F₃);
- схрещування простих міжлінійних гібридів різних еколого-географічних типів з інбредною лінією середньоевропейського типу більш пізнього покоління від самозапилення (міжлінійний гібрид // самозапилена лінія);
- реципрокні схрещування простих міжлінійних гібридів різних еколого-географічних типів з вихідним сортом самозапиленої лінії середньоевропейського типу (міжлінійний гібрид // сорт і сорт // міжлінійний гібрид);
- схрещування простих лінійносортних і міжсортних гібридів першого покоління, споріднених за однією з батьківських форм [22].

Він порівняно з сортом-стандартом істотно перевищує останній за технічною довжиною стебла (187,6 см), урожаєм стебел (926,7 г/м²), виходом довгого волокна (28,6 %), майже вдвічі за урожаєм довгого волокна (265,0 г/м²), міцністю волокна (розривне навантаження становить 25,3 даН) та його номером (4,9), тобто він є яскраво вираженим сортом волокнистого і біоенергетичного напрямку господарського використання.

Висновки. Послідовне використання кросбридингу, інбридингу (або дивергенції), схрещування (вертикальної і горизонтальної конвергенції), тобто застосування гібридизації згідно із зазначеними вище схемами, сприяло створенню вихідного селекційного матеріалу конопель з однорідною статевою структурою. Перспективним є створення на цій генетичній основі сортів конопель (як унікальної біоенергетичної, харчової і лікарської культури комплексного використання) та впровадження їх у сільськогосподарське виробництво, що сприятиме реалізації цілей сталого розвитку природи і суспільства.

Подяки. Автор висловлює щирі подяки кандидату сільськогосподарських наук Ганні Іванівні Кириченко за сприяння у проведенні частини досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding / Salentijn E.M.J. et al. *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 68. P. 32–41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.08.011>
2. Burczyk H., Kowalski M., Plawuszewski M. Trends and methods in hemp breeding in Poland. *Journal of Natural Fibers*. 2005. Vol. 2, No 1. P. 25–33. DOI: https://doi.org/10.1300/J395v02n01_03
3. Zwenger S.R. *The biotechnology of Cannabis sativa*. New York, 2014. 249 p.
4. Identification of QTLs for sex expression in dioecious and momoecious hemp (*Cannabis sativa* L.) / Faux A. et al. *Euphytica*. 2016. Vol. 209. P. 357–376. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1641-2>
5. Sex-linked SSR markers in hemp / Rodd J. et al. *Plant Breeding*. 2005. Vol. 124, No 2. P. 167–170. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2005.01079.x>
6. The draft genome and transcriptome of *Cannabis sativa* / van Bakel H. et al. *Genome Biology*. 2011. Vol. 12, r102. DOI: <https://doi.org/10.1186/gb-2011-12-10-r102>
7. Punja Z.K., Rodriguez G., Chen S. Assessing genetic diversity in *Cannabis sativa* using molecular approaches. *Cannabis sativa* L. – Botany and Biotechnology / S. Chandra et al. (eds.). Cham, 2017. P. 395–418. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6_19
8. Brian C., Dong Z., McKay J.K. Hemp genetics and genomics. *Industrial Hemp as a Modern Commodity Crop* / D.W. Williams (ed.). Madison, 2019. P. 94–108. DOI: <https://doi.org/10.2134/industrialhemp.c6>
9. Development and validation of genetic markers for sex and cannabinoid chemotype in *Cannabis sativa* L. / Toth J.A. et al. *GCB Bioenergy*. 2020. Vol. 12, No 3. P. 213–222. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12667>
10. Shi G., Cai Q. Cadmium tolerance and accumulation in eight potential energy crops. *Biotechnology Advances*. 2009. Vol. 27, No 5. P. 555–561.
11. Enhanced tolerance of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) plants on abandoned mine land soil leads to overexpression of cannabinoids / Husain R. et al. *PLoS ONE*. 2019. Vol. 14, No 8, e0221570. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221570>
12. Adamovics A.M., Ivanovs S.A., Dubrovskis V.S. Methane production from industrial hemp. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2019. Vol. 13, No 2. P. 20–26. DOI: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-13-2-20-26>
13. Opportunities for green energy through emerging crops: biogas valorization of *Cannabis sativa* L. Residues / Asquer C. et al. *Climate*. 2019. Vol. 7, No 12, 142. P. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli7120142>
14. Assessment of the possibility of using hemp biomass (*Cannabis sativa* L.) for energy purposes: a case study / Kraszkiewicz A. et al. *Applied Sciences*. 2019. Vol. 9, 4437. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9204437>
15. Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa*): Pakistan perspective / Rehman M.S.U. et al. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. Vol. 18. P. 154–164. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.019>
16. Consumer and health-related traits of seed from selected commercial and breeding lines of industrial hemp, *Cannabis sativa* L. / Schultz C.J. et al. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2020. Vol. 2, 100025. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100025>
17. Cannabidiol in medical marijuana: Research vistas and potential opportunities / Rong C. et al. *Pharmacological Research*. 2017. Vol. 121. P. 213–218. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2017.05.005>
18. Deiana S. Potential medical uses of cannabigerol: a brief overview. *Handbook of Cannabis and Related Pathologies: Biology, Pharmacology, Diagnosis, and Treatment* / V.R. Preedy (ed.). 2017. P. 958–967. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-128007563.00115-0>
19. Мигаль Н.Д. Генетика пола конопли. Глухов, 1992. 215 с.
20. Генетика / Демидов С.В. та ін. Київ, 2007. 412 с.
21. Поліщук І.Б., Поліщук В.Д. Формотворчі процеси у спадкових перетвореннях. Вісник аграрної науки. 2007. № 2. С. 45–49.
22. Міщенко С.В. Теоретичні і практичні основи використання інбридингу та гібридизації в селекції конопель: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.05. Харків, 2020. 525 с.

REFERENCES

1. Salentijn, E.M.J., Zhang, Q., Amaducci, S., Yang, M., Trindade, L.M. (2015). New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Industrial Crops and Products*. Vol. 68, pp. 32–41. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.08.011>
2. Burczyk, H., Kowalski, M., Plawuszewski, M. (2005). Trends and methods in hemp breeding in Poland. *Journal of Natural Fibers*. Vol. 2, no. 1, pp. 25–33. Available at: https://doi.org/10.1300/J395v02n01_03
3. Zwenger, S.R. (2014). *The biotechnology of Cannabis sativa*. 249 p.
4. Faux, A., Draye, X., Flamand, M., Ocre, A., Bertin, P. (2016). Identification of QTLs for sex expression in dioecious and momoecious hemp (*Cannabis sativa* L.). *Euphytica*. Vol. 209, pp. 357–376. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1641-2>
5. Rodd, J., In-Chol, K., Saal, B., Flachowsky, H., Kriese, U., Weber, W.E. (2005). Sex-linked SSR markers in hemp. *Plant Breeding*. Vol. 124, no. 2, pp. 167–170. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2005.01079.x>
6. van Bakel, H., Stout, J.M., Cote, A.G., Tallon, C.M., Sharpe, A.G., Hughes, T.R., Page, J.E. (2011). The draft genome and transcriptome of *Cannabis sativa*. *Genome Biology*. Vol. 12, r102. Available at: <https://doi.org/10.1186/gb-2011-12-10-r102>
7. Punja, Z.K., Rodriguez, G., Chen, S. (2017). Assessing genetic diversity in *Cannabis sativa* using molecular approaches. In Chandra S. et al. (eds.). *Cannabis sativa* L. – Botany and Biotechnology. Cham. pp. 395–418. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6_19
8. Brian, C., Dong, Z., McKay, J.K. (2019). Hemp genetics and genomics. In Williams D.W. (ed.). *Industrial Hemp as a Modern Commodity Crop*. Madison. pp. 94–108. Available at: <https://doi.org/10.2134/industrialhemp.c6>
9. Toth, J.A., Stack, G.M., Cala, A.R., Carlson, C.H., Wilk, R.L., Crawford, J.L., Viands, D.R., Philippe, G., Smart, C.D., Rose, J.K.C., Smart, L.B. (2020). Development and validation of genetic markers for sex and cannabinoid chemotype in *Cannabis sativa* L. *GCB Bioenergy*. Vol. 12, no. 3, pp. 213–222. Available at: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12667>

10. Shi, G., Cai, Q. (2009). Cadmium tolerance and accumulation in eight potential energy crops. *Biotechnology Advances*. Vol. 27, no. 5, pp. 555–561.

11. Husain, R., Weeden, H., Bogush, D., Deguchi, M., Soliman, M., Potlakayala, S., Katam, R., Goldman, S., Rudrabhatla, S. (2019). Enhanced tolerance of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) plants on abandoned mine land soil leads to overexpression of cannabinoids. *PLoS ONE*. Vol. 14, no. 8, e0221570, pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221570>

12. Adamovics, A.M., Ivanovs, S.A., Dubrovskis, V.S. (2019). Methane production from industrial hemp. *Agricultural Machinery and Technologies*. Vol. 13, no. 2, pp. 20–26. Available at: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-13-2-20-26>

13. Asquer, C., Melis, E., Scano, E.A., Carboni, G. (2019). Opportunities for green energy through emerging crops: biogas valorization of *Cannabis sativa* L. residues. *Climate*. Vol. 7, no. 12, 142, pp. 1–20. Available at: <https://doi.org/10.3390/cli7120142>

14. Kraszkiewicz, A., Kachel, M., Parafiniuk, S., Zając, G., Niedziółka, I., Sprawka, M. (2019). Assessment of the possibility of using hemp biomass (*Cannabis sativa* L.) for energy purposes: a case study. *Applied Sciences*. Vol. 9, 4437, pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.3390/app9204437>

15. Rehman, M.S.U., Saif, A., Mahmood, T., Han, J-I. (2013). Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa*): Pakistan perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 18, pp. 154–164. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.019>

16. Schultz, C.J., Lim, W.L., Khor, L.S., Neumann, K.A., Schultz, J.M., Ansari, O., Skewes, M.A., Burton, R.A. (2020). Consumer and health-related traits of seed from selected commercial and breeding lines of industrial hemp, *Cannabis sativa* L. *Journal of Agriculture and Food Research*. Vol. 2, 100025, pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100025>

17. Rong, C., Lee, Y., Carmona, N.E., Cha, D.S., Raguett, R.M., Rosenblat, J.D., Mansur, R.B., Ho, R.C., McIntyre, R.S. (2017). Cannabidiol in medical marijuana: Research vistas and potential opportunities. *Pharmacological Research*. Vol. 121, pp. 213–218. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2017.05.005>

18. Deiana, S. (2017). Potential medical uses of cannabigerol: a brief overview. In Preedy, V.R. (ed.). *Handbook of Cannabis and Related Pathologies: Biology, Pharmacology, Diagnosis, and Treatment*. pp. 958–967. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-128007563.00115-0>

19. Migal, N.D. (1992). *Genetika pola konopli [Genetics of sex hemp]*. Glukhov, 215 p.

20. Demydov, S.V., Berdyshev, H.D., Topchii, N.M., Chernenko, K.D. (2007). *Henetyka [Genetics]*. Kyiv, 412 p.

21. Polishchuk, I.B., Polishchuk, V.D. (2007). *Formotvorchi procesy u spadkovykh peretvorennjah [Formative processes of genetic transformation]*. *Visnyk agrarnoi' nauky [Bulletin of Agricultural Science]*, no. 2, pp. 45–49.

22. Mishchenko, S.V. (2020). *Teoretychni i praktychni osnovy vykorystannja inbrydyngu ta gibrydyzacji' v selekcii' konopel': diss. ... d-ra agr.nauk [Theoretical and practical basics of using inbreeding and hybridization in hemp breeding]*. Dr. agr. sci. diss. Kharkiv, 525 p.

Половая структура конвергентных гибридов конопли

Мищенко С.В.

Инбридинг и его крайняя форма – самоопыление – является эффективным приемом для стабилизации признака однодомности промышленной конопли. Гибриды, компонентами которых были самоопыленные линии, в большинстве случаев характеризовались половым составом с большим количеством однодомной феминизированной матерки, нежели исходные формы-сорта, и отсутствием мужских растений. Доля однодомной феминизированной матерки (основного полового типа современных сортов) у гибридов, созданных в результате скрещивания в направлениях вертикальной конвергенции, колебалась в пределах от 54,2 до 100,0 %, а у гибридов, созданных в результате скрещивания в направлениях горизонтальной конвергенции, – от 37,7 до 100,0 %.

В селекции промышленной конопли целесообразным является использование гибридизации в направлениях вертикальной и горизонтальной конвергенции, особенно для получения стабильного исходного материала по признаку однодомности, с высокими показателями биомассы растений, волокнистости и семенной продуктивности. В частности рекомендуем такие скрещивания: 1) первого и третьего поколений простых линейносортовых гибридов различных эколого-географических типов, родственных с одной из родительских форм ($F_1 // F_3$); 2) скрещивание простых межлинейных гибридов различных эколого-географических типов с инбредной линией средневропейского типа более позднего поколения от самоопыления (межлинейный гибрид // самоопыленная линия); 3) реципрокные скрещивания простых межлинейных гибридов различных эколого-географических типов с исходным сортом самоопыленной линии средневропейского типа (межлинейный гибрид // сорт и сорт // межлинейный гибрид); 4) скрещивания простых линейносортовых и межсортовых гибридов первого поколения, родственных по одной из родительских форм.

Последовательное использование кроссбридинга, инбридинга (или дивергенции), гибридизации (или скрещивания в направлениях вертикальной и горизонтальной конвергенции) способствовало созданию гетерозисных форм конопли со стабильным продуктивным потенциалом, однородной половой структурой и отсутствием психотропных свойств. Примером такого перспективного материала является созданный сорт Аврора.

Ключевые слова: конопля, селекция, пол, однодомность, кроссбридинг, инбридинг, дивергенция, конвергенция, гибрид, продуктивность.

Sex structure of hemp convergent hybrids

Mishchenko S.

Inbreeding and its extreme form (self-pollination) are an effective method for stabilizing the monoecious traits of industrial hemp. The hybrids with self-pollinated lines as the components of which, in most cases, were characterized by a better sex composition than the output cultivar forms, and the absence of male plants. The number of monoecious feminized plant (the main sexual type of modern varieties) in hybrids created as a result of crossing in the directions of vertical convergence was from 54.2 to 100.0 %, and in hybrids created by crossing in horizontal convergence it was from 37.7 to 100.0 %.

The use of hybridization in the directions of vertical and horizontal convergence is advisable in the breeding of industrial hemp, especially for obtaining a starting material with a stable trait of monoecious, with high plant biomass, fiber content and seed productivity. We recommend the following crosses: the first and third generations of simple linear-varietal hybrids of various ecological-geographical types, related to one of the parental forms ($F_1 \times F_3$) (i); crossing of simple interlinear hybrids of various ecological-geographical types with an inbred line of the Central European type of a later generation from self-pollination (interline hybrid \times self-pollinated line) (ii); reciprocal crosses of simple interlinear hybrids of various ecological-geographical types with the original cultivar of a

self-pollinated line of the middle European type (interline hybrid \times cultivar and cultivar \times interline hybrid) (iii); crossing of simple linear-varietal and intervarietal hybrids of the first generation, related in one of the parental forms (iiii).

The consistent use of crossbreeding, inbreeding (or divergence), hybridization (or crossing in the vertical and horizontal convergence directions) has created heterotic hemp forms with stable productive potential, homogeneous sex structure, and non-psychotropic properties. The created variety 'Aurora' is an example of an innovative breeding method.

Key words: hemp, breeding, sex, monoecious, crossbreeding, inbreeding, divergence, convergence, hybrid, productivity.



Copyright: Міщенко С.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Міщенко С.В.

<https://orcid.org/0000-0002-1979-4002>

УДК 631.524.02/.527.5:633.111“324”

Особливості прояву ступеня фенотипового домінування за довжиною стебла в F₁ пшениці м'якої озимої

Лозінський М.В. , Устинова Г.Л. , Панченко Т.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Лозінський М.В. Lozinsk@ukr.net

Лозінський М.В., Устинова Г.Л., Панченко Т.В. Особливості прояву ступеня фенотипового домінування за довжиною стебла в F₁ пшениці м'якої озимої. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 104–114.

Lozinskij M.V., Ustinova G.L., Panchenko T.V. Osoblyvosti projavu stupenja fenotipovogo dominuvannja za dovzhynuju stebla v F₁ pshenyци m'jakoї ozymoї. Zbirnyk naukovyh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 104–114.

Рукопис отримано: 26.04.2021 р.

Прийнято: 11.05.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-104-114

У контрастні за гідротермічними умовами 2018–2020 рр. досліджували прояв ступеня фенотипового домінування довжини головного стебла в F₁ за гібридизації різних за висотою сортів пшениці м'якої озимої. За гібридизації сорту Білоцерківська напівкарликова з середньорослими сортами I і II груп найбільш поширеним типом успадкування довжини стебла було негативне наддомінування – 54,5 % та позитивне наддомінування – 27,3 %. За таких умов ступінь фенотипового домінування змінювався від -63,0 до +7,4. За використання у схрещуванні материнською формою середньорослих сортів I групи ступінь фенотипового домінування мав значну диференціацію від -257,0 до +35,0, а детермінація довжини стебла в більшості комбінацій відбувалася за негативним наддомінуванням – 61,4 %. Стабільним проявом від'ємного ступеня фенотипового домінування ($h_p > -1$) характеризувалися комбінації Щедра нива/Добірна, Щедра нива/Відрада, Миронівська рання/Кольчуга, Антонівка/Відрада. У разі залучення до гібридизації середньорослих сортів II групи материнською формою найбільш поширеним типом успадкування довжини стебла також визначено негативне наддомінування. Встановлено, що ступінь фенотипового домінування довжини стебла в F₁ залежав від підбору батьківських форм для гібридизації та умов року. Так, у 2020 р. за більш сприятливих умов для формування довжини стебла в більшості гібридів визначено від'ємний ступінь фенотипового домінування, а успадкування відбувалося за негативним наддомінуванням.

Високі показники від'ємного гіпотетичного та істинного гетерозису встановлено у гібридів: Щедра нива/Добірна, Щедра нива/Відрада, Кольчуга/Чорнява, Кольчуга/Антонівка, Єдність/Добірна, Кольчуга/Відрада у 2018 р.; Чорнява/Антонівка, Щедра нива/Добірна, Щедра нива/Відрада, Чорнява/Щедра нива – 2019 р.; Миронівська рання/Антонівка, Золотоколоса/Антонівка, Миронівська рання/Кольчуга, Миронівська рання/Вдала, Золотоколоса/Єдність, Щедра нива/Столична, Щедра нива/Відрада, Антонівка/Єдність, Антонівка/Відрада, Кольчуга/Відрада, Кольчуга/Столична у 2020 р.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, комбінації схрещування, гібриди, довжина головного стебла, ступінь фенотипового домінування, гіпотетичний та істинний гетерозис.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В Україні провідною зерновою культурою є пшениця м'яка озима, яка становить основу формування зернового балансу [1, 2]. Висока екологічна пластичність пшениці і здатність формувати врожаї в широкому діапазоні географічних зон та агрокліматичних умов [3, 4], а також відмінна харчова цінність зерна – сприяли поширенню її як основного продукту харчування для половини людства [3, 5].

Одним з найбільш важливих завдань рослинницької галузі в сучасних ринкових умовах є економічно обґрунтоване збільшення і стабілізація виробництва високоякісного зерна. Головний напрям його вирішення – створення і впровадження у сільськогосподарське виробництво нових, адаптованих до стресових умов доквілля, сортів [6–12].

Результати вітчизняної та світової селекції свідчать, що для створення нових сортів важли-

ве значення має широке науково-обґрунтоване використання в селекційних програмах різноманітного вихідного матеріалу. Отже, дослідження вихідних компонентів гібридизації за господарсько цінними ознаками допомагає встановити їх селекційну цінність для подальшого створення сортів з високими показниками продуктивності, якості зерна та адаптивності в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [13, 14].

Успіх селекційної роботи за використання міжсорткових рекомбінацій залежить від правильного підбору батьківських пар [4, 15]. Підбір батьківських пар здійснюється за комплексом ознак і властивостей, для цього необхідно знати характер їх прояву та успадкування в рекомбінантів [13].

Селекція як наука використовує різні методи створення вихідного матеріалу і сортів, кожен з яких має свої особливості та потребує специфічного підбору вихідного матеріалу відповідно до вимог виробництва. Для вдалої реалізації селекційних програм необхідні форми, що мають комплекс цінних ознак і властивостей та мінімум негативних якостей [16].

Методом внутрішньовидової гібридизації вдалося значно збільшити потенційну врожайність пшениці, і нині [17] він залишається одним з найбільш ефективних для створення нових сортів [18, 19]. Завдяки перекомбінації в гібридному потомстві відбувається значний формотворний процес [14, 20].

Виявлення цінних генотипів у селекційній роботі значною мірою залежить від біології розмноження рослин, підбору вихідних форм, умов навколишнього середовища та інших чинників [21].

Стебло пшениці виконує важливі фізіологічні функції фотосинтезу і транспортування метаболітів в онтогенезі рослин [22], а його довжина значно впливає на розвиток інших ознак, особливо на стійкість рослин до вилягання. Це забезпечує реалізацію врожайного потенціалу генотипу і запобігає втраті під час збирання врожаю [23–25].

Довжина стебла – важлива характеристика сорту та складна кількісна ознака [26–28]. Безумовно цікавими для селекційної практики є дані про внесок окремих генів короткостебловості в детермінацію висоти рослин і характер їх неалельної взаємодії [29]. Наразі у м'якої пшениці виявлено 24 гена, що знижують висоту рослини [30, 31].

За літературними даними довжина стебла може контролюватися різними генетичними системами. Знання закономірностей успадкування ознаки полегшує завдання селекціонера [32]. Дослідженнями І.І. Моцного у співавтор-

стві [33] встановлено, що успадкування довжини стебла може змінюватись від погодних умов, підбору батьківських пар і генотипу компонентів гібридизації.

Метою дослідження було встановлення ступеня фенотипового домінування і виявлення характеру успадкування за довжиною головного стебла в контрастні за гідротермічними умовами роки.

Матеріал і методи дослідження. В умовах дослідного поля науково-виробничого центру Білоцерківського НАУ у 2018–2020 рр. досліджували гібриди першого покоління, отримані за гібридизації різних за висотою сортів пшениці м'якої озимої. Відповідно до оригінаторів батьківські форми гібридизації за висотою рослин згідно з міжнародним класифікатором [34] належать до наступних груп: Білоцерківська напівкарликова (Б.Ц. н/к.) – низькоросла II групи (66–80 см); Миронівська рання (Мир. рання), Золотоколоса (Золотокол.), Чорнява, Щедра нива (Щед. нива), Антонівка, Добірна, Пивна – середньорослі I групи (81–95 см); Кольчуга, Відрада, Миронівська 61 (Мир. 61), Єдність, Столична, Вдала – середньорослі II групи (96–110 см).

Насіння F_1 висівали вручну за схемою: материнська форма, гібрид, чоловіча форма. З гібридним поколінням працювали за методом педігрі. У період вегетації проводили фенологічні спостереження, після настання повної стиглості – структурний аналіз [35, 36]. Агротехніка в дослідженнях загальноприйнята для зони вирощування. Попередник – гірчиця.

Ступінь фенотипового домінування (h_p) довжини головного стебла у F_1 визначали за В. Griffing [37]. Отримані дані групували за класифікацією G. M. Veil, R. E. Atkins [38]: позитивне наддомінування (гетерозис) $h_p > +1$; часткове позитивне домінування $+0,5 < h_p \leq +1$; проміжне успадкування $-0,5 \leq h_p \leq +0,5$; часткове від'ємне успадкування $-1 \leq h_p < -0,5$; негативне наддомінування (депресія) $h_p < -1$.

Гіпотетичний (Ht) та істинний (Htb) гетерозис за довжиною головного стебла у F_1 визначали за Matzinger et al. [39], S. Fonseca, F. Patterson [40].

Біометричні аналізи проводили за середнім зразком 25 рослин у триразовій повторності. Результати експериментальних даних обробляли статистичним методом у програмі Statistica 6.0.

Результати дослідження та обговорення. Встановлено, що у 2017–2019 рр. усі досліджувані сорти формували висоту рослин на рівні напівкарликів від 57,6 см Б.Ц. н/к. у 2017 р. до 77,8 см Мир. 61 у 2019 р. У 2020 р. Б.Ц. н/к. мала довжину стебла 69,2 см, середньорослі

сорти I групи – 72,9–88,5 см; II групи – 77,8–88,9 см (табл. 1).

За використання в гібридизації Б.Ц. н/к. з середньорослими сортами I і II груп ступінь фенотипового домінування змінювався у 2018–2020 рр. від -63,0 (Б.Ц. н/к./Антонівка) до +7,4 (Б.Ц. н/к./Антонівка). Встановлено, що успадкування довжини стебла в досліджуваних комбінаціях відбувалося за негативним наддомінуванням – 54,5 %, частковим від'ємним

успадкуванням – 9,1 %, проміжним успадкуванням – 9,1 %, позитивним наддомінуванням – 27,3 %. Аналіз ступеня фенотипового домінування свідчить, що характер успадкування довжини стебла в досліджуваних комбінаціях залежить від компонентів гібридизації та умов року (табл. 2).

Успадкування довжини стебла в комбінаціях схрещування, де за материнську форму використовували середньорослі сорти I групи,

Таблиця 1 – Прояв і мінливість за висотою рослин у батьківських форм пшениці м'якої озимої

Сорти	Висота рослини, см			
	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.
Низькорослі II групи				
Б.ц. н/к.	57,6	66,4	67,3	69,2
Середньорослі I групи				
Мир. рання	60,0	73,2	75,4	86,8
Золотокол.	62,0	60,3	57,9	82,6
Чорнява	70,0	72,7	73,8	88,5
Щед. нива	63,4	69,8	75,6	72,9
Антонівка	64,5	66,4	65,9	83,4
Добірна	64,3	64,7	69,1	75,5
Пивна	60,7	59,8	65,3	84,7
Середньорослі II групи				
Кольчуга	67,5	75,7	75,1	88,9
Відрада	63,8	72,9	69,6	88,0
Мир. 61	73,8	76,6	77,8	88,7
Єдність	63,2	64,3	64,8	84,1
Столична	64,6	70,6	69,4	83,4
Вдала	58,3	58,3	74,0	77,8

Таблиця 2 – Прояв ступеня фенотипового домінування за довжиною головного стебла у F₁ за використання в гібридизації низькорослого сорту Б.Ц. н/к.

Батьківські форми і комбінації схрещування	2018 р.		2019 р.		2020 р.	
	довжина стебла, см	h _p	довжина стебла, см	h _p	довжина стебла, см	h _p
♀ низькорослі II групи/♂ середньорослі I групи						
Б.Ц. н/к.	58,7	-	59,5	-	60,8	-
Б.Ц. н/к./Золотокол.	-	-	62,8	1,8	55,5	-1,8
Золотокол.	53,6	-	51,6	-	74,1	-
Б.Ц. н/к./Чорнява	-	-	53,0	-3,8	62,7	-0,8
Чорнява	63,2	-	64,1	-	78,0	-
Б.Ц. н/к./Антонівка	55,6	-63,0	64,0	7,4	61,0	-1,0
Антонівка	58,8	-	58,0	-	74,7	-
Б.Ц. н/к./Добірна	50,2	-11,1	65,3	6,3	58,9	-1,7
Добірна	57,2	-	61,1	-	66,4	-
♀ низькорослі II групи/♂ середньорослі II групи						
Б.Ц. н/к./Кольчуга	50,4	-3,0	67,0	1,3	53,0	-1,8
Кольчуга	66,9	-	66,1	-	79,5	-
Б.Ц. н/к./Єдність	49,9	-43,0	59,8	1,8	59,4	-1,2
Єдність	58,2	-	58,7	-	75,1	-
Б.Ц. н/к./Відрада	51,1	-3,2	67,7	5,8	59,5	-1,1
Відрада	65,7	-	62,0	-	80,9	-
♀ середньорослі I групи/♂ низькорослі II групи						
Мир. рання	65,9	-	68,1	-	78,1	-
Мир. рання/Б.Ц. н/к.	57,0	-1,5	65,4	0,4	65,1	-0,5

відбувалось за негативним наддомінуванням – 61,4 %, проміжним успадкуванням – 11,4 %, частковим від’ємним успадкуванням – 10,0 %, позитивним наддомінуванням – 10,0 % і частковим позитивним домінуванням – 7,1 %. За більш оптимальних умов формування довжини

стебла у 2020 р. успадкування довжини головного стебла в усіх комбінаціях відбувалося за негативним наддомінуванням ($h_p = -1,7-257,0$). Водночас необхідно відмітити зростання від’ємних значень ступеня фенотипового домінування (табл. 3).

Таблиця 3 – Прояв ступеня фенотипового домінування за довжиною головного стебла у F_1 за використання материнською формою середньорослих сортів I групи

Батьківські форми і комбінації схрещування	2018 р.		2019 р.		2020 р.	
	довжина стебла, см	h_p	довжина стебла, см	h_p	довжина стебла, см	h_p
♀ середньорослі I групи/♂ середньорослі I групи						
Мир. рання/Золотокол.	55,2	-0,8	72,1	1,5	66,5	-4,8
Мир. рання/Чорнява	-	-	70,3	2,1	65,2	-257,0
Мир. рання/Антонівка	59,9	-0,7	66,8	0,7	48,1	-16,6
Мир. рання/Добірна	56,1	-1,3	63,7	-0,3	60,6	-2,0
Золотокол./Чорнява	60,2	0,4	70,8	2,1	64,0	-6,4
Золотокол./Антонівка	54,0	-0,8	53,5	-0,4	44,3	-100,3
Чорнява/Антонівка	54,9	-0,3	43,6	-5,8	-	-
Щедра нива	63,2	-	68,6	-	65,1	-
Щед. нива/Антонівка	51,1	-4,5	-	-	61,0	-1,9
Щед. нива/Добірна	45,8	-4,9	48,4	-4,5	64,4	-2,3
Добірна/Пивна	-	-	58,8	-0,8	63,6	-1,7
Пивна	53,1	-	58,5	-	75,0	-
♀ середньорослі I групи/♂ середньорослі II групи						
Мир. рання/Кольчуга	54,6	-23,6	64,7	-2,4	59,5	-27,6
Мир. рання/Єдність	60,6	-0,4	68,1	1,0	63,1	-9,0
Мир. рання/Вдала	54,3	-0,6	68,3	1,5	49,7	-5,5
Вдала	51,3	-	67,3	-	69,3	-
Золотокол./Щед. нива	52,1	-1,3	67,0	0,8	56,2	-3,0
Золотокол./Єдність	47,6	-3,6	57,6	0,7	57,5	-34,2
Золотокол./Відрада	55,4	-0,7	59,3	-4,4	62,5	-4,4
Золотокол./Столична	57,6	-0,2	67,5	2,2	60,9	-27,4
Столична	63,1	-	61,7	-	75,1	-
Щед. нива/Столична	-	-	59,7	-1,6	51,7	-3,7
Щед. нива/Відрада	49,3	-12,7	48,6	-5,1	54,3	-24,0
Антонівка/Єдність	56,3	-7,3	61,0	8,7	57,1	-89,0
Антонівка/Відрада	53,0	-2,7	52,5	-3,8	57,6	-6,5
Антонівка/Столична	51,2	-4,7	60,4	0,3	64,0	-54,5
Антонівка/Мир. 61	-	-	68,1	0,8	63,3	-6,0
Мир. 61	68,0	-	69,2	-	79,3	-
Чорнява/Щед. нива	63,2	0,0	51,9	-6,6	-	-
Чорнява/Єдність	58,9	-0,7	-	-	-	-
Чорнява/Відрада	58,8	-4,8	-	-	69,8	-6,9
Чорнява/Столична	64,9	35,0	-	-	68,9	-5,5

Дослідженнями встановлено значний вплив на прояв ступеня фенотипового домінування підібраних пар для гібридизації та умов року. Стабільне негативне наддомінування у 2018–2020 рр. визначено за гібридизації: Щед. нива/Добірна ($h_p = -2,3-4,9$); Щед. нива/Відрада ($h_p = -5,1-24,9$); Мир. рання/Кольчуга ($h_p = -2,4-27,6$); Антонівка/Відрада ($h_p = -2,7-6,5$). Негативне наддомінування у 2018 і 2020 рр. також встановлено у Щед. нива/Антонівка та 2019–2020 рр. – Щед. нива/Столична.

Результати досліджень свідчать, що за використання материнською формою середньорослих сортів II групи детермінація довжини стебла відбувалася за негативним наддомінуванням – 70,0 %, частковим від'ємним успадкуванням – 3,3 %, частковим позитивним успадкуванням – 6,7 %, позитивним наддомінуванням – 20,0 %. Аналогічно попереднім даним, поданим у таблицях 2 і 3, прояв ступеня фенотипового домінування за довжиною головного стебла залежав від компонентів гібридизації та умов року. Так, у 2020 р. у 9

з 10 комбінацій схрещування відмічено негативне наддомінування ($h_p = -1,6-28,3$) (табл. 4).

Встановлено стабільний прояв у роки досліджень негативного наддомінування в комбінаціях: Кольчуга/Чорнява ($h_p = -6,3-13,7$); Єдність/Добірна ($h_p = -1,6-27,6$); Єдність/Відрада ($h_p = -1,6-3,9$); Вдала/Столична ($h_p = -1,4-4,3$).

Показники гіпотетичного гетерозису за використання в гібридизації низькорослого сорту II групи Б.Ц. н/к. у більшості комбінацій схрещування в роки досліджень були від'ємними і становили від -5,4 % (Б.Ц. н/к./Антонівка) до -19,7 % (Б.Ц. н/к./Кольчуга). Від'ємний істинний гетерозис (-4,0–33,3 %) за довжиною стебла відмічено у 16 з 22 комбінацій (табл. 5).

У разі залучення до гібридизації середньорослих сортів I групи (материнська форма) від'ємні показники гіпотетичного гетерозису визначено у 54 з 70 комбінацій схрещування, а істинний від'ємний гетерозис – у 61 комбінації. Високі показники від'ємного гіпотетичного та істинного гетерозису визначено у

Таблиця 4 – Прояв ступеня фенотипового домінування за довжиною головного стебла в F_1 за використання материнською формою середньорослих сортів II групи

Батьківські форми і комбінації схрещування	2018 р.		2019 р.		2020 р.	
	довжина стебла, см	h_p	довжина стебла, см	h_p	довжина стебла, см	h_p
♀ середньорослі II групи/♂ середньорослі I групи						
Кольчуга/Чорнява	50,3	-8,2	58,8	-6,3	69,2	-13,7
Кольчуга/Антонівка	50,2	-3,2	66,3	10,7	64,0	-5,5
Єдність/Добірна	43,9	-27,6	55,4	-3,8	63,8	-1,6
Вдала/Пивна	57,7	5,1	66,2	0,8	62,7	3,4
♀ середньорослі II групи/♂ середньорослі II групи						
Кольчуга/Єдність	51,9	-2,5	66,7	1,2	62,5	-6,7
Кольчуга/Відрада	49,4	-28,2	72,5	4,2	60,4	-28,3
Кольчуга/Столична	54,2	-5,7	66,0	1,0	59,2	-8,2
Мир. 61/Єдність	60,0	-0,6	70,5	1,3	70,2	-3,3
Єдність/Відрада	56,0	-1,6	55,1	-3,3	66,7	-3,9
Вдала/Столична	48,8	-1,4	54,5	-3,6	59,6	-4,3

Таблиця 5 – Прояв гетерозису в F_1 за використання в гібридизації низькорослого сорту Б.Ц. н/к.

Комбінації схрещування	2018 р.		2019 р.		2020 р.	
	гетерозис, %		гетерозис, %		гетерозис, %	
	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
♀ низькорослі II групи/♂ середньорослі I групи						
Б.Ц. н/к./Золотокол.	-	-	13,0	5,6	-17,8	-25,1
Б.Ц. н/к./Чорнява	-	-	-14,2	-10,9	-9,7	-19,6
Б.Ц. н/к./Антонівка	-5,4	-5,5	8,9	7,6	-10,0	-18,3
Б.Ц. н/к./Добірна	-13,4	-14,5	8,3	6,9	-7,4	-11,3
♀ низькорослі II групи/♂ середньорослі II						
Б.Ц. н/к./Кольчуга	-19,7	-24,6	6,7	1,4	-24,5	-33,3
Б.Ц. н/к./Єдність	-14,7	-15,0	1,2	0,5	-12,7	-20,9
Б.Ц. н/к./Відрада	-17,8	-22,2	11,4	9,2	-15,9	-26,5
♀ середньорослі I групи/♂ низькорослі II групи						
Мир. рання/Б.Ц. н/к.	-8,5	-13,5	2,5	-4,0	-6,3	-16,6

комбінаціях: Щед. нива/Добірна, Щед. нива/Відрада у 2018 р.; Чорнява/Антонівка, Щед. нива/Добірна, Щед. нива/Відрада, Чорнява/Щед. нива – 2019 р.; Мир. рання/Антонівка, Золотокол./Антонівка, Мир. рання/Кольчуга, Мир. рання/Вдала, Золотокол./Єдність, Щед. нива/Столична, Щед. нива/Відрада, Антонівка/Єдність, Антонівка/Відрада у 2020 р. (табл. 6).

Від’ємний гіпотетичний гетерозис за використання материнською формою середньорослих сортів II групи відмічено у 23 з 30 комбінацій схрещування, а істинний – у 25. Високі від’ємні показники гіпотетичного та істинного гетерозису встановлено в комбінаціях: Кольчуга/Чорнява, Кольчуга/Антонівка, Єдність/Добірна, Кольчуга/Відрада у 2018 р.; Кольчуга/Відрада, Кольчуга/Столична – 2020 р. (табл. 7).

Таблиця 6 – Прояв гетерозису в F₁ за використання материнською формою середньорослих сортів I групи

Комбінації схрещування	2018 р.		2019 р.		2020 р.	
	гетерозис, %		гетерозис, %		гетерозис, %	
	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
♀ середньорослі I групи / ♂ середньорослі I групи						
Мир. рання/Золотокол.	-7,7	-16,2	20,4	5,9	-12,6	-14,9
Мир. рання/Чорнява	-	-	6,7	3,2	-16,5	-16,5
Мир. рання/Антонівка	-4,0	-9,1	5,9	-1,9	-37,1	-38,4
Мир. рання/Добірна	-8,9	-14,9	-1,4	-6,5	-16,1	-22,4
Золотокол./Чорнява	3,1	-4,8	22,3	10,5	-15,9	-18,0
Золотокол./Антонівка	-3,9	-8,2	-2,4	-7,8	-40,5	-40,7
Чорнява/Антонівка	-10,0	-13,1	-28,7	-32,0	-	-
Щед. нива/Антонівка	-16,2	-19,2	-	-	-12,7	-18,3
Щед. нива/Добірна	-23,9	-27,5	-25,4	-29,5	-2,1	-3,0
Добірна/Пивна	-	-	-1,7	-3,8	-10,1	-15,2
♀ середньорослі I групи / ♂ середньорослі II групи						
Мир. рання/Кольчуга	-17,8	-18,4	-3,6	-5,0	-24,5	-25,2
Мир. рання/Єдність	-2,9	-8,1	7,4	0	-17,6	-19,2
Мир. рання/Вдала	-7,3	-17,6	0,1	0,3	-32,6	-36,4
Золотокол./Щед. нива	-10,8	-17,8	11,5	-2,3	-19,3	-24,2
Золотокол./Єдність	-14,8	-18,2	4,4	-1,9	-22,9	-23,4
Золотокол./Відрада	-7,2	-15,7	4,4	-4,4	-19,4	-22,8
Золотокол./Столична	-1,4	-8,7	19,1	9,4	-18,4	-18,9
Щед. нива/Столична	-	-	-8,4	-13,0	-26,3	-31,2
Щед. нива/Відрада	-23,6	-25,0	-25,6	-29,2	-25,6	-32,9
Антонівка/Єдність	-3,8	-4,3	4,5	3,9	-23,8	-24,0
Антонівка/Відрада	-14,9	-19,3	-12,5	-15,3	-26,0	-28,8
Антонівка/Столична	-16,1	18,9	0,8	-2,1	-14,6	-14,9
Антонівка/Мир. б1	-	-	7,1	-1,6	-17,8	-20,2
Чорнява/Щед. нива	0,0	0,0	-21,8	-24,4	-	-
Чорнява/Єдність	-3,0	-6,8	-	-	-	-
Чорнява/Відрада	-8,8	-10,5	-	-	-12,2	-13,7
Чорнява/Столична	2,8	2,7	-	-	-10,1	-10,5

Таблиця 7 – Прояв гетерозису в F₁ за використання материнською формою середньорослих сортів II групи

Комбінації схрещування	2018 р.		2019 р.		2020 р.	
	гетерозис, %		гетерозис, %		гетерозис, %	
	Ht	Hbt	Ht	Hbt	Ht	Hbt
♀ середньорослі II / ♂ середньорослі I групи						
Кольчуга/Чорнява	-22,7	-24,8	-9,7	-11,1	-12,2	-13,0
Кольчуга/Антонівка	-20,2	-25,0	12,8	11,4	-17,0	-19,5
Єдність/Добірна	-23,9	-24,6	-7,5	-9,3	-9,9	-15,0
Вдала/Пивна	10,5	8,7	5,3	-1,6	-13,2	-16,4
♀ середньорослі II / ♂ середньорослі II групи						
Кольчуга/Єдність	-17,1	-22,4	6,9	0,9	-19,2	-21,4
Кольчуга/Відрада	-25,5	-26,2	13,1	9,7	-24,7	-25,3
Кольчуга/Столична	-16,6	-19,0	3,3	-0,2	-23,4	-25,5
Мир. б1/Єдність	-4,9	-11,8	10,2	1,9	-9,1	-11,5
Єдність/Відрада	-9,7	-14,8	-8,8	-11,1	-14,5	-17,6
Вдала/Столична	-14,7	-22,7	-15,5	-19,0	-17,5	-20,6

Висновки. 1. Формування висоти рослин у батьківських компонентів гібридизації обумовлене генотипом, умовами навколишнього середовища і взаємодією «генотип–умови року».

2. За гібридизації батьківських форм, що належать до різних груп за висотою рослин, найбільш поширеним типом успадкування довжини головного стебла у F_1 встановлено негативне наддомінування. Так, за гібридизації напівкарликового сорту Б.Ц. н/к. з середньорослими сортами I і II груп негативне наддомінування спостерігали у 54,5 %, за використання материнською формою середньорослих сортів I групи з середньорослими сортами I і II груп негативне наддомінування встановлено у 61,4 %, а за використання материнською формою середньорослих сортів II групи – 70,0 %.

3. Прояв ступеня фенотипового домінування в контрастні за гідротермічними умовами роки значною мірою обумовлювався підібраними до гібридизації батьківськими формами і піддавався впливу гідротермічних умов вирощування. Так, у 2020 р. за більш сприятливих умов для формування довжини головного стебла в більшості гібридів показники були від'ємними і переважали відповідні значення 2018–2019 рр.

4. Стабільне, впродовж трьох років досліджень, успадкування довжини головного стебла за негативним наддомінуванням спостерігали в комбінаціях схрещування: Щедра нива/Добірна, Миронівська рання/Кольчуга, Щедра нива/Відрада, Антонівка/Відрада, Кольчуга/Чорнява, Єдність/Добірна, Єдність/Відрада, Вдала/Столична.

5. Високі показники від'ємного гіпотетичного та істинного гетерозису визначено у комбінаціях схрещування: Щедра нива/Добірна, Щедра нива/Відрада, Кольчуга/Чорнява, Кольчуга/Антонівка, Єдність/Добірна, Кольчуга/Відрада у 2018 р.; Чорнява/Антонівка, Щедра нива/Добірна, Щедра нива/Відрада, Чорнява/Щедра нива – 2019 р.; Миронівська рання/Антонівка, Золотоколоса/Антонівка, Миронівська рання/Кольчуга, Миронівська рання/Вдала, Золотоколоса/Єдність, Щедра нива/Столична, Щедра нива/Відрада, Антонівка/Єдність, Антонівка/Відрада, Кольчуга/Відрада, Кольчуга/Столична у 2020 р.

Перспективою подальших досліджень є оцінювання індивідуальних доборів F_1 , отриманих за різних метеорологічних умов, і встановлення формотворення в наступних поколіннях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гадзало Я.М., Кириченко В.В., Дзюбецький Б.В. Стратегія інноваційного розвитку селекції і насінництва зернових культур в Україні. Київ-Харків-Дніпро, 2016. 32 с.
2. Сільське господарство України: статистичний збірник. Рослинництво. 2019. 230 с.
3. Собко Т.О., Сірант Л.В., Лісова Г.М. Генетична різноманітність сортів пшениці м'якої ярої за локусами запасних білків. Фактори експериментальної еволюції організмів. Київ: Логос, 2018. Т. 23. С. 334–339.
4. Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінський М.В. Принципи підбору пар для гібридизації в селекції озимої пшениці *T. aestivum* L. на адаптивність до умов довкілля. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2015. Т. 16. С. 92–96.
5. Некрасова О.А. Типы наследования высоты растений у гибридов F_1 мягкой озимой пшеницы. Аграрный вестник Урала. 2014. 129. № 11. С. 12–15.
6. Дёмина И.Ф., Косенко С.В. Изменчивость и наследование массы зерна с колоса у гибридов яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. 3 (137). С. 5–9.
7. Лозінський М.В. Адаптивна здатність селекційних номерів пшениці м'якої озимої за довжиною стебла. Миронівський вісник: збірник наукових праць. Миронівка. 2018. С. 77–91.
8. Гордей С.И., Урбан Э.П., Сацюк И.В. Сорты и технология возделывания озимой мягкой пшеницы. Земледелие и защита растений. 2018. Прил. к № 4. С. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-4-444-453>
9. Гордей С.И., Сацюк И.В., Урбан Э.П. Направление и основные результаты селекции озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в Республике Беларусь. Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2019. 57(4). С. 444–453. DOI: <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-4-444-453>
10. Результаты изучения новых сортообразцов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при разных уровнях интенсификации возделывания / Сацюк И.В. и др. Земледелие и селекция в Беларуси. 2017. Вып. 53. С. 127–131.
11. Gilliham M., Able J.A., Roy S.J. Translating knowledge about abiotic stress tolerance to breeding programmers. Plant Journal. 2017. Vol. 90, Issue 5. P. 898–917. DOI: <https://doi.org/10.1111/tj.13456>.
12. Бойчук І.В. Обґрунтування підбору сортів пшениці озимої для умов південного степу України. Topical issues of the development of modern science: The 7th International scientific and practical conference. Sofia, Bulgaria: ACCENT. 2020. P. 151–161.
13. Дуктова Н.А., Кузнецова Н.А. Проявление гетерозисного эффекта и характер наследования признаков продуктивности растения у внутривидовых гибридов пшеницы твердой. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 111–114.
14. Lozinskyi M.V. Inheritance and grain weight transgressive variability per plant in hybrid winter wheat (*T. aestivum* L.), obtained from the hybridization of various ecotypes. Агробіологія. 2016. № 1. С. 22–28.
15. Туктарова Н.Г., Торбина И.В. Проявление гетерозиса озимой пшеницы в гибридном питомнике первого года. Владимирский земледелец. 2016. № 3 (77). С. 35–37.

16. Гібридизація як джерело генетичної мінливості в селекції пшениці озимої / Володіна Г.Б. та ін. Мировніський вісник. 2019. № 9. С. 11–20. DOI: <https://doi.org/10.31073/mvis201909-02>.
17. Литвиненко М.А. 100 років розвитку селекційних програм пшениці м'якої озимої. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2016. № 2 (31). С. 75–82. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/stopnsr_2016_2_14.
18. Живлюк Е.К., Бородич Е.А. Наследование продуктивности главного колоса у межсортовых гибридов мягкой озимой пшеницы. Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. Гродн. госуд. аграрн. ун-т. Гродно: ГГАУ. 2015. С. 50–58.
19. Некоторые результаты и вопросы методологии овса на устойчивости к эдафическому стрессу / Баталова Г.А. и др. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 4 (47). С. 9–15.
20. Дуктова Н.А., Дуктов В.П., Павловский В.В. Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) – новая зерновая культура в Беларуси: проблемы и перспективы. Известия НАН Беларуси. 2015. № 3. С. 85–92.
21. Mycotoxins of the grain mass are an important problem of agricultural enterprises / Kondakova I.A. et al. International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2019. № 10(2). P. 223–230.
22. Орлюк А.П. Генетика пшениці з основами селекції. Херсон: Айлант. 2012. 436 с.
23. Генетичний контроль і рекомбінація ознак стійкості до вилягання у гібридів пшениці озимої за різних умов вирощування / Базалій В.В. та ін. Аграрні інновації. 2020. № 4. С. 87–93.
24. Лозинський М.В., Устинова Г.Л. Особливості успадкування довжини стебла і порядкових міжвузлів пшениці озимої у F_1 та розщеплення у F_2 за гібридизації різних екотипів. Новітні технології: теорія і практика: матеріали міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Київ, 2017. С. 208–209.
25. Создание высокоурожайных сортов озимой мягкой пшеницы с высоким качеством зерна, пригодных для возделывания в орошаемых условиях / Эгамов И.У. и др. Влияние науки и технологий на социально-экономическое развитие России. 2021. С. 5–12.
26. Mapping dynamic QTL for plant height in triticale / Würschum T. et al. BMC Genetics, 2014. № 15(1). 59 p. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2156-15-59>.
27. Genetic architecture of complex agronomic traits examined in two testcross populations of rye (*Secale cereale* L.) / Miedaner T. et al. BMC Genomics. 2012. № 13(1). 706 p. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-706>.
28. Захарова Н.Н., Захаров Н.Г., Гаранин М.Н. Высота растений озимой мягкой пшеницы в связи с ее урожайностью и устойчивостью к полеганию в лесостепи Среднего Поволжья. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1 (49). С. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-1-51-59>.
29. Якимчук Р.А. Характер успадкування довжини стебла карликовими мутантами пшениці м'якої озимої, отриманими в зоні Чорнобильської АЕС. Физиология растений и генетика. 2018. 50. № 1. С. 46–58.
30. Catalogue of gene symbols for wheat. 2013–14 / McIntosh R.A. et al. 52 p.
31. Catalogue of gene symbols for wheat / McIntosh R.A. et al. 2017. 58 p. URL: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2017.pdf>.
32. Долженко Д.О. Наследование и генетический контроль высоты растений у ячменя. Нива Поволжья. 2020. № 1 (54). С. 54–60. DOI: <https://doi.org/10.36461/NP.2020.54.1.009>
33. Ступінь фенотипового домінування та успадкованість за ознакою висота рослини у гібридів пшениці з різними алелями Rht генів / Моцний І.І. та ін. Цитология и генетика. 2017. 51. № 1. С. 25–33.
34. Филатенко А.А., Шитова И.П. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L / под ред. В.А. Корнейчук. Ленинград, 1989. 44 с.
35. Волкодав В.В. Методика державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні: заг. част. Охорона прав на сорти рослин: офіційний бюлетень. Київ: Алефа, 2003. Вип.1, ч. 3. 106 с.
36. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва, 1985. 352 с.
37. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. Genetics. 1950. Vol. 35. P. 303–321.
38. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. Iowa State Journal. 1965. № 39. 3 p.
39. Matzinger D.F., Mannand T.J., Cockerham C.C. Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. Crop Science. 1962. 2:238 /286.
40. Fonseca S., Patterson F.L. Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Science. 1968. Vol. 8, № 1. P. 85–88.

REFERENCES

- Hadzalo, Ya.M., Kyrychenko, V.V., Dziubetskiy, B.V. (2016). Stratehiia innovatsiinoho rozvytku selektsii i nasinnystva zernovykh kultur v Ukraini [Strategy of innovative development of selection and seed production of grain crops in Ukraine]. Kyiv-Kharkiv-Dnipro, 32 p.
- Silke gospodarstvo Ukrainy: statystychnyi zbirnyk. Roslynnystvo [Agriculture of Ukraine: statistical collection. Plant growing]. 2019, 230 p.
- Sobko, T.O., Sirant, L.V., Lisova, H.M. (2018). Henetychna riznomanitnist sortiv pshenytsi miakoi yarozi za lokusamy zapasnykh bilkiv [Genetic diversity of soft spring wheat by locus of spare proteins]. Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv Genetic diversity of soft spring wheat by locus of spare proteins. Factors of experimental evolution of organisms [Factors of experimental evolution of organisms]. Kyiv, Lohos, Vol. 23, pp. 334–339.
- Burdeniuk-Tarasevych, L.A., Lozinskyi, M.V. (2015). Pryntsy pyidboru par dlia hibrizydzatsii v selektsii ozymoi pshenytsi *T. aestivum* L. na adaptyvnyist do umov dovkillia [Principles of selection of pairs for hybridization in selection of winter wheat *T. aestivum* L. for adaptability to environmental conditions]. Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv [Factors of experimental evolution of organisms]. Vol. 16, pp. 92–96.
- Nekrasova, O.A. (2014). Typy nasledovaniya vyisoty rastenyi u gibridov F_1 myagkoy ozimoy pshenytsi [Types of plant height inheritance in F_1 hybrids of soft winter wheat]. Agrarniy vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]. 129, no. 11, pp. 12–15.

6. Dyomina, I.F., Kosenko, S.V. (2016). Izmenchivost i nasledovanie massyi zerna s kolosa u gibridov yarovoy myagkoy pshenitsyi v usloviyah lesostepi Srednego Povolzhya [Variation and inheritance of grain weight per spike in spring bread wheat hybrids in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region]. Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Altai State Agrarian University], no. 3 (137), pp. 5–9.
7. Lozinskyi, M.V. (2018). Adaptivna zdavnist selektsiinykh nomeriv pshenitsi miakoi ozymoi za dozhynoiu stebly [Adaptive ability of soft winter wheat breeding numbers by stem length]. Myronivskiy visnyk: zbirnyk naukovykh prats [Myronivskiy Visnyk: a collection of scientific works]. Myronivka, pp. 77–91.
8. Gordey, S.I., Urban, E.P., Satsyuk, I.V. (2018). Sorta i tehnologiya vozdeyivaniya ozimoy myagkoy pshenitsyi [Varieties and technology of cultivation of winter soft wheat]. Zemledelie i zaschita rastenyi [Agriculture and plant protection], no. 4, pp. 3–10. Available at: <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-4-444-453>
9. Gordey, S.I., Satsyuk, I.V., Urban, E.P. (2019). Napravleniya i osnovnyie rezultaty selektsii ozimoy pshenitsyi (*Triticum aestivum* L.) v Respublike Belarus [Directions and main results of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding in the Republic of Belarus]. Izvestiya Natsionalnoy akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk [Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Science Series], no. 57(4), pp. 444–453. Available at: <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-4-444-453>
10. Satsyuk, I.V., Gordey, S.I., Ardashnikova, A.E., Trushko, V.Yu., Shanbanovich, A.Yu. (2017). Rezultaty izucheniya novykh sortoobraztsov ozimoy pshenitsyi (*Triticum aestivum* L.) pri raznykh urovnyakh intensifikatsii vozdeyivaniya [Results of studying new cultivars of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) at different levels of intensification of cultivation]. Zemledelie i selektsiya v Belarusi [Agriculture and breeding in Belarus], no. 53, pp. 127–131.
11. Gilliam, M., Able, J.A., Roy, S.J. (2017). Translating know ledge about abiotic stress tolerance to breeding programmers. Plant Journal. Vol. 90, Issue 5, pp. 898–917. Available at: <https://doi.org/10.1111/tpj.13456>.
12. Boichuk, I.V. (2020). Obruntovannia pidboru sortiv pshenitsi ozymoi dlia umov pivdennoho stepu Ukrainy [Foundation selection of varieties of winter wheat for the minds of the Ukrainian steppe]. “Topical issues of the development of modern science”: The 7th International scientific and practical conference. Sofia, Bulgaria, Publishing House “ACCENT”, pp. 151–161.
13. Duktova, N.A., Kuznetsova, N.A. (2018). Proyavlenie geterozisnogo efekta i harakter nasledovaniya priznakov produktivnosti rasteniya u vnutrividovykh gibridov pshenitsyi tverdoy [Manifestation of the heterotic effect and the nature of inheritance of plant productivity traits in intraspecific durum wheat hybrids]. Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy selskohozyaystvennoy akademii [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], no. 4, pp. 111–114.
14. Lozinskyi, M.V. (2016). Inheritance and grain weight transgressive variability per plant in hybrid winter wheat (*T. aestivum* L.), obtained from the hybridization of various ecotypes. Agrobiologiya, no. 1, pp. 22–28.
15. Tuktarova, N.G., Torbina, I.V. (2016). Proyavlenie geterozisa ozimoy pshenitsyi v gibridnom pitomnike pervogo goda [Manifestation of winter wheat heterosis in a hybrid nursery of the first year]. Vladimirskiy zemledelet [Vladimirsky farmer], no. 3 (77), pp. 35–37.
16. Volodina, H.B., Demydov, O.A., Humeniuk, O.V., Zamlila, N.P., Derhachov, O.L. (2019). Hibrydyzatsiia yak dzherelo henetychnoi minlyvosti v selektsii pshenitsi ozymoi [Hybridization as a source of genetic variability in the selection of winter wheat]. Myronivskiy visnyk [Myronivskiy Herald], no. 9, pp. 11–20. Available at: <https://doi.org/10.31073/mvis201909-02>.
17. Lytvynenko, M.A. (2016). 100 rokiv rozvytku selektsiinykh prohram pshenitsi miakoi ozymoi [100 years of development of selection programs of soft winter wheat]. Sortovyvchennia ta okhrona prav na sorty roslyn [Variety research and protection of plant variety rights], no. 2 (31), pp. 75–82. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/stopnsr_2016_2_14.
18. Zhivlyuk, E.K., Borodich, E.A. (2015). Nasledovanie produktivnosti glavnogo kolosa u mezhsortovykh gibridov myagkoy ozimoy pshenitsyi [Inheritance of the productivity of the main spike in intervarietal hybrids of soft winter wheat]. Selskoe hozyaystvo – problemy i perspektivy: sbornik nauchnykh trudov Grodnovskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet [Agriculture – Problems and Prospects: Collection of Scientific Papers Grodno State Agrarian University]. Grodno, GGAU, pp. 50–58.
19. Batalova, G.A., Shirokih, I.G., Tulyakova, M.V., Shevchenko, S.N., Rusakova, I.I., Abubakirova, R.I., Zhuykova, O.A. (2015). Nekotoryie rezultaty i voprosy metodologii ovsa na ustoychivost k edaficheskomu stressu [Some results and questions of the methodology of oats for resistance to edaphic stress]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka [Agricultural science of the Euro-North-East], no. 4 (47), pp. 9–15.
20. Duktova, N.A., Duktov, V.P., Pavlovskiy, V.V. (2015). Tverdaya pshenitsa (*Triticum durum* Desf.) – novaya zernovaya kultura v Belarusi: problemy i perspektivy [Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) – a new grain crop in Belarus: problems and prospects]. Izvestiya NAN Belarusi [Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus], no. 3, pp. 85–92.
21. Kondakova, I.A., Levin, V.I., Lgova, I.P., Lomova, Y.V., Vologzhanina, E.A., Antoshina, O.A. (2019). Mycotoxins of the grain mass are an important problem of agricultural enterprises. International Journal of Advanced Biotechnology and Research. no. 10(2), pp. 223–230.
22. Orliuk, A.P. (2012). Henetyka pshenitsi z osnovamy selektsii [Genetics of wheat with the basics of selection]. Kherson, Ailant, 436 p.
23. Bazalii, V.V., Domaratskyi, Ye.O., Boichuk, I.V., Teteruk, O.V., Kozlova, O.P., Bazalii, H.H. (2020). Henetychnyi kontrol i rekombinatsiia oznak stiikosti do vylihanii u hibrydiv pshenitsi ozymoi za riznykh umov vyroshchuvannia [Genetic control and recombination of signs of resistance to lodging in winter wheat hybrids under different growing conditions]. Ahrarni innovatsii [Agricultural innovations], no. 4, pp. 87–93.
24. Lozinskyi, M.V., Ustynova, H.L. (2017). Osoblyvosti uspadkuvannia dozhynny stebly i poriadkovykh mizhvuzliv pshenitsi ozymoi u F_1 ta rozshcheplennia u F_2 za hibrydyzatsii riznykh ekotypiv. Novitni tehnolohii: teoriia i praktyka: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii

prysviachenoi 95-richchiu Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv NAAN [Latest technologies: theory and practice: materials of the international scientific-practical conference dedicated to the 95th anniversary of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets NAAN]. Kyiv, pp. 208–209.

25. Egamov, I.U., Siddikov, R.I., Rahimov, T.A., Yusupov, N.H. (2021). Sozdanie vyisokourozhaynykh sortov ozimoy myagkoy pshenitsyi s vyisokim kachestvom zerna, prigodnykh dlya vozdeleyvaniya v oroshaemykh usloviyakh [Creation of high-yielding varieties of winter soft wheat with high grain quality, suitable for cultivation in irrigated conditions]. Vliyanie nauki i tehnologii na sotsialno-ekonomicheskoe razvitiye Rossii [The impact of science and technology on the socio-economic development of Russia]. pp. 5–12.

26. Würschum, T., Liu, W., Busemeyer, L., Tucker, M., Reif, J., Weissmann, E., Hahn, V., Ruckelshausen, A., Maurer, H. (2014). Mapping dynamic QTL for plant height in triticale. *BMC Genetics*. no. 15 (1), 59 p. Available at: <https://doi.org/10.1186/1471-2156-15-59>.

27. Miedaner, T., Hübner, M., Korzun, V., Schmiedchen, B., Bauer, E., Haseneyer, G., Wilde, P., Reif, J.C. (2012). Genetic architecture of complex agronomic traits examined in two testcross populations of rye (*Secale cereale* L.). *BMC Genomics*. no. 13 (1), 706 p. Available at: <https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-706>.

28. Zaharova, N.N., Zaharov, N.G., Garanin, M.N. (2020). Vyisota rastenyi ozimoy myagkoy pshenitsyi v svyazi s ee urozhaynostyu i ustoychivostyu k poleganiyu v lesostepi Srednego Povolzhya [Plant height of soft winter wheat due to its yield and resistance to lodging in the forest-steppe of the Middle Volga region]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskohozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy], no. 1 (49), pp. 51–59. Available at: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-1-51-59>.

29. Yakymchuk, R.A. (2018). Kharakter uspadkovannia dozhyzny steblya karlykovyymi mutantamy pshenytsi miakoi ozymoi, otrymanyymi v zoni Chornobylskoi AES [The nature of the inheritance of stem length by dwarf mutants of soft winter wheat obtained in the area of the Chernobyl NPP]. *Fyzyolohiya rastenyi y henetyka* [Plant physiology and genetics]. 50, no. 1, pp. 46–58.

30. McIntosh, R.A., Yamazaki, Y., Dubcovsky, J., Rogers, J., Morris, C., Appels, R., Xia, X.C. (2013). Catalogue of gene symbols for wheat. 52 p.

31. McIntosh, R.A., Dubcovsky, J., Rogers, W.J., Morris, C., Xia, X.C. (2017). Catalogue of gene symbols for wheat. 58 p. Available at: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supp-lement2017.pdf>.

32. Dolzhenko, D.O. (2020). Nasledovanie i geneticheskyy kontrol vyisoty rastenyi u yachmenya [Inheritance and genetic control of plant height in barley]. *Niva Povolzhya* [Niva of the Volga region], no. 1 (54), pp. 54–60. Available at: <https://doi.org/10.36461/NP.2020.54.1.009>

33. Motsnyi, I.I., Honcharova, A.I., Chebotar, H.O., Chebotar, S.V. (2017). Stupin fenotypovoho dominuvannia ta uspadkovuvannia za oznakoiu vysota roslynny u hibrydy pshenytsi z riznymy aleliamy Rhtgeniv [The degree of phenotypic dominance and heredity on the basis of plant height in wheat hybrids with different alleles of Rhtgens]. *Tsytolohiya y henetyka* [Cytology and genetics]. 51, no. 1, pp. 25–33.

34. Fylyatenko, A.A., Shytova, Y.P., Korneichuk, V.A. (1989). Shyrokyi unyfityrovannyi klasyfykator SJEV roda *Triticum* L. [Wide unified CMEA classifier of the genus *Triticum* L.]. *Lenynhrad*, 44 p.

35. Volkodav, V.V. (2003). Metodyka derzhavnoho vyprobuvannia sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini: Zahalna chastyna [Methods of state testing of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine: general part]. *Okhorona prav na sorty roslyn: Ofitsiyni biuleten* [Protection of plant variety rights: official Bulletin]. Issue 1, part 3, 106 p.

36. Dospikhov, B.A. (1985). Metodyka polevoho opyta [Field experiment technique]. Moscow, Ahropromizdat, 352 p.

37. Griffing, B. (1950). Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. Vol. 35, pp. 303–321.

38. Beil, G.M., Atkins, R.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*. no. 39, 3 p.

39. Matzinger, D.F., Mannand, T.J., Cockerham, C.C. (1962). Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. *Crop Science*. 2:238/286.

40. Fonseca, S., Patterson, F.L. (1968). Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*. Vol. 8, no. 1, pp. 85–88.

Особенности проявления степени фенотипического доминирования длины стебля в F₁ пшеницы мягкой озимой

Лозинский Н.В., Устинова Г.Л., Панченко Т.В.

В контрастные по гидротермическим условиям 2018–2020 гг. исследовали проявление степени фенотипического доминирования длины главного стебля в F₁ при гибридизации различных по высоте сортов пшеницы мягкой озимой.

При гибридизации сорта Белоцерковская полукарликовая с среднерослыми сортами I и II групп наиболее распространенным типом наследования длины стебля было негативное сверхдоминирование – 54,5 % и положительное сверхдоминирование – 27,3 %. При этом степень фенотипического доминирования изменялась от -63,0 до +7,4. При использовании в скрещивании материнской формой среднерослых сортов I группы степень фенотипического доминирования имела значительную дифференциацию от -257,0 до +35,0, а детерминация длины стебля в большинстве комбинаций происходила по негативному сверхдоминированию – 61,4 %. Стабильным проявлением отрицательной степени фенотипического доминирования (hp > -1) характеризовались комбинации Щедра ныва/Добирна, Щедра ныва/Видрада, Мыронивська рання/Кольчуга, Антонивка/Видрада. При привлечении к гибридизации среднерослых сортов II группы материнской формой наиболее распространенным типом наследования длины стебля также определено отрицательное сверхдоминирование. Установлено, что степень фенотипического доминирования длины стебля в F₁ зависела от подбора родительских форм для гибридизации и условий года. Так, в 2020 г. при более благоприятных условиях для формирования длины стебля в большинстве гибридов определена отрицательная степень фенотипического доминирования, а наследование происходило по негативному сверхдоминированию.

Высокие показатели отрицательного гипотетического и истинного гетерозиса установлены у гибридов: Щедра ныва/Добирна, Щедра ныва/Видрада, Кольчуга/Чорнява, Кольчуга/Антонивка, Едність/Добирна, Кольчуга/Видрада в 2018 г.; Чорнява/Антонивка, Щедра ныва/Добирна, Щедра ныва/Видрада, Чорнява/Щедра ныва – 2019 г.; Мыронивська рання/Антонивка, Золотоколоса/Антонивка, Мыронивська рання/Кольчуга, Мыронивська рання/Вдала, Золотоколоса/Едність, Щедра ныва/Столычна, Щедра ныва/Видрада, Антонивка/Едність, Антонивка/Видрада, Кольчуга/Видрада, Кольчуга/Столычна в 2020 г.

Ключевые слова: пшеница мягкая озимая, комбинации скрещивания, гибриды, длина главного стебля, степень фенотипического доминирования, гипотетический и истинный гетерозис.

Peculiarities of the phenotypic dominance degree manifestation by stem length in F₁ bread winter wheat

Lozinskiy M., Ustinova H., Panchenko T.

The manifestation of the phenotypic dominance degree of the main stem length in F₁ under hybridization of different varieties of bread winter wheat was studied during different for hydrothermal conditions 2018–2020. In the hybridization of Bilotserkivska napivkarlykova variety with medium-growing varieties of groups 1 and 2, the most common type of stem length inheritance was negative overdominance – 54.5 % and positive overdominance – 27.3 %. The degree of phenotypic dominance varied from -63.0 to +7.4. When used medium-sized varieties of group I in the crossing with the maternal

form, the degree of phenotypic dominance had a significant differentiation from -257.0 to +35.0, and the determination of stem length in most combinations was negatively overdominated – 61.4 %. The combinations Shchedra nyva/Dobirna, Shchedra nyva/Vidrada, Myronivska early/Kolchuga, Antonivka/Vidrada were characterized by a stable manifestation of a negative degree of phenotypic dominance ($h_p > -1$). When involved in the hybridization of medium-sized varieties of group 2 in the maternal form, the most common type of stem length inheritance had negative dominance as well. It was found that the degree of phenotypic dominance of stem length in F₁ depended on the selection of parental forms for hybridization and year conditions. Thus, in 2020, under more favorable conditions for the formation of stem length in most hybrids, a negative degree of phenotypic dominance was determined, and the inheritance was negatively dominated.

High rates of negative hypothetical and true heterosis were found in the following hybrids: Shchedra nyva/Dobirna, Shchedra nyva/Vidrada, Kolchuga/Chornyava, Kolchuga/Antonivka, Yednist/Dobirna, Kolchuga/Vidrada in 2018; Chornyava/Antonivka, Shchedra nyva/Dobirna, Shchedra nyva/Vidrada, Chorniava/Shchedra nyva in 2019; Myronivska early/Antonivka, Zolotokolosa/Antonivka, Myronivska early/Kolchuga, Myronivska early/Vdala, Zolotokolosa/Yednist, Shchedra nyva/Stolychna, Shchedra nyva/Vidrada, Antonivka/Yednist, Antonivka/Vidrada, Kolchuga/Vidrada, Kolchuga/Stolychna in 2020.

Key words: bread winter wheat, crossbreeding combinations, hybrids, main stem length, degree of phenotypic dominance, hypothetical and true heterosis.



Copyright: Лозінський М.В., Устинова Г.Л., Панченко Т.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Лозінський М.В.
Устинова Г.Л.
Панченко Т.В.

<https://orcid.org/0000-0002-6078-3209>
<https://orcid.org/0000-0002-3056-358X>
<https://orcid.org/0000-0003-1114-5670>

АГРОНОМІЯ

УДК 635.651 : 581.143 : 631.8 (477.8)

Ефективність застосування мікробіологічних препаратів Ризобофіт та Ризогумін за біометричними показниками бобів (*Faba bona Medic*)Пида С.В.¹, Конончук О.Б.¹, Тригуба О.В.², Гурська О.В.²¹ Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка² Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія ім. Тараса Шевченка

✉ Тригуба О.В. E-mail: boratun1@ukr.net



Пида С.В., Конончук О.Б., Тригуба О.В., Гурська О.В. Ефективність застосування мікробіологічних препаратів Ризобофіт та Ризогумін за біометричними показниками бобів (*Faba bona Medic*). Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 115–121.

Pyda S.V., Kononchuk O.B., Tryguba O.V., Gurs'ka O.V. Efektyvnist' zastosuvannya mikrobiologichnykh preparativ Ryzobofit ta Ryzogumin za biometrychnymy pokaznykamy bobiv (*Faba bona Medic*). Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 115–121.

Рукопис отримано: 31.03.2021 р.

Прийнято: 15.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-115-121

Застосування біологічних препаратів на основі бульбочкових бактерій і комплексів, що містять, крім ризобій, біологічно активні речовини, є економично вигідним та екологічно доцільним елементом технологій вирощування бобових культур. Мета роботи – встановити вплив передпосівного оброблення насіння мікробіологічними препаратами Ризобофіт і Ризогумін за показниками ростових процесів бобів (*Faba bona Medic*) сорту Хорошківські в умовах Західного Лісостепу України. Дослідження проводили впродовж 2018–2020 рр. на полях агробіолабораторії Тернопільського національного університету імені Володимира Гнатюка. Впродовж вегетаційного періоду вимірювали висоту стебла, підраховували кількість листків на рослині, визначали сирі і суху масу надземних органів та кореневої системи.

Встановлено, що мікробіологічні препарати Ризобофіт і Ризогумін впливають на показники ростових процесів бобів на фоні спонтанної інокуляції місцевими популяціями бульбочкових бактерій. Приріст висоти стебла дослідних рослин порівняно з контролем за передпосівного оброблення насіння Ризогуміном на початку цвітіння становив 13,9 %, під час цвітіння – 14,1 %, а у фазі зеленого бобу – 9,0 %. Передпосівна інокуляція Ризобофітом істотно збільшувала висоту стебла бобів лише у фазі зеленого бобу – 11, 8 %. Під час цвітіння бобів за використання препарату Ризогумін достовірно зростав показник кількості листків на рослині – на 25,7 % порівняно з контролем. У фазі зеленого бобу обидва досліджувані препарати суттєво впливали на процес формування листків. Встановлено істотніший вплив на облистяння рослин препарату Ризогумін порівняно з Ризобофітом упродовж досліджуваного періоду. Виявлено статистично значущий приріст показників сирі і сухої маси надземних органів бобів у фазі зеленого бобу за впливу Ризобофіту і Ризогуміну. Під час цвітіння рослин за передпосівного оброблення насіння Ризогуміном встановлено істотне зростання показника сирі маси кореневої системи. Отримані результати доводять перспективність подальших досліджень продукційних процесів рослин бобів за впливу мікробіологічних препаратів Ризобофіт і Ризогумін.

Ключові слова: боби, інокуляція, Ризобофіт, Ризогумін, вегетаційний період, біометричні показники.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Виробництво високоякісної сільськогосподарської продукції за застосування ресурсоощадних технологій та засобів біологізації є прикладною проблемою сьогодення [1, 2, 3, 4]. Бактеріальні препарати та природні регулятори росту здатні підвищувати продуктивність сільськогосподарських рослин на 20 % і водночас бути екологічно безпечними

для навколишнього середовища та здоров'я людини [5]. Зернобобові культури є основним джерелом рослинного білка як для тваринництва, так і для харчування населення та займають важливе місце в структурі рослинних білкових ресурсів України [6, 7, 8, 9].

Важливою складовою вирішення проблеми дефіциту білків є розширення видового асортименту бобових культур. Кормові боби посіда-

ють чільне місце серед зернобобових за вмістом протеїнів у насінні – 28–35 % [10, 11, 12, 13, 14]. Для них характерний високий вміст у зерні вітамінів групи В, загальна концентрація яких становить від 23,08 до 39,26 мкг/г у цілому насінні, від 11,51 до 30,31 мкг/г в оболонках та від 23,56 до 32,66 мкг/г у сім'ядолях [15, 16, 17].

Важливою особливістю рослин бобів є здатність вступати у симбіотичні відносини з бульбочковими бактеріями виду *Rhizobium leguminosarum* і в результаті біологічної фіксації засвоювати з атмосфери за вегетаційний період 100–140 кг/га молекулярного нітрогену [18, 19, 20], також залишати значну його кількість (30–50 кг/га) з післязливними та кореневими залишками, що робить їх хорошим попередником у сівозміні для більшості сільськогосподарських культур [21, 22].

В Україні кормові боби нині вирощують на площі понад 10 тис. га, середня врожайність культури становить майже 18 ц/га. За високого рівня агротехніки у передових господарствах отримують 25–30 ц/га зерна і 500–600 ц/га зеленої маси [23].

Ріст рослин, як складний закономірний фізіологічний процес, вирізняється хорошою скорельованістю у формоутворенні та темпах збільшення розмірів і маси рослини. Це досягається наявністю в організмі рослин цілісної та узгодженої системи регулювальних механізмів, що проявляються на різних рівнях організації живої матерії – від окремих клітин до тканин та організму загалом. Система механізмів, що регулює фізіологічні процеси рослин містить: генетичну, мембранну, метаболічну, трофічну, електрофізіологічну та фітогормональну. Найістотніше на кількісні параметри рослин впливає трофічна регуляція. Вона забезпечується передаванням від клітини до клітини, від тканини до тканини, від органу до органу поживних речовин [24]. У процесі взаємовигідного симбіозу між рослиною бобів і бульбочковими бактеріями акумулюється нітроген атмосфери в амоніачну форму, яка поліпшує азотне живлення рослини і впливає на її ростові процеси. Показниками, що характеризують процеси росту, є висота стебла, кількість листків на рослині, кількість бічних пагонів, маса органів тощо [24, 25].

Мета дослідження – встановити вплив передпосівного оброблення насіння мікробіологічними препаратами Ризобіфіт та Ризогумін на показники ростових процесів бобів сорту Хоростківські в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2018–2020 рр.

на чорноземі типовому важкосуглинистому на лесі агробіологічної лабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. У досліді висівали боби сорту Хоростківські у трьох варіантах та чотирьох повтореннях. Розміщення ділянок – рандомізоване. Насіння бобів контрольного варіанту зволожували водою з розрахунку 2 % від маси насіння, а дослідних – мікробіологічними препаратами Ризобіфіт та Ризогуміном згідно з нормами виробника. Мікробіологічне добриво Ризобіфіт під боби містить селекціоновані штами *Rhizobium leguminosarum*, розмножені у стерильному торфі. Ризогумін – комплексний мікробний препарат для бобових, до складу якого, крім штамів азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum* (Варіант 1), входить оптимальна для впливу на ювенільну рослину та для життєдіяльності ризобій кількість фізіологічно активних речовин біологічного походження (Варіант 2). Мікробіологічні препарати Ризобіфіт і Ризогумін надані співробітниками Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України (м. Чернігів).

Сорт Хоростківські занесено до Державного реєстру сортів рослин придатних до поширення в Україні з 2017 року. Рекомендований для вирощування в Лісостепу та Степу України. Технологія вирощування культури була типовою для Лісостепу України [19]. Насіння сорту Хоростківські отримали із Державного підприємства «Дослідне господарство «Подільське» Тернопільської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів і сільського господарства Поділля НААН (м. Хоростків). Упродовж вегетаційного періоду вимірювали висоту стебла, підраховували кількість листків на рослині та визначали масу органів загальноприйнятими методами [24]. Статистичне оброблення даних здійснювали за допомогою комп'ютерної програми *Microsoft Excel*.

Результати дослідження та обговорення. Ознака «висота стебла» рослини характеризує культуру не лише за розмірами травостою, а й за придатністю до прямого механізованого збирання врожаю [26]. Приріст висоти стебла дослідних рослин порівняно з контролем за передпосівного оброблення насіння сорту Хоростківські композиційним мікробним біопрепаратом Ризогумін на початку цвітіння становив 13,9 %, під час цвітіння – 14,1 %, а у фазі зелений біб – 9,0 % (табл. 1). Варто зазначити, що всі наведені вище показники статистично значуще відрізнялися від контролю.

Інокуляція насіння Ризобофітом статистично значуще збільшувала висоту стебла рослин лише у фазі зелений біб. Приріст висоти бобів у зазначений період за впливу біопрепарату становив 11,1 % (табл. 1).

не відрізнявся від контролю. Ризогумін також помітно не вплинув на зазначений показник у цій фазі росту і розвитку – приріст кількості листків на рослині в середньому становив 11,6 % (табл. 2).

Таблиця 1 – Вплив мікробіологічних препаратів на висоту (см) стебла сорту Хоростківські

Варіант	Фаза росту і розвитку		
	початок цвітіння	цвітіння	зелений біб
контроль	49,7 ± 1,2	80,4 ± 1,0	125,0 ± 3,2
Ризобофіт	50,1 ± 1,0	84,0 ± 2,1	138,9 ± 2,0*
Ризогумін	56,6 ± 1,1*	91,7 ± 1,9*	136,2 ± 2,9*

Примітка: * – тут і в наступних таблицях, достовірна різниця з контролем.

Виявлені зміни у рості рослин бобів за дії мікробних препаратів можна пояснити оптимізацією їх живлення, адже завдяки інокуляції насіння на коренях рослин дослідних варіантів утворилися активні бобово-ризобіальні системи, які впливали на трофічну регуляцію ростових процесів. Необхідно відмітити, що у ґрунті дослідних ділянок наявні місцеві раси бульбочкових бактерій, які спонтанно інокулювали корені рослин контрольного варіанта [27]. Симбіотичні системи, що утворилися на коренях контрольних варіантів поліпшували азотне живлення рослин і відповідно впливали на ростові процеси.

Біологічно активні речовини, що входять до складу Ризогуміну додатково, крім ризобій, впливали, очевидно, на активність апікальної меристеми стебла, що відповідно позначилося на його висоті. Отже, висота стебла бобів у фазі цвітіння була найвищою за застосування Ризогуміну порівняно з контрольним варіантом. У фазі зеленого бобу рослини контролю і обох дослідних варіантів істотно відрізнялися між собою.

Важливим показником ростових процесів рослин, який впливає на продуктивність культури, є її облиствіння [24]. Оскільки боби використовують на зелену масу як корм для сільськогосподарських тварин [19], то кількість листків на рослині є важливим господарським показником. Від облиствіння рослини залежить процес накопичення органічних речовин, оскільки листок є органом фотосинтезу [28].

Встановлено, що на початку цвітіння приріст кількості листків у результаті оброблення насіння бобів біопрепаратом Ризобофіт істотно

Під час цвітіння бобів виявлено аналогічну закономірність. За використання Ризобофіту виявлено тенденцію до збільшення кількості листків на рослинах – приріст становив 16,8 % (табл. 2). За впливу комплексного мікробного препарату Ризогумін достовірно збільшувалась висота стебла (табл. 1) і відповідно зростає показник кількості листків на рослині на 25,7 % порівняно з контролем (табл. 2).

У фазі зеленого бобу виявлено достовірний приріст показника кількості листків на рослині бобів за передпосівного оброблення насіння мікробними препаратами Ризобофіт та Ризогумін, відповідно на 57,7 і 71,6 % (табл. 2).

Отже, мікробіологічний препарат Ризогумін істотніше впливав на облиствіння рослин бобів сорту Хоростківські порівняно з Ризобофітом упродовж досліджуваного періоду.

Важливим показником, що характеризує ростові процеси є маса наземних органів [24]. Дослідження довели, що найбільша ефективність біопрепаратів була у фазі зеленого бобу, сира маса наземних органів дослідних рослин зростає порівняно з контрольним варіантом на 70,6 % за дії Ризобофіту і 62,7 % – Ризогуміну (табл. 3).

Аналогічну закономірність виявлено і в показниках сухої маси надземних органів рослини бобів. У фазі цвітіння суха маса надземних органів бобів сорту Хоростківські за впливу Ризобофіту і Ризогуміну була близькою до контрольного варіанта. У фазі зеленого бобу визначено статистично значуще зростання маси сухих надземних органів рослин за передпосівного оброблення насіння обома мікробними препаратами – приріст становив, відповідно, 76,4 і 44,2 %.

Таблиця 2 – Вплив мікробіологічних препаратів на облиствіння (шт. листків) рослин бобів сорту Хоростківські

Варіант	Фаза росту і розвитку		
	початок цвітіння	цвітіння	зелений біб
контроль	12,9 ± 0,6	19,1 ± 0,6	20,8 ± 1,1
Ризобофіт	12,7 ± 0,3	22,3 ± 1,0	32,8 ± 1,2*
Ризогумін	14,4 ± 0,7	24,0 ± 2,1*	35,7 ± 1,9*

Таблиця 4 – Вплив мікробіологічних препаратів на суху масу (г) надземних органів рослин бобів сорту Хоростківські

Варіант	Фаза росту і розвитку	
	цвітіння	зелений біб
контроль	9,68 ± 0,9	34,89 ± 1,2
Ризобофіт	9,75 ± 0,4	61,53 ± 1,7*
Ризогумін	9,81 ± 0,8	57,31 ± 1,4*

Під час цвітіння за передпосівного оброблення насіння Ризогуміном виявлено статистично значуще зростання показника сирої маси кореневої системи на 25,3 % до контролю (табл. 5).

У фазі зеленого бобу мікробіологічні препарати Ризобофіт та Ризогумін істотно не впливають на формування кореневої системи рослин.

Таблиця 5 – Вплив мікробіологічних препаратів на сиру масу (г) кореневої системи рослин бобів сорту Хоростківські

Варіант	Фаза росту і розвитку	
	цвітіння	зелений біб
контроль	9,33 ± 0,21	11,56 ± 0,41
Ризобофіт	10,72 ± 0,79	12,02 ± 0,34
Ризогумін	11,68 ± 0,71*	13,21 ± 0,82

За даними літератури стрижнева коренева система бобів може проникати в ґрунт на глибину 80–120 см [19]. Під час досліджень кореневу систему вдавалось викопувати з глибини приблизно 30 см. Очевидно, така точність визначення не дає змоги об'єктивно оцінити зазначений показник і зробити коректні висновки.

Висновки. Мікробні препарати Ризобофіт та Ризогумін за передпосівного оброблення насіння інтенсифікують ростові процеси рослин бобів сорту Хоростківські та впливають на біометричні показники рослин в умовах Західного Лісостепу України. Їхня дія істотно збільшує висоту рослин, їх облиствіння, сиру і суху масу надземних органів. Приріст висоти стебла дослідних рослин за використання Ризогуміну значніший упродовж фаз цвітіння – зелений біб (9,0–14,1 %) порівняно із Ризобофітом, дія якого була статистично значущою лише у фазі зеленого біб (11,8 %). Мікробіологічний препарат Ризогумін також істотно впливає на облиствіння рослин, порівнюючи з Ризобофітом, упродовж досліджуваного періоду із максимумом у фазу зеленого бобу – зростання 71,6 та 57,7 % відповідно за препаратами.

У фазі зеленого бобу ефективність біопрепаратів за приростом сирої і сухої маси назем-

них органів дослідних рослин бобів виявилася статистично незначущою: зростання за дії Ризобофіту становило 70,6 і 76,4 %, Ризогуміну – 62,7 і 64,3 %.

Отже, отримані результати доводять перспективність застосування мікробіологічних препаратів Ризобофіт і Ризогумін у місцевих ґрунтово-кліматичних умовах для стимулювання ростових процесів рослин бобів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вплив різних регуляторів росту рослин на насінневу продуктивність рослин бобів кормових / Марчук Ю.М. та ін. Dny veda – 2016: materialy XII Mezinárodní vědecko-praktická konference. Praga, 2016. Vol. 7. P. 49–51.
2. Kuryata V.G., Kravets O.O. Features of morphogenesis, accumulation and redistribution of assimilate and nitrogen containing compounds in tomatoes under retardants treatment. Ukrainian journal of ecology. 2018. 8(1). С. 356–362.
3. Ходаницька О.О., Колісник О.М. Застосування стимуляторів розвитку в практиці рослинництва. Moderní vymoženosti vědy: materiály XVI Mezinárodní vědecko-praktická konference. Praga, 2020. Vol. 10. С. 45–49.
4. Шевчук О.А., Кравчук Г.І., Вергеліс В.І. Якісні характеристики насіння бобів кормових залежно від передпосівної обробки регуляторами росту рослин. Сільське господарство та лісівництво. 2018. № 10. С. 66–73.
5. Шевчук О.А., Ткачук О.О., Бахмат Ю.О. Застосування регуляторів росту рослин у рослинництві. Veda a technologia: krok do budoucnosti – 2017: materialy XIII Mezinárodní vědecko-praktická konference. Praga, 2017. Vol. 9. С. 38–43.
6. Квітко Г.П., Сауляк О.М. Формування урожаю насіння сочевиці харчової в умовах Лісостепу Правобережного. Органічне виробництво і продовольча безпека: зб. матеріалів доп. учасн. III Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир: Полісся, 2015. С. 564–568.
7. Сочевиця – джерело рослинного білка / Орехівський В.Д. та ін. Зернові продукти і комбікорми. 2017. Т. 17, № 4. С. 22–29.
8. Піда С.В., Тригуба О.В. Функціонування симбіотичної системи люпин – *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) за сумісного застосування ризобофіту та регуляторів росту рослин: монографія. Тернопіль: ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, 2019. 172 с.
9. Шевчук В.В., Дідур І.М. Перспективи використання гороху озимого у умовах Лісостепу Правобережного. Органічне агровиробництво: освіта і наука: зб. тез II Всеукр. наук.-практ. конф. Київ: Науково-методичний центр ВФПО, 2019. С. 105–107.
10. Cuccia G., Lacollaa G., Summob C., Pasqualoneb A. Effect of organic and mineral fertilization on faba bean (*Vicia faba* L.). Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 243. P. 338–343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.051>.
11. Eliminating vicine and convicine, the main anti-nutritional factors restricting faba bean usage / Hamid Khazaei et al. Trends in Food Science & Technology. 2019. Vol. 91. P. 549–556. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.051>.
12. Kuldeep A. Rahatea, Mitali Madhumitab, Pramod K. Prabhakar. Nutritional composition, anti-nutritional factors,

pretreatments-cum-processing impact and food formulation potential of faba bean (*Vicia faba* L.): A comprehensive review. *LWT*. 2021. Vol. 138. art. 110796. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110796>.

13. Rupesh Kumar Singha, Nitin Bohrab, Lav Sharmac. Valorizing faba bean for animal feed supplements via biotechnological approach: Opinion. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2019. Vol. 17. P. 366–368. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbab.2018.12.020>.

14. Faba bean meal, starch or protein fortification of durum wheat pasta differentially influence noodle composition, starch structure and in vitro digestibility / Manu P. Gangola et al. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 349. art. 129167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129167>.

15. Fengyuan Liu, Susanna Kariluoto, Minnamari Edelmann, Vieno Piironen. Bioaccessibility of folate in faba bean, oat, rye and wheat matrices. *Food Chemistry* 2021. Vol. 350. art. 129259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129259>.

16. Characterisation of the volatile flavour compounds in low and high tannin faba beans (*Vicia faba* var. minor) grown in Alberta, Canada / Rami Akkad et al. *Food Research International*. 2019. Vol. 120. P. 285–294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.02.044>.

17. Targeted quantification of B vitamins using ultra-performance liquid chromatography-selected reaction monitoring mass spectrometry in faba bean seeds / Jeremy Marshall et al. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. Vol. 95. art. 103687. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103687>.

18. Agronomy, Nutritional Value, and Medicinal Application of Faba Bean (*Vicia faba* L.) / Fatemeh Etemadi et al. *Horticultural Plant Journal*. 2019. Vol. 5. Issue 4. P. 170–182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2019.04.004>.

19. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. Вид. 5-е. Львів : НВФ Українські технології, 2020. С. 384–392.

20. Осадець Я., Вівчарик В. Кормові боби – цінна кормова культура. Пропозиція. 2002. № 11. С. 45–47.

21. Identifying drought-tolerant genotypes of faba bean and their agro-physiological responses to different water regimes in an arid Mediterranean environment / Elsayed Mansour et al. *Agricultural Water Management*. 2021. Vol. 247. art. 106754. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106754>.

22. Барвінченко В.І., Материнський П.В., Кобак С.Я. Ефективність виробництва зерна бобів кормових залежно від впливу системи удобрення. *Корми і кормовиробництво*. 2009. Вип. 65. С. 24–33.

23. Нідзельський В.А., Мокрієнко В.А. Кормові боби – цінна зернобобова культура. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Агрономія*. 2014. Вип. 176. С. 71–75.

24. Терек О.І., Пацула О.І. Ріст і розвиток рослин: навч. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 328 с.

25. Розробка системи комплексного застосування мікробних препаратів в агротехнології вирощування нуту / Лісовий М. М. та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2010. Вип. 11. С. 90–101.

26. Холод С.М., Холод С.Г., Іллічов Ю.Г. Нут – перспективна зернобобова культура для Лісостепу України.

Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2013. № 2. С. 49–54.

27. Вплив мікробіологічних препаратів на формування симбіотичних систем на коренях бобових культур / І.С. Брошак та ін. *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2019* : мат. Всеукр. наук.-практ. конф. Тернопіль: Вектор, 2019. С. 79–83.

28. Киризи́й Д.А. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений. Киев : Логос, 2004. 191 с.

REFERENCES

1. Marchuk, Yu. M., Ilchenko, I. V., Matviienko, V. O., Biletska, I. V. (2016). Vplyv riznykh rehuliatoriv rostu roslin na nasinnievu produktyvnist roslin bobiliv kormovykh [Influence of different plant growth regulators on seed productivity of fodder bean plants]. *Materialy XII Meznarodni vedecko-practicka konferencie «Dny veda – 2016»* [Materials XII International scientific-practical conference «Science Days – 2016»]. Vol. 16, pp. 49–51.

2. Kuryata, V.G., Kravets, O.O. (2018). Features of morphogenesis, accumulation and redistribution of assimilate and nitrogen containing compounds in tomatoes under retardants treatment. *Ukrainian journal of ecology*. no. 8(1), pp. 356–362.

3. Khodanitska, O.O., Kolisnyk, O.M. (2020). Zastosuvannia stymuliatoriv rozvytku v praktytsi roslinnytstva [Application of development stimulants in the practice of crop production]. *Materiály XVI Mezinárodní vědecko-praktická conference «Moderní vymoženosti vědy»* [Materials XVI International scientific and practical conference «Modern conveniences of science»]. Vol. 10, pp. 45–49.

4. Shevchuk, O.A., Kravchuk, H.I., Verhelis, V.I. (2018). Yakisni kharakterystyky nasinnia bobiv kormovykh zalezno vid peredposivnoi obrobky rehuliatoramy rostu roslin [Qualitative characteristics of fodder bean seeds depending on pre-sowing treatment with plant growth regulators]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo* [Agriculture and forestry], no. 10, pp. 66–73.

5. Shevchuk, O.A., Tkachuk, O.O., Bakhmat, Yu.O. (2017). Zastosuvannia rehuliatoriv rostu roslin u roslinnytstvi [Application of plant growth regulators in crop production]. *Materialy XIII Meznarodni vedecko-practicka konferencie «Veda a technologia: krok do budoucnosti – 2017»* [Materials XIII International scientific-practical conference «Science and Technology: A Step into the Future – 2017»]. Vol. 9, pp. 38–43.

6. Kvitko, H.P., Sauliak, O.M. (2015). Formuvannia Lisostepu Pravoberezhnoho [Formation of a lentil seed crop in the conditions of the forest-steppe of the right bank]. *Materialy dop. uchasn. III Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka»* [Materials ext. participant III International. scientific-practical conf. «Organic production and food security»]. pp. 564–568.

7. Orekhivskyi, V.D., Sichkar, V.I., Ovsiannykova, L.K. (2017). Sochevytsia – dzherelo roslinnoho bilka [Lentils – a source of vegetable protein]. *Zernovi produkty i kombikormy* [Grain products and compound feeds]. Vol. 17, no. 4, pp. 22–29.

8. Pyda, S.V., Tryhuba, O.V. (2019). Funktsionuvannia symbiotychnoi systemy liupyn – *Bradyrhizobium* sp.

(Lupinus) za sumisnoho zastosuvannya ryzobofitu ta rehulatoriv roslin: monohrafiia [Functioning of the symbiotic system of lupines – *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) with the combined use of rhizobophyte and plant growth regulators: a monograph]. Ternopil, TNPU im. Volodymyra Hnatiuka, 172 p.

9. Shevchuk, V.V., Didur, I.M. (2019). Perspektyvy vykorystannia horokhu ozymoho u umovakh Lisostepu Pravoberezhnogo [Prospects for the use of winter peas in the forest-steppe of the right bank]. Tezy II Vseukr. nauk.-prakt. konf. «Orhanichne ahrovyrobnytstvo: osvita i nauka» [These II All-Ukrainian. scientific-practical conf. «Organic agricultural production: education and science»]. pp. 105–107.

10. Cucci, G., Lacolla, G., Summo, C., Pasqualone, A. (2019). Effect of organic and mineral fertilization on faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientia Horticulturae*. Vol. 243, pp. 338–343. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.051>.

11. Hamid, Khazaei, Randy, W. Purves, Jessa, Hughes, Wolfgang, Link, Donal, M. O'Sullivan, Alan, H. Schulman, Emilie, Björnsdotter, Fernando, Geu-Flores, Marcin, Nadzieja, Stig, U. Andersen, Jens, Stougaard, Albert, Vandenberg, Frederick, L. Stoddard (2019). Eliminating vicine and convicine, the main anti-nutritional factors restricting faba bean usage. *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 91, pp. 549–556. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.051>.

12. Kuldeep, A. Rahate, Mitali, Madhumita, Pramod, K. Prabhakar (2021). Nutritional composition, anti-nutritional factors, pretreatments-cum-processing impact and food formulation potential of faba bean (*Vicia faba* L.): A comprehensive review. *LWT*. Vol. 138, art. 110796. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110796>.

13. Rupesh, Kumar Singh, Nitin, Bohra, Lav, Sharma (2019). Valorizing faba bean for animal feed supplements via biotechnological approach: Opinion. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. Vol. 17, pp. 366–368. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.12.020>.

14. Manu, P. Gangola, Bharathi, Raja Ramadoss, Sarita, Jaiswal, Catharine, Chan, Rebecca, Mollard, Hrvoje, Fabek, Mehmet, Tulbek, Peter, Jones, Diana, Sanchez-Hernandez, G. Harvey, Anderson, Ravindra, N. Chibbar (2021). Faba bean meal, starch or protein fortification of durum wheat pasta differentially influence noodle composition, starch structure and in vitro digestibility. *Food Chemistry*. Vol. 349, art. 129167. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129167>.

15. Fengyuan, Liu, Susanna, Kariluoto, Minnamari, Edelmann, Vieno, Piironen (2021) Bioaccessibility of folate in faba bean, oat, rye and wheat matrices. *Food Chemistry*. Vol. 350, art. 129259. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129259>.

16. Rami, Akkad, Ereddad, Kharraz, Jay, Han, James, D. House, Jonathan, M. Curtis (2019) Characterisation of the volatile flavour compounds in low and high tannin faba beans (*Vicia faba* var. minor) grown in Alberta, Canada. *Food Research International*. Vol. 120, pp. 285–294. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.02.044>.

17. Jeremy, Marshall, Haixia, Zhang, Hamid, Khazaei, Kevin, Mikituk, Albert, Vandenberg (2021) Targeted quantification of B vitamins using ultra-performance liquid chromatography-selected reaction monitoring mass spectrometry in faba bean seeds. *Journal of Food Composition*

and Analysis. Vol. 95, art. 103687. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103687>.

18. Fatemeh, Etemadi, Masoud, Hashemi, Allen, V. Barker, Omid, Reza Zandvakili, Xiaobing, Liu (2019) Agronomy, Nutritional Value, and Medicinal Application of Faba Bean (*Vicia faba* L.). *Horticultural Plant Journal*. Vol. 5, no. 4, pp. 170–182. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2019.04.004>.

19. Petrychenko, V.F., Lykhochvor, V.V. (2020). Rosllynnytstvo. Novi tekhnologii vyroshchuvannya polovykh kultur. Vyd. 5-e. [Rosllynnytstvo. New technologies for the development of polish cultures. View. 5th.]. Lviv, NVF Ukrainian technologies, pp. 384–392.

20. Osadets, Ya., Vivcharyk, V. (2002). Kormovi boby – tsinna kormova kultura [Fodder beans are a valuable fodder crop]. *Propozytsiia* [Proposition], no. 11, pp. 45–47.

21. Elsayed, Mansour, El-Sayed, M. Desoky, Mohamed, M.A. Ali, Mohamed, I. Abdul-Hamid, Hayat, Ullah, Ahmed, Attia, Avishek, Datta (2021). Identifying drought-tolerant genotypes of faba bean and their agro-physiological responses to different water regimes in an arid Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*. Vol. 247, art. 106754. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106754>.

22. Barvinchenko, V.I., Materynskyi, P.V., Kobak, S.Ya. (2009) Efektyvnist vyrobnytstva zerna bobiv kormovykh zalezno vid vplyvu systemy udobrennia [Efficiency of grain production of fodder beans depending on the influence of the fertilizer system]. *Kormy i kormovyrobnytstvo* [Feed and feed production], no. 65, pp. 24–33.

23. Nidzelskyi, V.A., Mokriienko, V.A. (2014). Kormovi boby – tsinna zernobobova kultura [Fodder beans – a valuable legume]. *Naukovyi visnyk Natsionalnogo universytetu biorekursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Ahronomiia* [Scientific bulletin of the National university of life and environmental sciences of Ukraine. Agronomy], no. 176, pp. 71–75.

24. Terek, O.I., Patsula, O.I. (2011). Rist i rozvytok roslin : navch. Posibnyk [Growth and development of plants: textbook manual]. Lviv, LNU imeni Ivana Franka, 328 p.

25. Lisovyi, M., Parkhomenko, O., Didovych, S., Parkhomenko, T., Chaika, V. (2010). Rozrobka systemy kompleksnoho zastosuvannya mikrobynykh preparativ v ahrotekhnologii vyroshchuvannya nutu [Development of a system of complex application of microbial preparations in agrotechnology of chickpea cultivation]. *Silskohospodarska mikrobiologhiia* [Agricultural microbiology], no. 11, pp. 90–101.

26. Kholod, S. M., Kholod, S. H., Illichov, Yu. H. (2013). Nut – perspektyvna zernobobova kultura dlia Lisostepu Ukrainy [Chickpeas are a promising legume for the forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii* [Bulletin of the Poltava state agrarian academy], no. 2, pp. 49–54.

27. Broshchak, I.S., Hnopko, N.Ya., Berbeta, O.M., Soroka, M.R. (2019). Vplyv mikrobiologichnykh preparativ na formuvannya symbiotychnykh system na koreniakh bobovykh kultur [Influence of microbiological preparations on the formation of symbiotic systems on the roots of legumes]. *Mat. Vseukr. nauk.-prakt. konf. «Ternopilski biolohichni chytannia – Ternopil Bioscience – 2019»* [Mate. All-Ukrainian scientific-practical conf. «Ternopil biological readings – Ternopil Bioscience – 2019»]. Ternopil, Vektor, pp. 79–83.

28. Kyrgyzi, D.A. (2004). Fotosyntezy u rost rastenyi v aspektye donorno-aktsyptornykh otnoshenyi [Photosynthesis and plant growth in the aspect of donor-acceptor relations]. Kiev, Lohos, 191 p.

Эффективность применения микробиологических препаратов Рызобифит и Рызогумин по биометрическим показателям бобов (*Faba bona Medic*)

Пыда С.В., Конончук А.Б., Тригуба Е.В., Гурская О.В.

Применение биологических препаратов на основе клубеньковых бактерий и комплексов, содержащих, кроме ризобий, биологически активные вещества, является экономически выгодным и экологически целесообразным элементом технологий выращивания бобовых культур. Цель работы – установить влияние предпосевной обработки семян микробиологическими препаратами Рызобифит и Рызогумин по показателям ростовых процессов бобов (*Faba bona Medic*) сорта Хоросткивски в условиях Западной Лесостепи Украины. Исследования проводили в течение 2018–2020 гг. на полях агробиологической лаборатории Тернопольского национального педагогического университета имени Владимира Гнатюка. В течение вегетационного периода измеряли высоту стебля, подсчитывали количество листьев на растении, определяли сырую и сухую массу надземных органов и корневой системы.

Установлено, что композиционные микробиологические препараты Рызобифит и Рызогумин влияют на показатели ростовых процессов бобов на фоне спонтанной инокуляции местными популяциями клубеньковых бактерий. Прирост высоты стебля исследованных растений по сравнению с контролем после предпосевной обработки семян Рызогумином в начале цветения составил 13,9 %, во время цветения – 14,1 %, а в фазе зеленого боба – 9,0 %. Предпосевная инокуляция Рызобифитом существенно увеличивала высоту стебля бобов только в фазе зеленого боба – 11,8 %. Во время цветения растений при использовании препарата Рызогумин достоверно возрастал показатель количества листьев на растении – на 25,7 % по сравнению с контролем. В фазе зеленого боба оба исследуемые препараты существенно влияли на процесс формирования листьев. Установлено более существенное влияние на облиственность растений препарата Рызогумин по сравнению с Рызобифитом в течение исследуемого периода. Выявлено статистически достоверный прирост показателей сырой и сухой массы надземных органов бобов в фазе зеленого боба при влиянии Рызобифита и Рызогумина. Во время цветения растений, после предпосевной обработки семян Рызогумином установлено существенный рост показателя сырой массы корневой системы. Полученные результаты указывают на перспективность дальнейших исследований продукцион-

ных процессов растений бобов под влиянием микробиологических препаратов Рызобифит и Рызогумин.

Ключевые слова: бобы, инокуляция, Рызобифит, Рызогумин, вегетационный период, биометрические показатели.

The effectiveness of Ryzobofit and Ryzohumin microbiological preparations use for beans biometric indicators (*Faba bona Medic*)

Pyda S., Kononchuk O., Tryhuba O., Hurska O.

The use of biological preparations based on nodule bacteria and complexes containing, except rhizobia, biologically active substances is a cost-effective and environmentally sound element of leguminous cultivation technologies. The study aimed to establish the influence of pre-sowing treatment of seeds with microbiological preparations Ryzobofit and Ryzohumin according to the indicators of growth processes (*Faba bona Medic*) of Khorostkivskiy variety beans in the conditions of Western Forest-Steppe of Ukraine. The research was conducted during 2018–2020 in the fields of agrobiolaboratory of Ternopil National University named after Volodymyr Hnatiuk. During the vegetation period, the height of the stem was measured, the number of leaves on the plant was counted, and the raw and dry weight of the aboveground organs and the root system were determined.

It was established that microbiological preparations Ryzobofit and Ryzohumin affect the growth processes of beans against the background of spontaneous inoculation by local populations of nodule bacteria. The increase in stem height of the experimental plants in comparison with the control of pre-sowing treatment of seeds with Ryzohumin at the beginning of flowering was 13,9 %, during flowering – 14,1 %, and in the green bean phase – 9,0 %. Pre-sowing inoculation with Ryzobofit significantly increased the height of the bean stalk only in the green bean phase – 11,8 %. During flowering of beans with the use of the Ryzohumin significantly increased the number of leaves on the plant – by 25,7 % compared to the control. In the green bean phase, both studied preparations significantly influenced the process of leaf formation. There was a significant effect on the foliage of plants of the Ryzohumin, compared with Ryzobofit during the study period. Statistically significant increase in the indicators of raw and dry mass of aboveground organs of beans in the green bean phase under the influence of Ryzobofit and Ryzohumin was revealed. During flowering in the conditions of pre-sowing treatment of seeds with Ryzohumin, a significant increase in the raw mass of the root system was found. The obtained results indicate the prospects of further studies of production processes of bean plants under the influence of microbiological preparations Ryzobofit and Ryzohumin.

Key words: beans, inoculation, Ryzobofit, Ryzohumin, vegetation period, biometric indicators.



Copyright: Пыда С.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Пыда С.В.
Конончук О.Б.
Тригуба О.В.
Гурська О.В.

<https://orcid.org/0000-0002-7858-104X>
<https://orcid.org/0000-0001-9790-4812>
<https://orcid.org/0000-0002-7264-7714>
<https://orcid.org/0000-0003-0565-3265>



УДК 633.174:631.5:620.9

Урожайність сорго зернового залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України

Правдива Л.А. 

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

 bioplant_@ukr.net



Правдива Л.А. Урожайність сорго зернового залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 122–130.

Pravdyva L.A. Urozhajnist' sorgo zernovogo zalezno vid elementiv tehnologii' vyroshhuvannja v umovah Pravoberezhnogo Lisostepu Ukraïny. Zbirnyk naukovyh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 122–130.

Рукопис отримано: 28.03.2021 р.

Прийнято: 12.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-122-130

В Україні вагомою зерновою культурою для виробництва біоетанолу та твердого палива є сорго зернове. За своїми господарсько цінними особливостями, посухостійкістю, високою врожайністю, універсальністю використання воно значно виділяється серед інших зернових культур.

Сорго зернове вирощують для використання в харчовій промисловості (основними продуктами перероблення є сорговий крохмаль, глюкозно-фруктозні сиропи, спирт тощо), в кормовиробництві та останнім часом в енергетичній галузі. Отже, дослідження елементів технології вирощування, а саме строків сівби і глибини загорання насіння сорго зернового, є доцільним та перспективним.

У статті висвітлено результати досліджень впливу строків сівби та глибини загорання насіння на енергетичну продуктивність посівів сорго зернового сортів Дніпровський 39 і Вінець в умовах Правобережного Лісостепу України.

Мета досліджень – дослідити вплив строків сівби та глибини загорання насіння сорго зернового на врожайність культури та вихід біопалива в умовах Правобережного Лісостепу України.

Дослідження проводили впродовж 2016–2020 років в умовах Білоцерківської ДСС Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України.

Встановлено, що найбільшу врожайність культури отримано за сівби насіння сорго зернового у I декаді травня і глибини загорання 4–6 см. За таких умов урожайність зерна у сорту Дніпровський 39 становила 7,1–7,4 т/га, у сорту Вінець – 6,3–6,7 т/га; врожайність біомаси у сорту Дніпровський 39 становила 40,2–44,4 т/га, у сорту Вінець – 37,3–39,5 т/га.

Найбільший вихід біоетанолу отримано за сівби насіння сорго зернового у I декаді травня та за глибини загорання насіння 4–6 см. Вирощування сорту Дніпровський 39 дає змогу отримати 2,37–2,47 т/га біоетанолу, сорту Вінець – 2,08–2,21 т/га. Вихід твердого біопалива на цьому варіанті досліду був також найбільшим і становив 9,29–10,26 т/га у сорту Дніпровський 39 та 8,62–9,12 т/га у сорту Вінець. Загальний вихід енергії з отриманого біопалива у сорту Дніпровський 39 дорівнював 210,66–228,98 ГДж/га, у сорту Вінець – 192,37–203,95 ГДж/га.

Ключові слова: сорго зернове, сорти, строки сівби, глибина загорання насіння, енергетична продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сільське господарство України має важливе значення у забезпеченні продовольчої й енергетичної безпеки держави завдяки своєму біоенергетичному потенціалу. Однак, маючи значну біомасу сільськогосподарського виробництва, аграрний сектор країни демонструє повільний розвиток підприємств та виробни-

цтва кінцевої продукції – біопалива. Використання біоенергетичного потенціалу сільського господарства вбачається одним із складових елементів стратегії сталого розвитку.

Позитивними сторонами виробництва біопалива є розвиток агропромислового комплексу України, зменшення енергетичної залежності, збільшення експортного потенціалу,

забезпечення сталого розвитку сільських населених пунктів, створення нових робочих місць, покращення екології тощо.

Однак використання сировини першого покоління для виробництва біопалива спричиняє супротив громадських організацій та державних інститутів низки країн, вмотивований можливою конкуренцією між продовольством і паливом та негативним впливом на продовольчу безпеку країн. Пошук найбільш вигідних стратегій забезпечення і продовольчої, і енергетичної безпеки з використанням сільськогосподарської сировини є важливим завданням для будь-якої країни [1].

Одним з перших кроків у вирішенні проблеми виробництва і використання альтернативних палив є перелік усіх їх видів та аналіз перспективності їх використання в умовах України. Найважливішим джерелом для виробництва альтернативних видів енергії є біомаса, яка є біологічно розкладеними компонентами продуктів і відходів сільського господарства (як рослинного, так і тваринного походження), лісового господарства і пов'язаних з ними виробництв, а також біологічно розкладеними компонентами промислових і побутових відходів [2].

Виробництво біопалива можливе лише за належного рівня забезпечення людей продовольчими ресурсами. Посилення мотивації розвитку і підтримання виробників біопалива у світі, й Україні зокрема, зумовлене високими темпами зменшення викопних видів палива, здорожчання його видобування і доставляння, збільшення населення та щораз більша потреба в енергоресурсах із розрахунку на одну людину, що зумовило зростаючі цінові тенденції на ринку нафти, вугілля тощо [3, 4, 5].

Перспективною енергетичною сільськогосподарською культурою для отримання біоетанолу (етиловий спирт як добавка до бензину) та твердого біопалива (виготовлення брикетів та пелетів) є сорго зернове. Отже, актуальним є вивчення елементів технології його вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України.

Посівні площі сорго зернового у світі становлять більш як 41,0 млн га, у тому числі в США приблизно 2 млн га, Мексиці – 1,7, Аргентині – 0,8, Китаї – 0,6, Австралії – 0,5, Росії – 0,08 млн га. Водночас середня урожайність зерна становить: у Франції – 5,51 т/га, США – 4,51, Аргентині – 4,83, Мексиці – 3,92, Китаї і Австралії – 3,17, Росії – 1,1 т/га [6].

Сорго зернове є найбільш високоенергетичною культурою завдяки високому фотосинтетичному потенціалу, низькій потребі у воді, високій стійкості до посухи. Крім того, сорго здатне призупиняти ріст у період несприятли-

вих умов для росту і розвитку, залишаючись в анабіозі до настання сприятливих умов. А також завдяки високій врожайності за низької норми висіву, і відповідно високим виходом біопалива (етанолу і твердого палива) та енергії з нього [7].

Вплив елементів технології вирощування, зокрема строків сівби і глибини загорання насіння, вивчало багато вчених [8, 9, 10, 11], які встановили, що правильний вибір строків сівби сорго залежить від багатьох чинників, а саме: ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування, стану ґрунту, вологості, біологічних особливостей досліджуваних сортів і гібридів, призначення сівби, темпів наростання позитивних температур тощо.

За сівби насіння у ранні строки сходи отримують сильно зрідженими, і вони швидко заростають бур'янами. За даними Генічеської дослідної станції, за сівби сорго в непрогрітий ґрунт (+7–+8 °C на глибині 10 см) сходи з'явилися через 30–35 діб, а польова схожість знизилась до 30 % [12, 13]. Отже, більш рання сівба сорго – недоцільна. За температури ґрунту +14–+16 °C сходи з'являються на 10–12-ту добу, а коли температура підвищується до +25 – +28 °C – на 5–6-ту добу після сівби [14].

За даними Г.М. Шекуна [15], ранні строки сівби мають перевагу, оскільки здебільшого дають змогу здійснювати сівбу насіння у вологіший ґрунт. Такої думки дотримуються і І.А. Драненко, Н.А. Шепель, А.А. Андрющенко та багато інших авторів. Отже, в посушливі весни за швидкого збільшення температури на ґрунтах легкого механічного складу рання сівба має значну перевагу над пізньою [16].

У холодні й вологі весни, а також на тяжких за механічним складом і сильно засмічених ґрунтах більш пізні строки сівби мають незаперечні переваги порівняно з ранніми, які в цьому разі дають зріджені сходи та пригнічуються бур'янами [15, 17, 18, 19].

Отже, питання впливу строків сівби та глибини загорання насіння сорго зернового на енергетичну продуктивність культури в умовах Правобережного Лісостепу України не досліджено й потребує досконалого вивчення.

Метою дослідження було дослідити вплив строків сівби та глибини загорання насіння сорго зернового на врожайність культури та вихід біопалива в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в 2016–2020 роках в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, зона Правобережного Лісосте-

пу України. Досліджували сорти (чинник А): Дніпровський 39, Вінець; строки сівби (чинник В): III декада квітня – температура ґрунту 5–6 °С на глибині 10 см, I декада травня – температура ґрунту 12–14 °С на глибині 10 см, II декада травня – температура ґрунту 16–18 °С на глибині 10 см; глибину загорання насіння (чинник С): 2 см, 4, 6, 8 см.

Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 25 м². Дослід закладали за методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти досліду розміщували на ділянках послідовно. Повторюваність дослідів – чотириразова.

Вихід біоетанолу, твердого палива та енергії визначали за методикою, розробленою в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (враховуючи, що суха маса зерна – 86 % і вміст крохмалю в середньому – 75 %) [20].

Ґрунти дослідної ділянки – чорноземи типові глибокі малогумусні крупно-пилувато-середньосуглинкового гранулометричного складу. Карбонати магнію та кальцію залягають на глибині 55–65 см. В орному шарі (0–30 см) міститься приблизно 17 % мулуватих частинок і від 46 до 54 % – крупного пилу. Рельєф рівнинний, глибина залягання ґрунтових вод – 8 м. Агрофізичні та агрохімічні властивості орного (0–30 см) шару ґрунту характеризуються такими показниками: гумусу – 3,5 %, загальної азоту – 0,31 %; гідролітична кислотність – 2,41 мг-екв.; легкогідролізованого азоту (N) – 13,4 мг, P₂O₅ – 27,6 мг, K₂O – 9,8 мг на 100 г ґрунту. Ступінь насиченості основами – 90 %.

Погодні умови у роки проведення досліджень були сприятливими для вирощування сорго зернового у Правобережному Лісостепу України.

Характеристика досліджуваних сортів [11].

Сорт *Дніпровський 39* – оригіномом є Синельниківська СДС ДУ Інститут зернових культур НААНУ. З 2000 року занесено до Реєстру сортів рослин України. Дозріває за 100–105 діб після сходів, ранньостиглий. Напрямо вирощування – зерно. Потенційна урожайність – 6–7 т/га.

Сорт *Вінець* – оригіномом є Генічеська ДС ДУ ІЗК НААНУ. До Реєстру сортів рослин України занесено з 2004 року. Дозріває за 90–95 діб після сходів, ранньостиглий. Напрямо використання – на зерно, зернокармивий. Врожайність зерна – до 4–6 т/га (на незрошуваних землях).

Досліджувані сорти середньо пошкоджуються злаковими попелицями і добре реагують на зрошення та високий агрофон.

Результати дослідження та обговорення. За результатами досліджень строки сівби і гли-

бина загорання насіння сорго зернового мали значний вплив не лише на ріст і розвиток рослин, а й на врожайність сортів Дніпровський 39 та Вінець.

Так, найвищу врожайність зерна отримано за другого строку сівби, коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 12–14 °С (I декада травня), як у сорту Дніпровський 39, так і у сорту Вінець (рис. 1, 2). Водночас за глибини загорання насіння 4–6 см вона сягала максимуму і дорівнювала 7,1–7,4 т/га у сорту Дніпровський 39 та 6,3–6,7 т/га у сорту Вінець. За глибини загорання насіння 2 і 8 см урожайність зерна була дещо нижчою та становила 6,3 і 6,2 т/га у сорту Дніпровський 39 та 6,0 і 5,7 т/га у сорту Вінець.

За сівби насіння у III декаді квітня, коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 5–6 °С (I строк сівби), та у II декаді травня, коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 16–18 °С (III строк сівби), урожайність зерна зменшувалась в обох сортів. Це зумовлено тим, що в першому випадку стримуючим чинником була температура, а в другому – нестача вологи в ґрунті.

Залежно від глибини загорання насіння за I строку сівби урожайність зерна у сорту Дніпровський 39 була в межах від 5,1 до 5,9 т/га, у сорту Вінець – від 4,2 до 5,5 т/га. За III строку сівби урожайність зерна становила у сорту Дніпровський 39 від 5,6 до 6,5 т/га, у сорту Вінець – від 5,0 до 6,0 т/га.

Найбільша урожайність надземної маси сорго зернового спостерігалася за сівби насіння у I декаді травня (II строк сівби) та глибини загорання 4–6 см (рис. 3, 4). Так, в середньому врожайність біомаси за цих показників становила 40,2–44,4 т/га у сорту Дніпровський та 37,3–39,5 т/га у сорту Вінець. За глибини загорання насіння 2 та 8 см показники врожайності біомаси дещо нижчі. У сорту Дніпровський 39 врожайність біомаси дорівнювала 35,7 та 33,9 т/га, у сорту Вінець – 31,6 та 31,0 т/га.

За сівби насіння у II декаді травня (III строк сівби) врожайність біомаси сорго зернового була нижчою. За глибини загорання насіння 2 см дорівнювала 30,2 т/га у сорту Дніпровський 39 та 27,4 т/га у сорту Вінець.

За глибини загорання насіння 4 см становила 34,4 т/га у сорту Дніпровський 39 та 31,2 т/га у сорту Вінець. За глибини загорання насіння 6 см врожайність біомаси найвища і становить 37,2 т/га у сорту Дніпровський 39 та 33,5 т/га у сорту Вінець. За глибини загорання насіння 8 см врожайність біомаси була найменшою і становила 29,1 т/га у сорту Дніпровський 39 та 27,1 т/га у сорту Вінець.

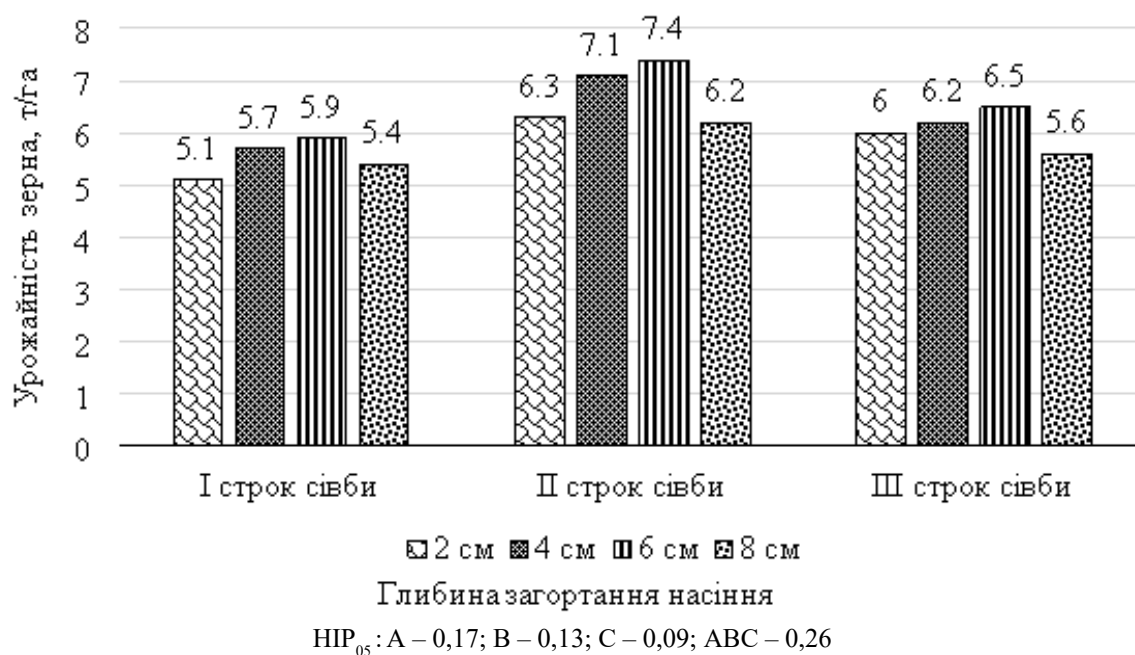


Рис. 1. Урожайність зерна сорту Дніпровський 39 залежно від строків сівби та глибини загортання насіння, т/га, (середнє за 2016–2020 рр.).

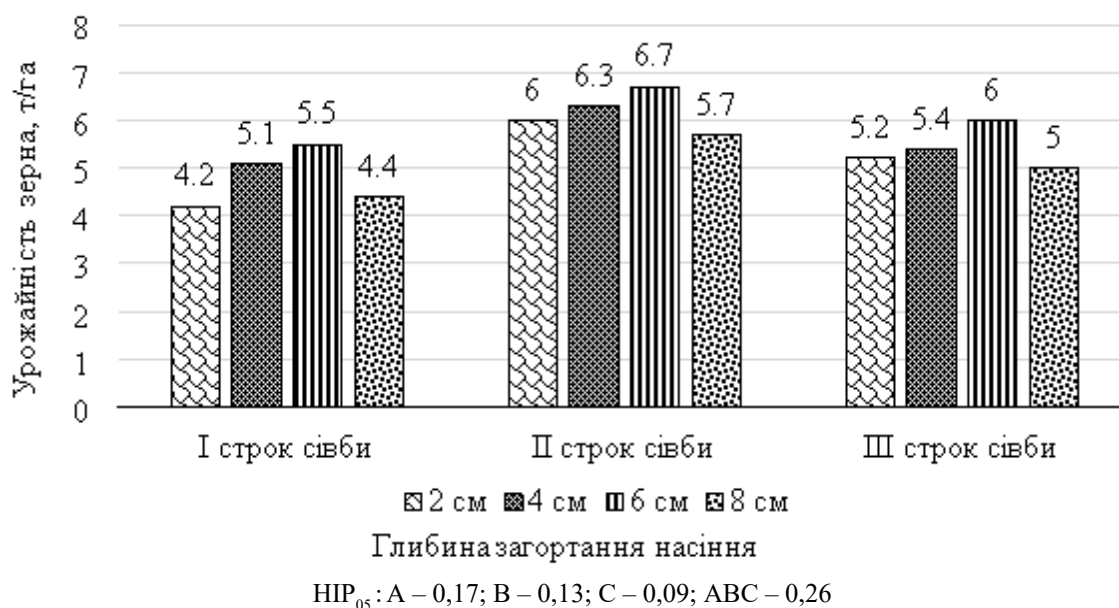


Рис. 2. Урожайність зерна сорту Вінець залежно від строків сівби та глибини загортання насіння, т/га, (середнє за 2016–2020 рр.).

Сівба насіння у III декаді квітня призводить до зниження продуктивності сортів сорго зернового, і в середньому залежно від глибини загортання насіння врожайність біомаси була від 27,4 до 38,1 т/га у сорту Дніпровський 39, у сорту Вінець – від 26,0 до 34,8 т/га.

Щодо виходу біопалива з гектара посіву, то найбільший вихід біоетанолу отримано за сівби насіння сорго зернового за II строку сівби (I декада травня) та глибини загортання насін-

ня 4–6 см (табл. 1). Вирощування сорту Дніпровський 39 дає змогу отримати 2,37–2,46 т/га біоетанолу, сорту Вінець – 2,08–2,21 т/га. Вихід твердого біопалива на цьому варіанті дослідів був також найбільшим і становив 9,29–10,26 т/га у сорту Дніпровський 39 та 8,62–9,12 т/га у сорту Вінець. Загальний вихід енергії відповідно у сорту Дніпровський 39 дорівнював 210,66–228,98 ГДж/га, у сорту Вінець – 192,37–203,95 ГДж/га.

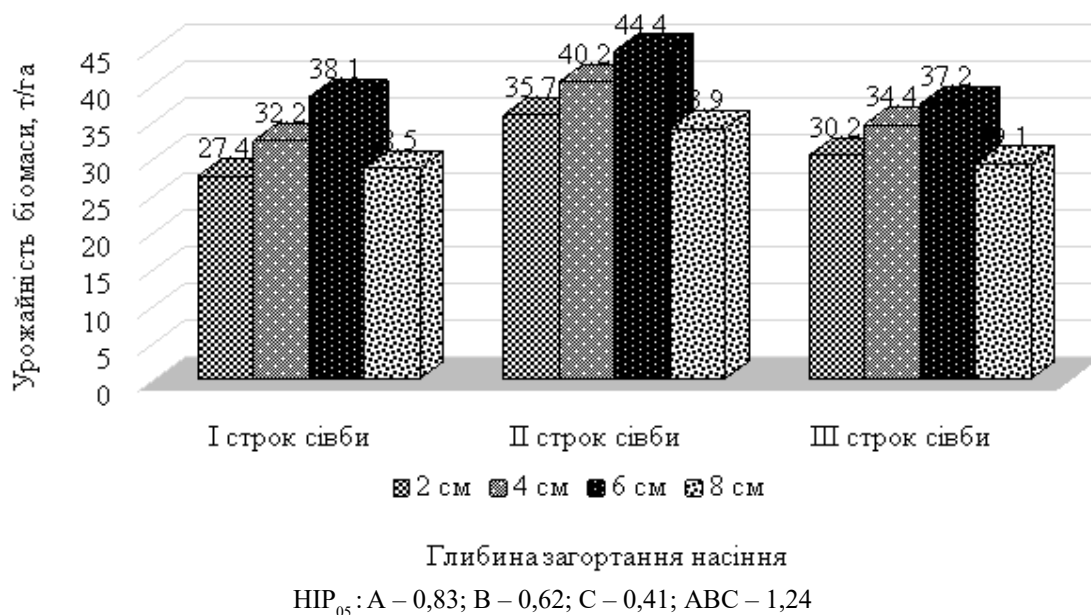


Рис. 3. Урожайність біомаси сорту Дніпровський 39 залежно від строків сівби та глибини загортання насіння, т/га, (середнє за 2016–2020 рр.).

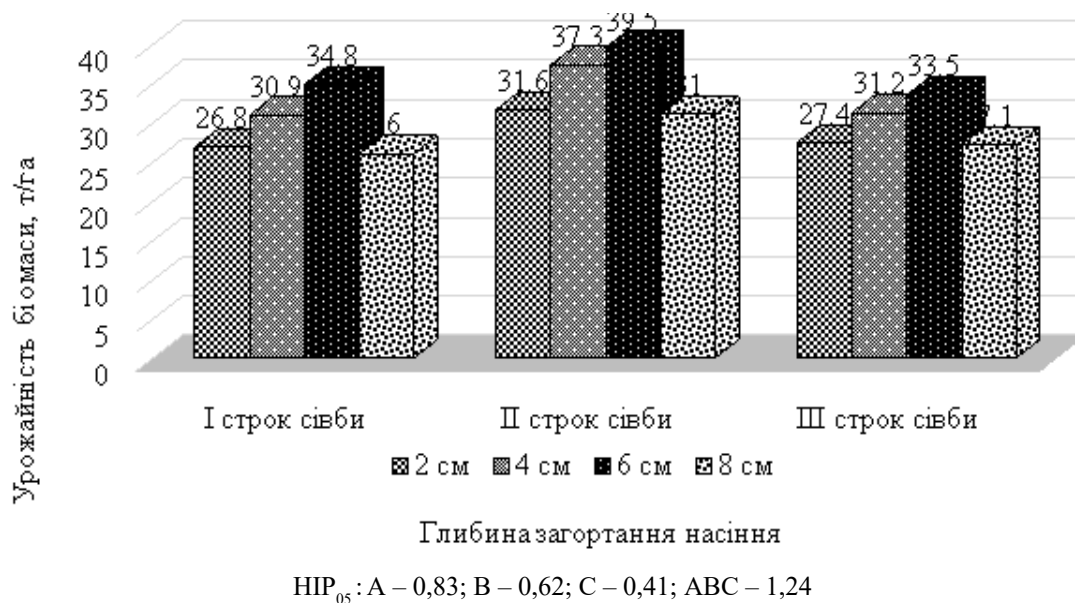


Рис. 4. Урожайність біомаси сорту Вінець залежно від строків сівби та глибини загортання насіння, т/га, (середнє за 2016–2020 рр.).

За глибини загортання насіння 2 та 8 см вихід біоетанолу, твердого палива та енергії з нього був дещо нижчим. За глибини 2 см вихід біоетанолу й енергії з нього у сорту Дніпровський 39 становив 2,10 т/га та 52,61 ГДж/га, у сорту Вінець – 2,0 т/га та 50,11 ГДж/га. Вихід твердого біопалива та енергії з нього у сорту Дніпровський 39 становив 8,25 т/га та 134,42 ГДж/га і у сорту Вінець – 7,29 т/га та 118,98 ГДж/га.

За глибини 8 см вихід біоетанолу й енергії з нього у сорту Дніпровський 39 дорівню-

вав 2,07 т/га та 51,78 ГДж/га, у сорту Вінець – 1,88 т/га та 46,98 ГДж/га. Вихід твердого палива й енергії з нього у сорту Дніпровський 39 становив 7,83 т/га та 127,64 ГДж/га, у сорту Вінець – 7,16 т/га та 116,72 ГДж/га відповідно.

Відхилення від оптимального строку сівби (I декада травня) та глибини загортання насіння (4–6 см) призводить до зменшення виходу біоетанолу, твердого палива й енергії.

Таблиця 1 – Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від строків сівби та глибини загортання насіння сорго зернового, (середнє за 2016–2020 рр.)

Сорт	Строк сівби	Глибина загортання насіння, см	Вихід:				Загальний вихід енергії, ГДж/га
			біоетанолу, т/га	твердого палива, т/га	енергії з біоетанолу, ГДж/га	енергії з твердого палива, ГДж/га	
Дніпровський 39	I	2	1,68	6,33	42,03	103,17	145,20
		4	1,88	7,44	46,98	121,24	168,22
		6	1,95	8,80	48,63	143,46	192,08
		8	1,78	6,58	44,50	107,31	151,82
	II	2	2,10	8,25	52,61	134,42	187,04
		4	2,37	9,29	59,30	151,37	210,66
		6	2,47	10,26	61,80	167,18	228,98
		8	2,07	7,83	51,78	127,64	179,42
	III	2	1,98	6,97	49,45	113,71	163,16
		4	2,04	7,95	51,10	129,53	180,62
		6	2,14	8,59	53,57	140,07	193,64
		8	1,85	6,72	46,15	109,57	155,72
Вінець	I	2	1,38	6,19	34,61	100,91	135,52
		4	1,68	7,14	42,03	116,35	158,38
		6	1,81	8,04	45,33	131,03	176,36
		8	1,45	6,01	36,26	97,90	134,16
	II	2	2,00	7,30	50,11	118,98	169,09
		4	2,08	8,62	51,92	140,45	192,37
		6	2,21	9,12	55,22	148,73	203,95
		8	1,88	7,16	46,98	116,72	163,70
	III	2	1,71	6,33	42,86	103,17	146,03
		4	1,78	7,20	44,50	117,48	161,98
		6	1,98	7,73	49,45	126,14	175,59
		8	1,65	6,26	41,21	102,04	143,25

Так, за сівби насіння у III декаді квітня (I строк сівби) у сорту Дніпровський 39 вихід біоетанолу становив від 1,68 до 1,95 т/га, твердого біопалива – від 6,32 до 8,80 т/га, вихід енергії з них становить від 42,03 до 48,63 та від 103,17 до 143,46 ГДж/га. У сорту Вінець вихід біоетанолу становив від 1,38 до 1,81 т/га, твердого палива – від 6,19 до 8,03 т/га. Вихід енергії з біоетанолу був у межах від 34,61 до 45,33 ГДж/га та з твердого палива – від 97,9 до 131,03 ГДж/га.

Сівба насіння у II декаді травня (III строк сівби) також призводить до зниження енергетичної продуктивності сорго зернового. За таких умов у сорту Дніпровський 39 вихід біоетанолу та твердого палива був межах від 1,82 до 2,14 та від 6,72 до 8,59 т/га. Загальний вихід енергії дорівнював від 155,72 до 193,64 ГДж/га. У сорту Вінець вихід біоетанолу та твердого палива був межах від 1,65 до 1,98 та від 6,26 до

7,73 т/га. Загальний вихід енергії становив від 143,25 до 175,59 ГДж/га.

Варто зазначити, що увесь світ перебуває в умовах очікування серйозної енергетичної кризи. В основі наукових пріоритетів більшості розвинутих країн є пошук способів використання енергоресурсів відновлювальної енергії, яка накопичується рослинами завдяки фотосинтезу. Особлива увага приділяється сільськогосподарським культурам, які здатні накопичувати сонячну енергію, та біомасі відходів рослинництва, тваринництва, переробної промисловості.

Енергетичними культурами для виробництва етанолу в Європейській кліматичній зоні є рослини з великим вмістом цукру та крохмалю – зернові, картопля, цукрові буряки, кукурудза на зерно.

Під час спалювання таких енергоресурсів відбувається природний обмін речовин, а вуг-

лекислий газ, який утворюється, знову поглинається рослинами. Отже, для збереження природних ресурсів і поліпшення стану екології наукою пропонується замкнутий цикл обміну споживання та відтворення енергії, яка є біопаливом. Біопаливо – це накопичена на основі фотосинтезу сонячна енергія. Його перевагами є екологічна чистота та можливість виробництва енергоресурсів з відновлювальної сировини – біопалива у вигляді біоетанолу, твердого палива, біодизелю та біогазу [21].

Сорго зернове – це культура, що характеризується універсальністю використання та високою продуктивністю в складних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування [22]. Переважно його використовували в харчовій промисловості та кормовиробництві. Сьогодні розглядається як енергетична культура. Зі 100 кг зерна сорго можна отримати 65 кг крохмалю або 30–35 кг спирту. Сорговий крохмаль за своєю структурою майже не відрізняється від картопляного і кращий за кукурудзяний [23].

Отже, враховуючи цінність сорго зернового, доцільно вивчити оптимальні строки сівби та глибину загортання насіння з метою підвищення енергетичної продуктивності культури в умовах Правобережного Лісостепу України

Висновки. Встановлено, що строки сівби та глибина загортання насіння впливають на врожайність зерна та надземної маси сорго зернового, й відповідно на енергетичну продуктивність.

Досліджено, що найбільшу врожайність культури отримано за сівби насіння сорго зернового у I декаді травня і за глибини загортання 4–6 см. За таких умов урожайність зерна у сорту Дніпровський 39 становила 7,1–7,4 т/га, у сорту Вінець – 6,3–6,7 т/га; врожайність біомаси у сорту Дніпровський 39 становила 40,2–44,4 т/га, у сорту Вінець – 37,3–39,5 т/га. Найбільший вихід біопалива отримано на цьому самому варіанті досліду. Вирощування сорту Дніпровський 39 дає змогу отримати 2,37–2,46 т/га біоетанолу, сорту Вінець – 2,08–2,21 т/га. Вихід твердого біопалива становив 9,29–10,26 т/га у сорту Дніпровський 39 та 8,62–9,12 т/га у сорту Вінець. Загальний вихід енергії з отриманого біопалива у сорту Дніпровський 39 дорівнював 210,66–228,98 ГДж/га, у сорту Вінець – 192,37–203,95 ГДж/га.

Відхилення від оптимального строку сівби (I декада травня) та глибини загортання насіння (4–6 см) призводить до зниження енергетичної продуктивності посівів сорго зернового. Отже, їх рекомендовано для вирощування цієї культури в Правобережному Лісостепу України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пришляк Н.В., Токарчук Д.М., Паламаренко Я.В. Забезпечення енергетичної та екологічної безпеки держави за рахунок біопалива з біоенергетичних культур і відходів. Вінниця: Консоль, 2019. 248 с.
2. Кюрчев В.М., Дідур В.А., Грачова Л.І. Альтернативне паливо для енергетики АПК: посібник / за ред. В.А. Дідура. К.: Аграрна освіта, 2012. 416 с.
3. Калетник Г.М., Токарчук Д.М., Скорук О.П. Організація і економіка використання біоресурсів: підручник: 2-ге видання, перероблене і доповнене. Вінниця: Друк, 2020. 372 с.
4. Калетник Г.М. Розвиток ринку біопалив в Україні: монографія. К.: Аграрна наука, 2008. 464 с.
5. Корчемний М.О., Федорейко В.С., Щербань В.В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники та посібники, 2001. 984 с.
6. Ресурсосберегающая технология производства зернового сорго / Горбунов В.С. и др. М.: Росинформгротех, 2012. 40 с.
7. Горпиниченко С.И., Ковтунов В.В. Перспективы производства биоэтанола из сорго. Зерновое хозяйство России. 2009. № 4. С. 27–33.
8. Origin of domesticated sorghum and its early diffusion to India and China / Kimber C. T. et. al. Sorghum Origin, History, Technology and Production. John Wiley & Sons, New York, NY, USA. 2003. P. 3–98.
9. Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits / Saleh A. S. M. et. al. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2013. Vol. 12, Issue 3. P. 281–295.
10. Recent advances in sorghum bio fortification research / Kumar A.A. et. al. Plant Breeding Review. 2015. Vol. 39. URL: <https://doi.org/10.1002/9781119107743.ch3>
11. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти / Черенков А.В. та ін. Інститут сільського господарства степової зони НААН України. Дніпропетровськ. 2011. 60 с.
12. Культура стратегічного значення. Сучасні аграрні технології. 2012. № 8–9. С. 14–26.
13. Самойленко А., Шевченко Т. Технологія вирощування сорго. Агроексперт. 2009. № 5. С. 14–16.
14. Шепель Н.А. Сорго – интенсивная культура. Симферополь: Таврия, 1989. 192 с.
15. Шекун Г.М. Культура сорго в СССР и её биологические особенности. Москва: Колос, 1964. 139 с.
16. Верблюды степу – сорго / Драненко І. і ін. Одеса, Маяк, 1966. 70 с.
17. Ионова Л.П. Влияние густоты стояния на накопление сахаров в соке стеблей сахарного сорго в условиях Аридной зоны. Успехи современного естествознания. 2011. № 5. С. 82–84.
18. Исаков Я.И. Сорго. М.: Россельхозиздат, 1982. 134 с.
19. Кадралиев Д.С. Подбор сортов сорго при орошении. Ресурсосберегающие основы орошаемого земледелия. Астрахань, 2003. С. 78–86.
20. Методичні рекомендації з вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива / Роїк М.В. та ін. К.: Компрінт, 2020. 21 с.
21. Калетник Г.М., Пришляк В.М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України: навч. посібник. К.: Аграрна наука, 2010. 327 с.

22. Кух М.В., Яланський О.В. Перспективи вирощування сорго зернового в умовах південно-західної частини Лісостепу України: збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. 2011. Вип. 19. С. 112–116.

23. Пащенко Ю. Перспективи вирощування сорго. Агроперспектива. 2009. №12. С. 57–60.

REFERENCES

1. Pryshliak, N.V., Tokarchuk, D.M., Palamarenko, Ya.V. (2019). Zabezpechennia enerhetychnoi ta ekolohichnoi bezpeky derzhavy za rakhunok biopalyvaz bioenerhetychnykh kultur i vidkhodiv [Ensuring energy and environmental security of the state through biofuels from bioenergy crops and waste]. Vinnytsia, Konsol, 248 p.

2. Kiurchev, V.M., Didur, V.A., Hrachova, L.I. (2012). Alternatyvne palyvo dlia enerhetyky APK: posibnyk [Alternative fuel for agro-industrial energy: a guide]. Kyiv, Agricultural education, 416 p.

3. Kaletnik, H.M., Tokarchuk, D.M., Skoruk, O.P. (2020). Orhanizatsiia i ekonomika vykorystannia bioresursiv: pidruchnyk: 2-he vydannia, pereroblene i dopovnene [Organization and economics of bioresources]. Vinnytsia, Druk, 372 p.

4. Kaletnyk, H.M. (2008). Rozvytok rynku biopalyv v Ukraini: monohrafiia [Development of the biofuels market in Ukraine]. Kyiv, Agricultural science, 464 p.

5. Korchemnyi, M.O., Fedoreiko, V.S., Shcherban, V.V. (2001). Enerhozberezhennia v ahropromyslovomu kompleksi [Energy saving in the agro-industrial complex]. Ternopil, Textbooks and manuals, 984 p.

6. Horbunov, V.S. Resursoberehaiushchaia tekhnolohiia proyzvodstva zernovoho sorho [Resource-saving technology for the production of grain sorghum]. Moscow, Rosynformahrotekh, 40 p.

7. Horpynychenko, S.Y., Kovtunov, V.V. (2009). Perspektyvy proyzvodstva byojetanola yz sorho [Prospects for the production of bioethanol from sorghum]. Zernovoe khoziaistvo Rossy [Grain farming in Russia], no. 4, pp. 27–33.

8. Kimber, C.T. (2003). Origin of domesticated sorghum and its early diffusion to India and China. Sorghum Origin, History, Technology and Production. John Wiley & Sons, New York, NY, USA. pp. 3–98.

9. Saleh, A.S.M. (2013). Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Vol. 12, Issue 3, pp. 281–295.

10. Kumar, A.A. (2015). Recent advances in sorghum bio fortification research. Plant Breeding Review. Vol. 39. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781119107743.ch3>

11. Cherenkov, A.V. (2011). Sorgovi kul'tury: tehnologija, vykorystannja, gibrydy ta sorty [Sorghum crops: technology, use, hybrids and varieties]. Instytut sil'skogo gospodarstva stepovoi' zony NAAN Ukraïny [Institute of Steppe Agriculture of NAAS of Ukraine]. Dnipropetrovsk, 60 p.

12. Kultura stratehichnoho znachennia [Culture of strategic importance]. Suchasni ahrarni tekhnolohii [Modern agricultural technologies], no. 8–9, 2012, pp. 14–26.

13. Samoilenko A., Shevchenko T. (2009). Tekhnolohiia vyroshchuvannia sorho [Technology of sorghum cultivation]. Agroexpert, no. 5, pp. 14–16.

14. Shepel, N.A. (1989). Sorho – yntensyvnaia kultura [Sorghum is an intensive crop]. Symferopol, Tavryia, 192 p.

15. Shekun, H.M. (1964). Kultura sorho v SSSR y ejo byolohycheskye osobennosti [Sorghum culture in the USSR and its biological features]. Moscow, Kolos, 139 p.

16. Dranenko I. (1966). Verbliud stepu – sorho [Steppe camel – sorghum]. Odesa, Lighthouse, 70 p.

17. Yonova, L.P. (2011). Vlyianyie hustoty stoiania na nakoplenie sakharov v soke steblei sakharoho sorho v uslovyiakh Arydnoi zony [The effect of standing density on the accumulation of sugars in the juice of sugar sorghum stalks under the conditions of the Arid zone]. Uspekhy sovremennoho estestvoznaniia [Advances in modern natural science], no. 5, pp. 82–84.

18. Ysakov, Ya.Y. (1982). Sorho [Sorghum]. Moscow, Rosselkhozizdat, 134 p.

19. Kadralyev, D.S. (2003). Podbor sortov sorho pry oroshenny [Selection of sorghum varieties for irrigation]. Resursoberehaiushchye osnovy oroshaemoho zemledeliia [Resource-saving basics of irrigated agriculture]. Astrakhan, pp. 78–86.

20. Roik, M.V., Pravdyva, L.A., Hanzhenko, O.M. (2020). Metodychni rekomendatsii z vyroshchuvannia sorho zernovoho yak syrovyny dlia kharchovoi promyslovosti ta vyrobnytstva biopalyva [Methodical recommendations for growing grain sorghum as a raw material for the food industry and biofuel production]. Kyiv, Kompynt, 21 p.

21. Kaletnik, H.M., Pryshliak, V.M. (2010). Biopalyva: efektyvnist yikh vyrobnytstva ta spozhyvannia v APK Ukrainy [Biofuels: efficiency of their production and consumption in the agro-industrial complex of Ukraine]. Kyiv, Agricultural science, 327 p.

22. Kuh, M.V., Jalans'kyj, O.V. (2011). Perspektyvy vyroshhuvannja sorho zernovogo v umovah pivdenno-zahidnoi' chastyny Lisostepu Ukraïny: zbirnyk naukovykh prac' Podil'skogo derzhavnoho agrarno-tehnichnoho universytetu [Prospects for growing grain sorghum in the south-western part of the Forest-Steppe of Ukraine: collection of scientific works of Podolsk State Agrarian and Technical University]. Issue 19, pp. 112–116.

23. Pashhenko Ju. (2009). Perspektyvy vyroshhuvannja sorho [Prospects for growing sorghum]. Agroperspective, no. 12, pp. 57–60.

Энергетическая продуктивность сорго зернового в зависимости от элементов технологии возделывания в условиях Правобережной Лесостепи Украины Правдыва Л.А.

В Украине весомой зерновой культурой для производства биоэтанола и твердого топлива является сорго зерновое. По своим хозяйственно ценным особенностям, засухоустойчивости, высокой урожайности, универсальности использования оно значительно выделяется среди других зерновых культур.

Сорго зерновое выращивают для использования в пищевой промышленности (основными продуктами переработки являются сорговый крахмал, глюкозно-фруктозные сиропы, спирт и т.п.), в кормопроизводстве и в последнее время в энергетической отрасли. Поэтому исследование элементов технологии выращивания, а именно сроков сева и глубины заделки семян сорго зернового, целесообразно и перспективно.

В статье освещены результаты исследований влияния сроков сева и глубины заделки семян на энергетическую продуктивность посевов сорго зернового сортов Днепровский 39 и Венец в условиях Правобережной Лесостепи Украины.

Цель исследований – установить оптимальные сроки сева и глубину заделки семян сорго зернового и обосновать их влияние на энергетическую продуктивность культуры в условиях Правобережной Лесостепи Украины.

Исследования проводили в течение 2016–2020 годов в условиях Белоцерковской ДСС Института биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины.

Установлено, что наибольшая урожайность культуры получена при посеве семян сорго зернового в I декаде мая и глубине заделки 4–6 см. При этом урожайность зерна у сорта Днепровский 39 составляла 7,1–7,4 т/га, у сорта Венец – 6,3–6,7 т/га; урожайность биомассы у сорта Днепровский 39 составила 40,2 – 44,4 т/га, у сорта Венец – 37,3–39,5 т/га.

Наибольший выход биоэтанола получено при посеве семян сорго зернового в I декаде мая с глубиной заделки 4–6 см. Выращивание сорта Днепровский 39 позволяет получить 2,37–2,47 т/га биоэтанола, сорта Венец – 2,08–2,21 т/га. Выход твердого биотоплива на этом варианте опыта был также высоким и составил 9,29–10,26 т/га у сорта Днепровский 39 и 8,62–9,12 т/га у сорта Венец. Общий выход энергии из полученного биотоплива сорта Днепровский 39 равнялся 210,66–228,98 ГДж/га, сорта Венец – 192,37–203,95 ГДж/га.

Ключевые слова: сорго зерновое, сорта, сроки сева, глубина заделки семян, энергетическая продуктивность.

Energy productivity of grain sorghum depending on the elements of cultivation technology in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Pravdyva L.

In Ukraine, grain sorghum is an important grain crop used in bioethanol and solid fuel production. It stands out significantly from other grain crops by its economically valuable features, drought resistance, high productivity and universality of use.

Grain sorghum is grown for use in the food industry (the main processed products are sorghum starch, glucose-fructose syrups, alcohol, etc.), in fodder production and, more recently, in the energy industry. Therefore, the research of the elements of the cultivation technology, namely the sowing time and the depth of planting of grain sorghum seeds, is expedient and perspective.

The article highlights the research results of the influence of the sowing time and the depth of planting seeds on the energy productivity of sorghum crops of the grain varieties 'Dniprovskiy 39' and 'Vinets' in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

The purpose of the research is to establish the optimal sowing time and the depth of planting of grain sorghum seeds and to substantiate their influence on the crop energy productivity in condition of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

The research was conducted during 2016–2020 at the Bilotserkivska Research Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Sciences of Ukraine.

It was found that the highest crop yield was obtained by sowing grain sorghum seeds in the 1st decade of May at a planting depth of 4–6 cm. At the same time, the grain yield of the 'Dniprovskiy 39' variety was 7.1–7.4 t/ha, of the 'Vinets' variety – 6.3–6.7 t/ha; the yield of biomass of the 'Dniprovskiy 39' variety was 40.2–44.4 t/ha, of the 'Vinets' variety – 37.3–39.5 t/ha.

The highest bioethanol yield was obtained by sowing grain sorghum seeds in the 1st decade of May at a depth of planting of seeds of 4–6 cm. Cultivation of the 'Dniprovskiy 39' variety allowed to obtain 2.37–2.47 t/ha of bioethanol, the 'Vinets' variety – 2.08–2.21 t/ha. The yield of solid biofuel in this variant of the experiment was also the largest and amounted to 9.29–10.26 t/ha for the 'Dniprovskiy 39' variety and 8.62–9.12 t/ha for the 'Vinets' variety. The total energy yield from the obtained biofuel of the 'Dniprovskiy 39' variety was 210.66–228.98 GJ/ha, of the 'Vinets' variety – 192.37–203.95 GJ/ha.

Key words: grain sorghum, varieties, sowing time, seeding depth, energy productivity.



Copyright: Правдива Л.А. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Правдива Л.А.

<https://orcid.org/0000-0002-5510-3934>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.432.24:631.51.021/.582

Зміна запасів продуктивної ґрунтової вологи під агрофітоценозами залежно від систем основного обробітку в короткоротаційній сівозмініПримак І.Д. , Єрмолаєв М.М., Панченко О.Б., Ображій С.В. ,Войтовик М.В., Присяжнюк Н.М., Панченко І.А., Філіпова Л.М. *Білоцерківський національний аграрний університет*

Примак І.Д., Єрмолаєв М.М., Панченко О.Б., Ображій С.В., Войтовик М.В., Присяжнюк Н.М., Панченко І.А., Філіпова Л.М. Зміна запасів продуктивної ґрунтової вологи під агрофітоценозами залежно від систем основного обробітку в короткоротаційній сівозміні. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 131–144.

Prymak I.D., Jermolajev M.M., Panchenko O.B., Obrazhij S.V., Vojtovyk M.V., Prysjajzhnjuk N.M., Panchenko I.A., Filipova L.M. Zmina zapasiv produktyvnoi' g'runtovoi' vology pid agrofitocenozyamy zalezchno vid system osnovnogo obrobittku v korotkorotacijnij sivozmini. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 131–144.

Рукопис отримано: 11.05.2021 р.

Прийнято: 20.05.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-131-144

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Нині у вітчизняному рільництві найбільш стримувальним чинником підвищення його продуктивності є вода, особливо в лісостеповій і степовій зонах. Вчені відмічають, що за останні 25 років площа держави з достатнім і надмірним зволоженням зменшилася на 10 % і займає 22,5 %, або 7,6 млн га орних земель [1]. Згідно з законом мінімуму ґрунтова вода визначає екологічну межу продуктивності

У п'ятипільній стаціонарній сівозміні на чорноземі типовому дослідного поля Білоцерківського НАУ впродовж 2017–2020 рр. вивчали вплив чотирьох систем основного обробітку ґрунту і чотирьох систем удобрення на зміну запасів продуктивної ґрунтової вологи і коефіцієнта водоспоживання агрофітоценозами. Встановлено, що запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту у фазу сходів сої майже однакові за полицевого, диференційованого, дискового та дещо нижчі за чизельного обробітку; у фазах початку бутонізації та господарської стиглості зерна цей показник найнижчий за полицевого, а найвищий – за безполицевого обробітку.

У фазу сходів пшениці озимої, а також колосіння і повної стиглості зерна цей показник майже на одному рівні за полицевого, полицево-безполицевого і мілкого обробітку, а за чизельного – на 9–12 % вищий, ніж на контролі; у фазу відновлення весняної вегетації помітної різниці між варіантами обробітку не зафіксовано.

У фазу сходів соняшнику продуктивної води у метровому шарі ґрунту найбільше за безполицевого обробітку, на решті варіантів обробітку – майже однакові запаси; у фазу початку цвітіння і повної стиглості насіння вони за безполицевого обробітку на 3–5 % вищі, а за диференційованого і дискового відповідно на 2–3 і 4–6 % нижчі, ніж на контролі.

У фазу сходів кукурудзи помітної різниці між варіантами обробітку не виявлено; у фазах початку цвітіння волоті і повної стиглості зерна цей показник за чизельного, полицево-безполицевого і мілкого обробітку відповідно на 8–10, 3–5 і 4–6 % вищий, ніж на контролі.

У фазах виходу в трубку, колосіння і повної стиглості зерна ячменю ярого він за безполицевого, диференційованого і дискового обробітку відповідно на 11,5 і 4 % вищий, ніж на контролі.

Продуктивність сівозміни за полицевого і диференційованого обробітку на одному рівні, а за безполицевого і дискового – істотно нижча.

Ключові слова: сівозміна, культура, обробіток ґрунту, добрива, продуктивна волога, коефіцієнт водоспоживання, сумарне водоспоживання, продуктивність.

агрофітоценозів [2]. «Вода в ґрунті – однаково, що кров в організмі людини», – неодноразово стверджував академік Г.М. Висоцький [3].

Ще О.О. Ізмаїльський в 1893 і 1894 рр. вказав, що збільшення запасів ґрунтової вологи залежить від умов, що «утруднюють стікання атмосферної води із поверхні ґрунту» та «сприяють проникненню цієї вологи всередину ґрунту» і «захищають поверхню ґрунту від висихання» [4].

Усі ці умови залежать значною мірою від науково обґрунтованої системи основного механічного обробітку, який згідно з вимогами має бути не лише ґрунтозахисним, а й вологозберігальним [5, 6].

Результати польових дослідів науковців щодо впливу різних систем, способів, заходів, засобів і глибини основного обробітку на запаси доступної ґрунтової вологи досить суперечливі [5, 7].

Оскільки за глибокого обробітку зменшується кількість мікропор, в яких волога утримується з більшою силою, то він забезпечує її проникнення у глибокі шари ґрунту, поліпшуючи розвиток кореневих систем культур і ефективність використання елементів зольного та азотного живлення рослин. Такі умови найкраще створює зяблева оранка або інший активний і глибокий обробіток восени (чизельний тощо), що особливо необхідно для ярих агрофітоценозів, оскільки осінньо-зимовий період є визначальним для цих рослин щодо акумуляції достатньої кількості ґрунтової вологи на дату їх сівби [8].

З іншого боку, заміна полицевого обробітку безполицевим забезпечує залишення післязбиральних решток на поверхні поля, які запобігають ерозійним процесам та інтенсивному випаровуванню ґрунтової вологи. Влітку стерня зернових колосових, відбиваючи 10–25 % сумарної сонячної радіації, зменшує температуру ґрунту і добову амплітуду її коливань, що оптимізує водний режим [9].

Влітку безполицевий обробіток, порівнюючи з оранкою, запобігає утворенню на поверхні поля ґрунтової кірки та надмірній тріщинуватості [10].

Суперечливих думок щодо необхідності проведення під озими культури м'якого або поверхневого обробітків серед науковців майже немає. Такий обробіток, як переконує виробничий досвід, забезпечує добре подрібнення ґрунтових агрегатів у посівному шарі, зменшує бриластість зябу, створює оптимальні умови для сівби, особливо після непарових попередників. За неглибокого розпушування краще зберігається залишкова ґрунтова волога, акумулюються літньо-осінні атмосферні опади, особливо за посушливих умов [11, 12].

Окремі науковці вказують на однаковий вплив способів основного обробітку чорного пару на запаси доступної ґрунтової вологи під пшеницею озимою в осінньо-зимовий період [13]. Більшість дослідників стверджують про залежність вологості ґрунту під час догляду за чистим паром від способів обробітку під нього: за оранки вона зменшується,

а м'якого плоскорізного розпушення – підвищується. На дату сівби пшениці озимої запаси ґрунтової вологи достатні за всіх способів обробітку для отримання своєчасних сходів культури [14].

На чорноземі типовому глибокому малоґумусному дослідного поля Харківського НАУ запаси доступної вологи в метровому шарі під пшеницею озимою після чистого пару за 3,8 мм вищі за обробітку ґрунту плугом ПЛН - 4-35, ніж чизелем ПЧ-2,5 [15]. За обробітку ґрунту стояками Сиб ІМЕ і ПРН 31000 цей показник під буряками цукровими, порівнюючи з оранкою, зменшувався відповідно на 4,1 і 4,5 мм. Під пшеницею озимою після зайнятого пару найбільші запаси доступної ґрунтової вологи в посівному і орному шарах зафіксовано за поверхневого обробітку БДТ – 3 [16].

На чорноземі звичайному середньогумусному важкосуглинковому північної частини Правобережного Степу України після закінчення першого ротаційного періоду польової зернопаропросапної десятипільної сівозміни вплив чотирьох систем зяблевого основного обробітку (полицевий, фрезерний, плоскорізний, дисковий) на процеси вологонакопичення в півтораметровому шарі ґрунту за осінньо-зимовий період майже на одному рівні (запаси доступної води становили 205–212 мм). У другій ротації цей показник на 29,0 мм (16,5 %) вищий за полицевого (оранки), ніж дискового (на 10–12 см) обробітку в сівозміні. Нагромадження вологи в шарах ґрунту 0–10 і 0–40 см упродовж осінньо-зимового періоду і витрачання упродовж вегетаційного сезону за досліджуваних систем обробітку майже однакові. За основного обробітку весною найменшу зволоженість ґрунту зафіксовано за оранки [17].

Упродовж 2005–2010 рр. доступної ґрунтової вологи у півтораметровому шарі чорнозему звичайного важкосуглинкового майже однакова кількість за полицевої і м'якої (мульчувальної) систем основного обробітку в п'ятипільній зернопаропросапній сівозміні, а впродовж 2010–2013 рр. цей показник за полицевої, диференційованої і м'якої систем обробітку становив відповідно 171,4; 178,5; 179,9 мм. На дату сівби культур сівозміни він на 7–9 і 3 мм вищий відповідно за м'якого і диференційованого, ніж полицевого, обробітку. Зафіксовано високу ефективність чизельного (консервувальної) обробітку за диференційованої і мульчувальної систем [18].

На високу вологонакопичувальну ефективність м'якого безполицевого обробітку чорнозему типового глибокого середньосуглинко-

вого вказує Л.В. Центило. За його проведення запаси доступної ґрунтової вологи на 6–18 % (залежно від культури) вищі, ніж за полицевого обробітку. На початку вегетації пшениці озимої цей показник в метровому шарі за мілкої безполицевої та полицево-безполицевої систем обробітку в сівозміні перевищив контроль (диференційований обробіток) відповідно на 16 і 8 % [19].

На чорноземі типовому глибокому легкосуглинковому у Правобережному Лісостепу України коефіцієнт водоспоживання культур п'ятипільної сівозміни найнижчий за тривалого полицевого обробітку і внесення найвищої норми добрив, найвищий – за безполицевого обробітку на неудобрених варіантах [20].

Мета дослідження – вивчити вплив чотирьох систем основного обробітку чорнозему типового і чотирьох систем удобрення польових агрофітоценозів на зміну запасів доступної ґрунтової вологи, коефіцієнт водоспоживання та урожайності сільськогосподарських культур і продуктивності короткоротаційної сівозміни.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальну роботу виконували на чорноземі типовому глибокому малогумусному середньосуглинковому гранулометричного складу впродовж 2017–2020 рр. у польовій зернопроросній п'ятипільній сівозміні, розміщеній на дослідному полі Білоцерківського НАУ.

Схема стаціонарного польового досліду передбачала вивчення чотирьох систем основного обробітку ґрунту (табл. 1) і чотирьох систем удобрення: за першої системи добрива не вносили, за другої – 8 т гною $+N_{76}R_{64}K_{57}$, третьої – 12 т гною $+N_{95}R_{82}K_{72}$, четвертої – 16 т гною $+N_{112}R_{100}K_{86}$ на кожний гектар ріллі сівозміни.

Повторність у досліді триразова, розміщення варіантів послідовне і систематичне. Ділянки з вивчення систем обробітку ґрунту розміщено в один ярус, а систем удобрення – у чотири яруси. Посівна площа елементарних ділянок становить 162 м², облікова – 112 м².

З добрив вносили напівперепрілий гній великої рогатої худоби на солом'яній підстилці, аміачну селітру, простий гранульований суперфосфат, калійну сіль.

Вологість ґрунту визначали ваговим методом (за ДСТУ ISO 11465:2001) [21], вологість стійкого в'янення рослин – методом проростків, а запаси продуктивної ґрунтової вологи – розрахунковим методом [22].

Результати дослідження та обговорення. У проведеному досліді варіанти (системи) основного обробітку чорнозему типового неоднаково впливали на запаси продуктивної вологи під сільськогосподарськими рослинами. Так, під соєю у фазу сходів рослин культури запаси продуктивної вологи у верхньому (0–10 см), орному і метровому шарах ґрунту становили відповідно: за полицевого обробітку в сівозміні – 13,0; 45,6 і 166,5 мм, безполицевого – 12,8; 44,9 і 162,9, полицево-безполицевого – 13,3; 45,6 і 166,2 і за постійного мілкого – 13,1; 45,7 і 166,1 мм. Таку саму закономірність зафіксовано і за визначення запасів продуктивної води у фазах початку бутонізації та господарської стиглості зерна рослин бобової культури. У фазу господарської стиглості зерна сої цей показник у зазначених вище шарах ґрунту становив відповідно: за полицевого обробітку – 6,1; 13,4 і 72,6 мм, чизельного – 6,7; 15,4 і 101,1 мм, полицево-безполицевого – 5,7; 13,0 і 78,3 мм і систематичного мілкого – 5,7; 13,3 і 76,9 мм (табл. 2).

Таблиця 1 – Системи основного обробітку ґрунту в сівозміні

№ поля	Культура сівозміни	Варіанти основного обробітку ґрунту*			
		1 полицевий (контроль)	2 безполицевий (чизельний)	3 полицево- безполицевий (диференційований)	4 мілкий (дискування)
		Глибина (см) і засоби обробітку			
1	Соя	16–18 (о.)	16–18 (г.)	16–18 (г.)	10–12 (д.б)
2	Пшениця озима + гірчиця біла на сидерат	10–12 (д.б.)	10–12 (г.)	10–12 (д.б)	10–12 (д.б)
3	Соняшник	25–27 (о.)	25–27 (г.)	25–27 (о.)	10–12 (д.б)
4	Ячмінь ярий + гірчиця біла на сидерат	10–12 (д.б)	10–12 (г.)	10–12 (д.б)	10–12 (д.б)
5	Кукурудза	25–27 (о.)	25–27 (г.)	25–27 (г.)	10–12 (д.б)

Примітка: о – оранка, д.б. – дискова борона, г. – глибокорозпушувач.

Таблиця 2 – Запаси продуктивної ґрунтової вологи під соєю за різних систем обробітку і норм добрив, мм

Основний обробіток ґрунту в сівозміні	Норма мінеральних добрив під сою	Фази росту та розвитку рослин сої								
		сходи			початок бутонізації			господарська стиглість зерна		
		шар ґрунту, см								
		0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100
Полицевий (контроль)	Без добрив	12,6	46,0	168,1	8,0	25,6	110,3	6,7	15,2	83,6
	N ₃₀ P ₄₀ K ₃₀	13,4	44,8	166,9	7,7	25,1	100	6,5	14,3	74,0
	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	13,0	46,4	166,0	7,0	24,6	93,0	5,9	12,6	68,0
	N ₆₀ P ₈₀ K ₆₀	13,0	45,2	164,8	6,1	23,2	84,3	5,4	10,5	62,6
Безполицевий (чизельний)	Без добрив	12,7	45,0	164,1	8,8	26,5	112,3	7,2	17,6	116,1
	N ₃₀ P ₄₀ K ₃₀	12,5	45,4	163,0	8,3	25,6	102,8	7,0	16,3	104,0
	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	12,7	44,6	162,6	7,7	24,0	95,0	6,8	14,6	94,9
	N ₆₀ P ₈₀ K ₆₀	13,2	44,5	161,8	7,1	23,6	86,6	5,7	13,0	88,4
Полицево-безполицевий (диференційований)	Без добрив	13,0	45,1	167,4	8,3	25,1	111,9	6,2	15,0	90,4
	N ₃₀ P ₄₀ K ₃₀	13,6	44,7	166,7	7,9	24,7	101,9	5,8	13,9	80,9
	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	13,1	44,5	165,5	7,3	23,5	93,9	5,5	12,2	73,6
	N ₆₀ P ₈₀ K ₆₀	13,3	46,5	165,0	6,7	21,6	85,8	5,1	10,9	68,2
Постійний дисковий (мілкий)	Без добрив	12,8	45,0	67,2	8,1	24,7	111,5	6,2	14,9	88,9
	N ₃₀ P ₄₀ K ₃₀	13,0	45,5	166,6	7,9	24,2	100,5	5,7	14,2	85,4
	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	13,3	46,0	165,4	7,1	23,3	92,7	5,4	12,7	72,4
	N ₆₀ P ₈₀ K ₆₀	13,1	46,4	165,0	6,4	22,0	84,6	5,3	11,3	66,9
НІР _{0,05}	за чинником А	0,4	1,8	5,0	0,3	1,2	3,7	0,1	0,5	3,4
	за чинником В	0,5	1,9	5,1	0,4	1,3	3,8	0,1	0,6	3,6
	за чинником АВ	0,5	1,9	5,1	0,4	1,3	3,8	0,1	0,6	3,6

Загалом менший вміст запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту у фазу сходів бобової культури зафіксовано за чизельного розпушування (162,9 мм), за решти досліджуваних систем основного обробітку цей показник дещо вищий (166,1–166,5 мм); у фазах початку бутонізації і господарської стиглості зерна сої він нижчий за полицевого обробітку ґрунту (96,9 і 72,6 мм) та вищий за безполицевого розпушування (99,1 і 101,1). Очевидно, це зумовлено швидшими темпами росту і розвитку рослин сої на контрольному варіанті обробітку.

Запаси продуктивної вологи на дату збирання бобової культури зменшувалися за зростання норм внесених добрив, що зумовлено посиленням використання ґрунтової води і вищою продуктивністю удобрених рослин. В інтервалі часу від збирання зерна сої до сіви

пшениці озимої зафіксовано зростання запасів продуктивної ґрунтової вологи на всіх ділянках досліді.

У фазу сходів пшениці озимої запаси продуктивної вологи у верхньому, орному і метровому шарах чорнозему типового становили відповідно: за полицевого обробітку в сівозміні – 11,4; 32,0 і 94,5 мм, чизельного – 11,7; 35,0 і 105,4 мм, полицево-безполицевого – 11,6; 33,2 і 94,9 мм, за тривалого мілкого обробітку ґрунту – 11,6; 32,4; 94,6 мм. Такий розподіл ґрунтової вологи шарами чорнозему типового зумовлений також і вихідною вологістю ґрунту на дату збирання сої. Аналогічну закономірність простежували у фазу колосіння та повної стиглості зерна пшениці озимої. У фазу відновлення весняної вегетації культури продуктивної ґрунтової вологи майже однакова кількість за всіх систем основного обробітку в сівозміні (табл. 3).

Таблиця 3 – Запаси продуктивної ґрунтової вологи під пшеницею озимою за різних систем обробітку і норм добрив, мм

Основний обробіток ґрунту в сівозміні	Норма мінеральних добрив під пшеницею озимою, кг/га	Фази росту та розвитку рослин пшениці озимої											
		сходи			відновлення вегетації весною			колосіння			повна стиглість зерна		
		шар ґрунту, см											
		0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100
Полицевий (контроль)	Без добрив	11,7	33,4	95,0	13,0	47,9	136,6	11,7	40,9	110,4	7,6	22,7	84,1
	N ₁₀₀ P ₇₀ K ₅₀	11,7	33,2	95,0	13,2	48,5	139,2	11,3	39,5	103,8	7,1	21,0	73,3
	N ₁₂₅ P ₉₀ K ₇₀	11,3	32,5	94,4	12,4	47,7	139,5	11,0	40,0	96,1	6,9	18,7	62,6
	N ₁₅₀ P ₁₁₀ K ₈₀	11,0	28,9	93,4	13,4	47,6	139,8	10,6	39,1	89,3	6,5	16,2	51,1
Безполицевий (чизельний)	Без добрив	12,0	36,3	107,1	13,5	48,8	137,8	12,2	42,4	121,6	8,4	23,7	97,4
	N ₁₀₀ P ₇₀ K ₅₀	11,8	36,0	105,8	12,9	47,6	139,6	11,8	40,3	115,7	7,8	22,7	85,7
	N ₁₂₅ P ₉₀ K ₇₀	11,6	35,8	105,3	13,4	49,1	139,9	11,6	39,5	108,6	7,6	21,2	72,5
	N ₁₅₀ P ₁₁₀ K ₈₀	11,5	31,9	103,2	13,2	47,9	140,3	11,2	38,2	102,9	7,2	19,2	60,4
Полицево-безполицевий (диференційований)	Без добрив	11,6	34,7	96,3	13,1	48,3	137,9	12,0	42,1	113,6	8,0	22,1	84,6
	N ₁₀₀ P ₇₀ K ₅₀	11,7	34,1	95,3	13,3	48,7	139,8	11,7	39,9	107,5	7,6	20,5	74,5
	N ₁₂₅ P ₉₀ K ₇₀	11,5	33,8	104,5	13,3	48,5	140,2	11,5	39,6	100,0	7,6	18,8	63,1
	N ₁₅₀ P ₁₁₀ K ₈₀	11,7	30,0	103,6	13,0	48,2	140,3	11,0	38,7	94,6	6,7	17,7	52,3
Постійний дисковий (мілкий)	Без добрив	11,9	34,2	95,6	13,6	48,1	138,6	11,8	42,1	114,8	8,3	22,3	85,3
	N ₁₀₀ P ₇₀ K ₅₀	11,5	33,5	95,5	13,3	48,6	139,7	11,6	39,8	109,0	7,6	20,1	75,0
	N ₁₂₅ P ₉₀ K ₇₀	11,3	32,3	94,0	13,1	49,1	139,8	11,3	39,7	100,9	7,1	19,3	63,4
	N ₁₅₀ P ₁₁₀ K ₈₀	12,1	29,4	93,7	13,1	49,5	140,2	11,2	38,5	95,5	6,8	17,9	52,7
НІР _{0,05}	за чинником А	0,2	2,4	5,7	0,5	2,8	5,9	0,3	2,7	5,4	0,2	0,7	3,5
	за чинником В	0,3	2,5	5,8	0,6	3,0	6,1	0,4	2,8	5,5	0,3	0,8	3,6
	за чинником АВ	0,3	2,5	5,7	0,6	2,9	6,0	0,4	2,7	5,5	0,3	0,8	3,6

Запаси продуктивної ґрунтової вологи впродовж осінньо-зимового періоду під агрофітоценозом пшениці озимої підвищуються. У фазу весняного відновлення вегетації за найвищої норми добрив у метровому шарі ґрунту за полицевого обробітку в сівозміні вони становили 139,8 мм, за чизельного і полицево-безполицевого обробітків – 140,3 мм, за систематичного дискового – 140,2 мм.

Запаси продуктивної ґрунтової вологи у фазі повної стиглості зерна культури знижуються у всіх досліджуваних шарах ґрунту. Це пов'язано, очевидно, із метеорологічними умовами, зокрема, досить високими температурами і малою кількістю атмосферних опадів у цей період та використанням ґрунтової вологи рослинами на формування біомаси. Причиною вищих запасів ґрунтової вологи в метровому шарі ґрунту за

безполицевого розпушування (79,0 мм) є менше використання води хлібною культурою на формування врожайності. Доречно зазначити, що подібна закономірність спостерігається і під рештою агрофітоценозів сівозміні.

У фазу сходів рослин соняшнику запаси продуктивної вологи у верхньому, орному і метровому шарах ґрунту становили відповідно: за полицевого обробітку в сівозміні – 12,2; 36,4 і 130,5 мм, чизельного – 13,2; 40,0 і 136,0 мм, полицево-безполицевого – 12,0; 36,4 і 131,1 мм, за постійного дискового обробітку ґрунту – 12,4; 36,4 і 130,3 мм; у фазу початку цвітіння олійної культури в метровому шарі чорнозему типового цей показник становив: за полицевої системи обробітку – 77,2 мм, безполицевої – на 3,6 % більше, а за полицево-безполицевої і систематичної дискової систем обробітку чорнозему ти-

пового відповідно на 2,2 і 4,1 % менше. Подібну закономірність спостерігали і за визначення запасів продуктивної вологи в ґрунті у фазі повної стиглості насіння соняшнику (табл. 4)

Різні системи основного обробітку чорнозему типового в сівозміні не спричинили істотних змін запасів продуктивної ґрунтової вологи під кукурудзою у фазу сходів. Під час початку цвітіння волоті у рослин культури цей показник зазнавав змін: за полицевої системи обробітку в орному і метровому шарах ґрунту він становив 31,8 і 110,6 мм, за безполицевого, диференційованого і постійного дискового обробітку – підвищився відповідно на 16,8 і 9,4; 2,1 і 3,7; 1,2 і 4,9 %. Подібну тенденцію простежували і у фазу повної стиглості зерна культури (табл. 5).

У фазу сходів ячменю ярого істотного впливу досліджуваних систем обробітку на запаси продуктивної ґрунтової вологи не спостерігали.

Цей показник у верхньому шарі ґрунту коливався у межах 16,9–17,2 мм, в орному – 46,9 – 47,2, метровому шарі – 164,2 – 165,3 мм (табл. 6).

У фазах виходу в трубку, колосіння рослин і повної стиглості зерна ячменю ярого найнижчі запаси продуктивності вологи в шарі ґрунту 0–100 см зафіксовано за полицевого обробітку; за чизельного вони відповідно на 4,4; 3,9 і 11,2 %, полицево-безполицевого – на 2,3; 1,5 і 4,6 %, систематичного дискового – на 1,1; 0,9 і 3,5 % вищі, ніж на контролі.

У весняний період за різних систем обробітку запаси продуктивної ґрунтової вологи в сівозміні майже на одному рівні. На дату збирання культур за полицевого обробітку в шарах ґрунту 0–30 і 0–100 см вони становили відповідно: 19,8 і 73,9 мм; за чизельного вони на 11,6 і 19,0 %, полицево-безполицевого – на 0,6 і 2,9 %, постійного дискового – на 1,4 і 1,6 % вищі, ніж на контролі.

Сумарне водоспоживання агрофітоценозом сої найвище за полицевого обробітку в сівозміні (225,6 мм), найвище – за розпушування ґрунту чизелем (193,3 мм). За полицево-безполицевого і дискового обробітку цей показник майже на одному рівні (219 мм) і на 3 % менший проти контролю (табл. 7).

Таблиця 4 – Запаси продуктивної ґрунтової вологи під соняшником за різних систем обробітку і норм добрив, мм

Основний обробіток ґрунту в сівозміні	Норма добрив під соняшник		Фази росту та розвитку рослин соняшнику								
			сходи			початок цвітіння			повна стиглість насіння		
	гній, т/га	мінеральні добрива, кг/га д.р.	шар ґрунту, см								
0–10			0–30	0–100	0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100	
Полицевий (контроль)	-	Без добрив	12,7	35,7	130,6	8,8	28,5	83,9	8,3	21,3	83,1
	20	N ₅₀ P ₅₀ K ₃₅	11,9	36,4	130,5	8,2	28,1	79,5	8,1	20,2	79,1
	30	N ₈₀ P ₈₀ K ₅₀	11,7	36,7	130,7	8,3	27,2	75,6	7,5	19,0	74,6
	40	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₇₀	12,3	36,8	129,7	8,7	26,4	69,6	7,0	17,9	70,6
Безполицевий (чизельний)	-	Без добрив	12,4	36,4	130,4	8,6	31,0	87,0	8,7	24,5	97,6
	20	N ₅₀ P ₅₀ K ₃₅	1,22	36,5	131,0	8,6	30,2	89,4	8,5	23,7	94,5
	30	N ₈₀ P ₈₀ K ₅₀	12,0	36,8	130,7	8,5	30,0	78,3	8,3	20,6	87,7
	40	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₇₀	11,8	37,0	131,3	8,4	29,4	72,2	7,4	20,4	82,8
Полицево-безполицевий (диференційований)	-	Без добрив	11,6	36,8	130,9	8,5	28,4	81,7	8,2	19,6	79,9
	20	N ₅₀ P ₅₀ K ₃₅	12,4	36,3	131,6	8,4	28,5	77,9	8,0	18,5	76,8
	30	N ₈₀ P ₈₀ K ₅₀	11,9	36,4	131,4	8,8	27,1	73,9	7,6	17,7	72,5
	40	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₇₀	12,1	35,9	130,3	8,2	26,5	68,3	6,9	20,0	69,3
Постійний дисковий (мілкий)	-	Без добрив	12,3	36,4	129,7	8,5	28,5	79,8	8,4	19,1	75,3
	20	N ₅₀ P ₅₀ K ₃₅	12,7	36,8	130,0	8,3	27,8	76,3	8,4	18,0	72,1
	30	N ₈₀ P ₈₀ K ₅₀	12,1	35,7	131,2	8,1	26,9	72,6	8,3	17,5	68,2
	40	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₇₀	12,5	36,7	130,4	8,0	26,7	67,3	7,3	20,4	66,4
НІР _{0,05}	за чинником А		0,2	1,7	4,2	0,1	1,1	3,7	0,1	0,4	3,5
	за чинником В		0,3	1,8	4,5	0,1	1,2	3,8	0,2	0,5	3,6
	за чинником АВ		0,3	1,7	4,4	0,1	1,2	3,8	0,2	0,5	3,6

Таблиця 5 – Запаси продуктивної ґрунтової вологи під кукурудзою за різних систем обробітку і норм добрив, мм

Основний обробіток ґрунту в сівозміні	Норма добрив під кукурудзу		Фази росту та розвитку рослин кукурудзи								
			сходи			цвітіння			повна стиглість зерна		
			шар ґрунту, см								
гній, т/га	мінеральні добрива, кг/га д.р.	0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100	
Полицевий (контроль)	-	Без добрив	14,5	41,3	150,5	12,1	35,8	122,2	9,0	31,1	98,5
	20	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₀₀	14,8	41,7	149,9	11,9	33,2	113,4	8,7	29	91,6
	30	N ₁₄₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	15	40,5	152	11,6	31,1	106,6	8,5	27,3	86,9
	40	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₃₀	14,8	41,4	151,4	11,3	26,9	34	8,2	23,9	76,2
Безполицевий (чизельний)	-	Без добрив	14,8	41,2	153,4	12,1	43,8	136,5	10,4	36,8	112,3
	20	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₀₀	14,6	41,1	152,5	11,7	39,7	127,1	9,7	34,3	104,8
	30	N ₁₄₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	15,0	41,0	154,4	11,6	37,3	119,8	9,5	32,4	103,6
	40	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₃₀	14,3	41,3	152,9	11,2	32,3	104,6	9,0	28,5	91,4
Полицево-безполицевий (диференційований)	-	Без добрив	15,2	41,0	152,7	12,2	36,6	128,8	9,2	32,2	100,3
	20	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₀₀	14,5	42,0	154,7	11,9	33,9	119,8	8,9	30	96,0
	30	N ₁₄₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	14,4	40,8	152,3	11,5	31,8	112,9	8,6	28,2	91,9
	40	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₃₀	14,9	41,4	152,9	11,4	27,5	98,7	8,3	24,7	79,4
Постійний дисковий (мілкий)	-	Без добрив	14,7	41,3	152,8	12,4	36,4	130,6	9,3	33,3	103,2
	20	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₀₀	15,0	40,9	154,1	12,1	33,6	121,1	9,0	30,6	96,3
	30	N ₁₄₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	14,8	41,7	153,2	11,7	31,4	113,7	8,6	29,2	90,7
	40	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₃₀	14,6	40,7	153,8	11,5	27,2	99,6	8,5	26	79,7
НІР _{0,05}	за чинником А		0,3	1,7	4,4	0,1	1,3	3,2	0,1	0,5	3,6
	за чинником В		0,4	2,4	4,6	0,2	1,5	4,0	0,2	0,6	3,8
	за чинником АВ		0,4	1,7	4,5	0,2	1,5	3,9	0,2	0,6	3,7

Таблиця 6 – Запаси продуктивної ґрунтової вологи під ячменем ярим за різних систем обробітку і норм добрив, мм

Основний обробіток ґрунту в сівозміні	Норма мінеральних добрив під ячмінь ярий, кг/га д.р.		Фази росту та розвитку рослин											
			сходи			вихід в трубку			колосіння			повна стиглість зерна		
			шар ґрунту, см											
		0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100	
Полицевий (контроль)	Без добрив		17,2	47,3	163,5	13,4	38,5	132,1	10,3	31,6	121,2	7,6	22,2	82,2
	N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀		17,4	47,7	165,0	13,6	38,0	131,0	10,0	30,3	111,3	7,2	20,4	70,9
	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀		17,0	46,7	165,9	13,0	36,7	129,2	9,7	29,7	105,5	6,9	19,2	62,2
	N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀		16,8	46,0	162,6	12,7	36,0	128,1	9,5	29,4	100,6	6,7	18,7	51,2
Безполицевий (чизельний)	Без добрив		16,9	46,9	165,3	14,1	39,4	138,0	10,1	32,4	126,0	8,0	23,6	89,0
	N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀		16,7	47,0	164,7	14,2	38,9	136,8	9,9	31,4	115,8	7,5	21,6	79,5
	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀		16,8	46,9	166,2	13,4	37,5	135,0	9,4	30,6	109,8	7,1	20,8	69,9
	N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀		17,1	47,1	163,2	13,9	36,8	133,3	9,3	30,3	104,7	6,7	20,3	60,6
Полицево-безполицевий (диференційований)	Без добрив		17,1	47,7	166,2	13,3	38,6	136,0	9,0	31,7	124,5	7,6	22,5	86,1
	N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀		17,5	47,1	164,0	13,4	38,1	134,3	9,9	30,6	112,5	7,3	21,2	74,3
	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀		17,3	46,4	165,3	13,4	37,4	132,1	9,7	29,9	106,4	7,1	19,8	65,3
	N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀		16,8	47,3	163,8	12,9	36,6	129,5	9,2	29,5	101,7	6,8	19,3	53,8
Постійний дисковий (мілкий)	Без добрив		17,3	47,7	165,4	13,7	38,6	134,3	10,5	31,6	123,3	7,6	22,8	85,1
	N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀		17,3	47,2	165,9	13,9	38,2	132,6	10,1	30,8	112,1	7,1	20,7	73,5
	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀		16,6	46,6	164,7	13,6	36,9	130,4	9,8	29,7	106,3	6,7	19,7	64,5
	N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀		17,1	46,9	163,8	13,1	36,3	127,9	9,6	29,5	101,3	6,7	19,2	53,1
НІР _{0,05}	за чинником А		0,6	1,9	5,2	0,4	1,6	3,9	0,2	0,8	3,6	0,2	0,6	2,8
	за чинником В		0,8	2,1	5,3	0,5	1,7	4,1	0,4	0,9	3,8	0,3	0,7	2,9
	за чинником АВ		0,8	2,0	5,2	0,5	1,6	3,9	0,3	0,9	3,7	0,3	0,7	2,9

Таблиця 7 – Вплив систем основного обробітку ґрунту на коефіцієнт водоспоживання сої

Основний обробіток ґрунту в сівозміні	Норма мінеральних добрив під сою, кг/га д.р.	Запаси продуктивної во-логи в метровому шарі ґрунту, мм		Випало атмосферних опадів за вегетаційний період, мм	Сумарне водоспожи-вання, мм	Урожай-ність, т/га	Коефіцієнт водоспо-живання, мм/т
		сівба	збирання				
Полицевий (контроль)	Без добрив	179,0	83,6	120,1	215,5	1,12	192,4
	$N_{30}P_{40}K_{30}$	178,1	74,0	120,1	224,2	2,11	106,3
	$N_{40}P_{60}K_{40}$	177,1	68,0	120,1	229,2	2,96	77,4
	$N_{60}P_{80}K_{60}$	176,1	62,6	120,1	233,6	3,81	61,3
Безполицевий (чизельний)	Без добрив	175,2	116,1	120,1	179,2	0,81	221,2
	$N_{30}P_{40}K_{30}$	174,1	104,0	120,1	190,2	1,68	113,2
	$N_{40}P_{60}K_{40}$	173,7	94,9	120,1	198,9	2,43	81,8
	$N_{60}P_{80}K_{60}$	173,1	88,4	120,1	204,8	3,19	64,2
Полицево-безполицевий (диференційований)	Без добрив	178,5	90,4	120,1	208,2	1,04	200,2
	$N_{30}P_{40}K_{30}$	178,0	80,9	120,1	217,2	1,99	109,1
	$N_{40}P_{60}K_{40}$	176,7	73,6	120,1	223,2	2,81	79,4
	$N_{60}P_{80}K_{60}$	176,3	68,2	120,1	228,2	3,63	62,9
Постійний дисковий (мілкий)	Без добрив	178,4	88,9	120,1	209,6	0,86	243,7
	$N_{30}P_{40}K_{30}$	177,7	85,4	120,1	212,4	1,76	120,7
	$N_{40}P_{60}K_{40}$	176,6	72,4	120,1	224,3	2,54	88,3
	$N_{60}P_{80}K_{60}$	176,2	66,9	120,1	229,4	3,27	70,1
$НП_{0,05}$						0,24	

На неудобрених ділянках найвищий коефіцієнт водоспоживання рослинами сої зафіксовано за дискового обробітку (243,7 мм/т), дещо нижчий за чизельного розпушування (221,2 мм/т), а найменшого значення він набував за полицевого (192,4 мм/т) і диференційованого (200,2 мм/т) обробітків. Середнє значення цього показника за варіантами досліду за полицевого, безполицевого, полицево-безполицевого і мілкого обробітку становило відповідно 109,4; 120,1; 112,9 і 130,7 мм/т.

За зростання норм внесених добрив коефіцієнт водоспоживання агрофітоценозом сої зменшується. Так, на неудобрених варіантах за внесення під бобову культуру $N_{30}P_{40}K_{30}$, $N_{40}P_{60}K_{40}$ і $N_{60}P_{80}K_{60}$ середнє значення цього показника на ділянках досліду становило відповідно 214,4; 112,3; 81,7 і 64,6 мм/т. Отже, на кожну тунну зерна удобрені рослини бобової культури за зазначених вище норм добрив витрачали доступної ґрунтової води відповідно в 1,91; 2,62 і 3,32 рази менше, ніж неудобрени.

Сумарне водоспоживання рослин пшениці озимої майже на однаковому рівні за полицевого, чизельного і дискового обробітку (433–434 мм), а за диференційованого – лише на 4,5 мм (1,0 %) вище, ніж на контролі (табл. 8).

Найнижче значення показника коефіцієнта водоспоживання пшениці озимої – 92,4 мм/т – зафіксовано за полицевого обробітку; за чизельного, полицево-безполицевого і мілкого обробітку в сівозміні він відповідно на 13,3; 4,5 і 10,3 мм/т (або 14,4; 4,9 і 11,1 %) вищий проти контролю. За підвищення норм добрив сумарне водоспоживання зростає, а коефіцієнт його зменшується. Так, за внесення під хлібну культуру $N_{150}P_{110}K_{80}$ спостерігається збільшення першого показника в 1,1 рази та зменшення другого в 2,2 рази, порівняно з неудобреними варіантами.

Сумарне водоспоживання агрофітоценозом соняшнику найнижче за систематичного розпушування ґрунту чизелем (353,5 мм); за полицевого, диференційованого і мілкого обробітку цей показник становив відповідно 366,9; 370,0 і 373,3 мм, що на 13,4 мм (3,8 %), 16,5 мм (4,7 %) і 19,8 мм (5,6 %) більше (табл. 9).

Коефіцієнт водоспоживання олійною рослиною найнижчий за полицево-безполицевого обробітку (150,9 мм/т); істотно вищий він за полицевого (на 23,5 мм, або 15,6 %), безполицевого (на 49,4 мм, або 32,7 %) і постійного мілкого (на 80,4 мм, або 53,3 %) обробітків.

Таблиця 8 – Вплив систем основного обробітку ґрунту на коефіцієнт водоспоживання пшениці озимої

Основний обробіток ґрунту в сівозміні	Норма мінеральних добрив під пшеницю озиму, кг/га д.р.	Запаси доступної вологи в метровому шарі ґрунту, мм		Випало атмосферних опадів за вегетаційний період, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Урожайність, т/га	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
		сівба	збирання				
Полицейський (контроль)	Без добрив	95,7	84,1	406,4	418,0	2,73	153,1
	N ₁₀₀ P ₇₀ K ₅₀	95,9	73,3	406,4	429,0	4,78	89,7
	N ₁₂₅ P ₉₀ K ₇₀	95,0	62,6	406,4	438,8	6,35	69,1
	N ₁₅₀ P ₁₁₀ K ₈₀	94,1	51,1	406,4	449,4	7,80	57,6
Безполицейський (чизельний)	Без добрив	107,7	97,4	406,4	416,7	2,30	181,1
	N ₁₀₀ P ₇₀ K ₅₀	106,6	85,7	406,4	427,3	4,22	101,2
	N ₁₂₅ P ₉₀ K ₇₀	105,9	72,5	406,4	439,8	5,72	76,9
	N ₁₅₀ P ₁₁₀ K ₈₀	103,8	60,4	406,4	449,8	7,09	63,4
Полицево-безполицейський (диференційований)	Без добрив	96,9	84,6	406,4	418,7	2,61	160,4
	N ₁₀₀ P ₇₀ K ₅₀	96,0	74,5	406,4	427,9	4,60	93,0
	N ₁₂₅ P ₉₀ K ₇₀	105,1	63,1	406,4	448,4	6,12	73,3
	N ₁₅₀ P ₁₁₀ K ₈₀	104,2	52,3	406,4	458,3	7,53	60,9
Постійний дисковий (мілкий)	Без добрив	96,3	85,3	406,4	417,4	2,40	173,9
	N ₁₀₀ P ₇₀ K ₅₀	96,4	75,0	406,4	427,8	4,32	99,0
	N ₁₂₅ P ₉₀ K ₇₀	94,7	63,4	406,4	437,7	5,79	75,6
	N ₁₅₀ P ₁₁₀ K ₈₀	94,3	52,7	406,4	448,0	7,19	62,3
НІР _{0,05}						0,33	

Таблиця 9 – Вплив систем основного обробітку ґрунту на коефіцієнт водоспоживання соняшнику

Знаряддя, глибина (см) обробітку під гречку (система обробітку в сівозміні)	Норма добрив під соняшник		Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм		Випало атмосферних опадів за вегетаційний період, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Урожайність, т/га	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
	ґній, т/га	мінеральні добрива, кг/га, д.р.	сівба	збирання				
Плуг, 16–18 (полицева)	-	Без добрив	127,7	83,1	316,1	360,7	1,21	298,1
	20	N ₅₀ P ₅₀ K ₃₅	127,9	79,1	316,1	364,9	2,09	174,6
	30	N ₈₀ P ₈₀ K ₅₀	127,8	74,6	316,1	369,3	2,98	123,9
	40	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₇₀	127,0	70,6	316,1	372,5	3,69	100,9
Плоскоріз, 16–18 (безполицева)	-	Без добрив	127,5	97,6	316,1	346,0	0,96	360,4
	20	N ₅₀ P ₅₀ K ₃₅	128,3	94,5	316,1	349,9	1,81	193,3
	30	N ₈₀ P ₈₀ K ₅₀	128,0	87,7	316,1	356,4	2,62	136,0
	40	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₇₀	128,4	82,8	316,1	361,7	3,24	111,6
Плоскоріз, 16–18 (диференційована)	-	Без добрив	128,3	79,9	316,1	364,5	1,45	251,4
	20	N ₅₀ P ₅₀ K ₃₅	128,0	76,8	316,1	367,3	2,42	151,8
	30	N ₈₀ P ₈₀ K ₅₀	128,7	72,5	316,1	372,3	3,38	110,1
	40	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₇₀	127,7	69,3	316,1	374,5	4,14	90,4
Дискова борона, 10–12 (мілка)	-	Без добрив	126,9	75,3	316,1	367,7	0,86	427,6
	20	N ₅₀ P ₅₀ K ₃₅	127,3	72,1	316,1	371,3	1,66	223,7
	30	N ₈₀ P ₈₀ K ₅₀	128,6	68,2	316,1	376,5	2,47	152,4
	40	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₇₀	128,1	66,4	316,1	377,8	3,11	121,5
НІР _{0,05}						0,21		

Внесення під соняшник 20 т/га гною + $N_{50}P_{50}K_{35}$, 30 т/га гною + $N_{80}P_{80}K_{50}$ і 40 т/га гною + $N_{100}P_{100}K_{70}$ підвищувало сумарне водоспоживання відповідно на 1,0; 2,5; 3,3 % та знижувало коефіцієнт водоспоживання в 1,80; 2,56 і 3,15 раза, порівнюючи з неудобреними варіантами, де ці показники становили відповідно 359,7 мм і 334,4 мм/т.

Сумарне водоспоживання агрофітоценозом ячменю ярого майже на одному рівні за полицево-безполицевого і постійного мілкого обробітку (352–353 мм); за полицевого обробітку воно дещо вище – 355 мм, а безполицевого нижче – 347 мм.

Коефіцієнт водоспоживання за чизельного і дискового обробітку відповідно на 10,4 і 8,7 мм вищий, а за диференційованого – на 4,2 мм нижчий проти контролю, де він становив 94,3 мм (табл. 10).

За внесення під ячмінь ярий $N_{50}P_{40}K_{40}$, $N_{60}P_{50}K_{50}$ і $N_{70}P_{60}K_{60}$ коефіцієнт водоспоживання становив відповідно 97,3; 78,1 і 67,4 мм/т, що в 1,53; 1,91; 2,21 раза менше, ніж на неодобрених варіантах.

Сумарне водоспоживання агрофітоценозом кукурудзи за полицевого, полицево-безполицевого і постійного дискового обробітку чорнозему типового в сівозміні майже на одному рівні (366,8–368,6 мм), а за безполицевого розпушення – на 12,3 мм нижче, ніж на контролі (табл. 11).

Заміна полицевого обробітку в сівозміні систематичним чизельним, диференційованим і постійним мілким супроводжується підвищенням коефіцієнта водоспоживання посівом

кукурудзи відповідно на 3,4; 1,9 і 5,9 мм/т, або 7,1; 4,0 і 12,3 %.

Збільшення норм внесення добрив підвищує ефективність використання доступної рослинам кукурудзи ґрунтової вологи. Так, за норм добрив 20 т/га гною + $N_{120}P_{90}K_{100}$, 30 т/га гною + $N_{140}P_{100}K_{120}$ і 40 т/га гною + $N_{150}P_{120}K_{130}$ коефіцієнт водоспоживання становив відповідно 48,7; 39,9 і 33,9 мм/т, що в 1,64; 2,00 і 2,35 раза більше проти контролю, де на кожну тону товарної продукції витрати доступної ґрунтової вологи досягли 79,7 мм.

За даними таблиць 7–11, за постійного безполицевого і дискового обробітку урожайність всіх культур сівозміни, порівнюючи з контролем, істотно зменшується. За полицево-безполицевого обробітку спостерігається зниження урожайності зерна сої, пшениці озимої і кукурудзи, однак воно не досягло статистично значущих величин. Щодо урожайності решти культур сівозміни, то такий обробіток забезпечив істотне зростання насіння соняшнику та неістотне – зерна ячменю ярого.

Зменшення урожайності сої, пшениці озимої, соняшнику, ячменю ярого і кукурудзи на неодобрених ділянках становило відповідно 0,31; 0,43; 0,25; 0,32 і 0,54 т/га за чизельного та 0,26; 0,33; 0,35; 0,24 і 0,65 т/га – дискового обробітку; на удобрених найвищою нормою добрив ділянках ці показники помітно зросли і становили відповідно 0,62; 0,71; 0,45; 0,56 і 0,96 т/га за безполицевого та 0,54; 0,61; 0,58; 0,42 і 1,10 т/га – систематичного мілкого обробітку.

Таблиця 10 – Вплив систем основного обробітку ґрунту на коефіцієнт водоспоживання ячменю ярого

Основний обробіток ґрунту в сівозміні	Норма мінеральних добрив під ячмінь ярий, кг/га д.р.	Запаси доступної вологи в метровому шарі ґрунту, мм		Випало атмосферних опадів за вегетаційний період, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Урожайність, т/га	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
		сівба	збирання				
Полицевий (контроль)	Без добрив	165	82,2	255,5	338,3	2,37	142,7
	$N_{50}P_{40}K_{40}$	166,5	70,9	255,5	351,1	3,74	93,9
	$N_{60}P_{50}K_{50}$	167,4	62,2	255,5	360,7	4,78	75,5
	$N_{70}P_{60}K_{60}$	164,1	51,2	255,5	368,4	5,67	65,0
Безполицевий (чизельний)	Без добрив	166,8	89,0	255,5	333,3	2,05	162,6
	$N_{50}P_{40}K_{40}$	166,2	79,5	255,5	342,2	3,32	103,1
	$N_{60}P_{50}K_{50}$	167,7	69,9	255,5	353,3	4,29	82,5
	$N_{70}P_{60}K_{60}$	164,7	60,6	255,5	359,6	5,11	70,4
Полицево-безполицевий (диференційований)	Без добрив	167,6	86,1	255,5	337	2,53	133,2
	$N_{50}P_{40}K_{40}$	165,6	74,3	255,5	346,8	3,87	89,6
	$N_{60}P_{50}K_{50}$	166,8	65,3	255,5	357,0	4,86	73,5
	$N_{70}P_{60}K_{60}$	165,3	53,8	255,5	367,0	5,73	64,0
Постійний дисковий (мілкий)	Без добрив	166,9	85,1	255,5	337,3	2,13	158,3
	$N_{50}P_{40}K_{40}$	167,4	73,5	255,5	349,4	3,41	102,5
	$N_{60}P_{50}K_{50}$	166,2	64,5	255,5	357,2	4,40	81,2
	$N_{70}P_{60}K_{60}$	165,3	53,1	255,5	367,7	5,25	70,0
НІР _{0,05}						0,22	

Таблиця 11 – Вплив систем основного обробітку ґрунту на коефіцієнт водоспоживання кукурудзи

Основний обробіток ґрунту в сівозміні	Норма добрив під кукурудзу		Запаси доступної вологи в метровому шарі ґрунту, мм		Випало атмосферних опадів за вегетаційний період, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Урожайність, т/га	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
	гній т/га	мінеральні добрива, кг/га, д.р.	сівба	збирання				
Полицевий (контроль)	-	Без добрив	150,9	98,5	305,6	358	4,82	74,3
	20	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₀₀	150,2	91,6	305,6	364,2	7,90	46,1
	30	N ₁₄₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	152,3	86,9	305,6	371	9,73	38,1
	40	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₃₀	151,7	76,2	305,6	381,1	11,74	32,5
Безполицевий (чизельний)	-	Без добрив	153,8	112,3	305,6	347,1	4,28	81,1
	20	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₀₀	153	104,8	305,6	353,8	7,19	49,2
	30	N ₁₄₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	154,8	103,6	305,6	356,8	8,85	40,3
	40	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₃₀	153,4	91,4	305,6	367,6	10,78	34,1
Полицево-безполицевий (диференційований)	-	Без добрив	153,1	100,3	305,6	358,4	4,58	78,2
	20	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₀₀	155,1	96,0	305,6	364,7	7,59	48,0
	30	N ₁₄₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	152,7	91,9	305,6	366,4	9,35	39,2
	40	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₃₀	153,2	79,4	305,6	379,4	11,32	33,5
Постійний дисковий (мілкий)	-	Без добрив	153,2	103,2	305,6	355,6	4,17	85,3
	20	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₀₀	154,5	96,3	305,6	363,8	7,05	51,6
	30	N ₁₄₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	153,6	90,7	305,6	368,5	8,76	42,1
	40	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₃₀	154,3	79,7	304,7	379,3	10,64	35,6
НІР _{0,05}						0,46		

На ділянках диференційованого обробітку ґрунту в сівозміні за першої, другої, третьої і четвертої систем (норм) удобрення урожайність сої зменшилася відповідно на 0,08; 0,12; 0,15 і 0,18 т/га, пшениці озимої – 0,12; 0,18; 0,23 і 0,27, кукурудзи – 0,24; 0,31; 0,38 і 0,42 т/га; сояшнику – зросла на 0,24; 0,33; 0,40 і 0,45 т/га, а ячменю ярого – на 0,16; 0,13; 0,08 і 0,06 т/га, порівнюючи з контролем.

Середні показники урожайності сої, пшениці озимої, сояшнику, ячменю ярого і кукурудзи становили відповідно 2,50; 5,42; 2,49; 4,14 і 8,55 т/га за полицевого обробітку, 2,03; 4,83; 2,16; 3,69 і 7,78 – безполицевого, 2,37; 6,11; 2,85; 4,25 і 8,21 – полицево-безполицевого, 2,11; 4,93; 2,03; 3,80 і 7,66 т/га за мілкового обробітку в сівозміні.

За полицевого, чизельного, диференційованого і дискового обробітку продуктивність сівозміни становила відповідно 4,00; 3,55; 3,96 і 3,55 т/га сухої речовини, 5,58; 4,96; 5,49 і 4,97 т/га кормових одиниць, 0,467; 0,406; 0,464 і 0,407 т/га перетравного протеїну основної продукції сільськогосподарських рослин.

Висновки. Запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту у фазу сходів сої майже однакові за полицевого, диференційованого, дискового та дещо нижчі за чизельного обробітку; у фазах початку бутонізації і господарської стиглості зерна цей показник найбільш

низький за полицевого, а найбільш високий – за безполицевого обробітку.

У фазу сходів пшениці озимої, а також колошіння і повної стиглості зерна цей показник майже на одному рівні за полицевого, полицево-безполицевого і мілкового обробітку, а за чизельного – на 9–12 % вищий, ніж на контролі; у фазу відновлення весняної вегетації помітної різниці між варіантами обробітку не зафіксовано.

У фазу сходів сояшнику продуктивної води у метровому шарі ґрунту найбільше за безполицевого обробітку, на решті варіантів обробітку – майже однакові запаси; у фазу початку цвітіння і повної стиглості насіння вони за безполицевого обробітку на 3–5 % вищі, а за диференційованого і дискового відповідно на 2–3 і 4–6 % нижчі, ніж на контролі.

У фазу сходів кукурудзи помітної різниці між варіантами обробітку не виявлено; у фазах початку цвітіння волоті і повної стиглості зерна цей показник за чизельного, полицево-безполицевого і мілкового обробітку відповідно на 8–10, 3–5 і 4–6 % вищий, ніж на контролі.

У фазах виходу в трубку, колосіння і повної стиглості зерна ячменю ярого він за безполицевого, диференційованого і дискового обробітку відповідно на 11, 5 і 4 % вищий, ніж на контролі.

За полицевого, чизельного, полицево-безполицевого і мілкового обробітку коефіцієнт

водоспоживання сої становив відповідно 109, 120, 113 і 131 мм/т. За безполицевого, диференційованого і дискового обробітку він у пшениці озимої відповідно на 14, 5 і 11 % вищий, ніж на контролі. У соняшнику він найнижчий за полицево-безполицевого обробітку – 151 мм/т; за полицевого, чизельного і мілкого обробітку – відповідно на 16,33 і 53 % вищий. У ячменю ярого за безполицевого і дискового обробітку на 9–10 мм/т вищий, а за диференційованого – на 4 мм/т нижчий, ніж на контролі, де він становив 94 мм/т. У кукурудзи за чизельного, полицево-безполицевого і мілкого обробітку цей показник відповідно на 3, 2 і 6 % вищий, ніж на контролі.

Продуктивність сівозміни за полицевого і диференційованого обробітку на одному рівні, а за безполицевого і дискового – істотно нижча.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воропай Г.В. Сільськогосподарське використання осушуваних земель гумідної зони України в умовах реформування аграрного сектору та змін клімату. Вісник аграрної науки. 2020. № 11. 63 с.
2. Танчик С.П., Цюк О.А., Центило Л.В. Наукові основи систем землеробства: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан – ЛТД», 2015. С. 58–60.
3. Примак І., Примак О. Лісівник, ґрунтознавець, ботанік, еколог, географ, енциклопедист, слідопит (до 140 – річчя з дня народження Г.М. Висоцького. Історія української науки на межі тисячоліть: зб. наук. праць / відп. редактор О.Я. Пилипчук. Вип. 16. Київ, 2004. С. 155–160.
4. Історія агрономічної науки і техніки: навч. посіб. / Примак І.Д. та ін. Вінниця: ТОВ «Нілан – ЛТД», 2014. С. 88–90.
5. Механічний обробіток ґрунту: історія, теорія, практика: навч. посіб. / Примак І.Д. та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 425 с.
6. Землеробство на еродованих ґрунтах: навч. посіб. / Примак І.Д. та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. С. 274–326.
7. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: ХНАУ, Майдан, 2019. С. 57–62.
8. Бакума А.В. Баланс вологи в посівах соняшника за різних систем основного обробітку ґрунту. Зб. наук. пр. Ін-ту землеробства УААН. Київ, 2001. Вип. 1–2. С. 69–74.
9. Еволюція теоретичних і практичних основ переходу від полицевого до безполицевого і поверхневого та нульового обробітків ґрунту в Україні з середини першої половини 20 ст. до сьогодні / І.Д. Примак та ін. Агробіологія. Вип. 2 (139). 2018. С. 6–17.
10. Парфенов М.О. Протиерозійна система обробітку ґрунту. Одеса: Маяк, 1990. 96 с.
11. Якименко А.С. Особенности обработки почвы под озимую пшеницу при интенсивной зональной технологии её выращивания в юго-западной части Лесостепи УССР. Вопросы агротехники и экологии в современном земледелии: сб. науч. тр. Харьков, 1990. С. 43–47.
12. Кривенко А.І. Агробіологічні основи технологій вирощування озимих зернових культур у Південно-

му Степу України: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан – ЛТД», 2018. С. 105–110. 137–156.

13. Заяц А.Н., Стукало С.Г., Хижняк А.И. Эффективность разных способов минимализации обработки почвы под озимую пшеницу в условиях зернопаропропашного севооборота Лесостепи УССР. Особенности интенсивных приемов в земледелии: сб. науч. тр. Харьков, 1989. С. 10–18.

14. Агрофизические свойства пахотного горизонта в зависимости от способов основной обработки почвы / Н.Н. Тимошин и др. Наук. вісн. Луганського НАУ. Сільськогосподарські науки. 2012. № 36. С. 140–143.

15. Шевченко Н.В., Лебедь Е.М., Пивовар Н.И. Сравнительная оценка минимальных технологий обработки почвы при выращивании озимой пшеницы в северной Степи Украины. Земледелие. 2015. № 2. С. 20–21.

16. Шевченко Н.В. Влагообеспеченность чернозема типичного в зависимости от технологий обработки почвы. Вестник Курской ГСХА. 2015. № 13. С. 44–46.

17. Черячукін М.І. Наукове обґрунтування та розроблення заходів основного обробітку ґрунту в зональних системах землеробства Правобережного Степу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2016. 51 с.

18. Цилорик О.І. Наукове обґрунтування ефективності систем основного обробітку ґрунту в короткоротаційній сівозмінах Північного Степу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Дніпропетровськ, 2014. 40 с.

19. Центило Л.В. Агроекологічні основи відтворення родючості чорнозему типового та підвищення продуктивності агроценозів Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2020. 41 с.

20. Павліченко А.А. Продуктивність плодозмінної сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення у Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.01. Умань, 2019. С. 7–8.

21. Основи наукових досліджень в агрономії / В.О. Єщенко та ін.; за ред. В.О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. С. 175–176.

22. Землеробство: навчальний посібник для виконання лабораторних робіт / І.П. Рихлівський та ін. Кам'янець – Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2018. С. 11–14.

REFERENCES

1. Voropai, H.V. (2020). Silskohospodarske vykorystannia osushuvanykh zemel humidnoi zony Ukrainy v umovakh reformuvannia ahrarnoho sektoru ta zmin klimatu [Agricultural use of drained lands of the humid zone of Ukraine in the conditions of agricultural sector reform and climate change]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science], no. 11, 63 p.
2. Tanchyk, S.P., Tsiuk, O.A., Tsentylo, L.V. (2015). Naukovi osnovy system zemlerobstva: monohrafiia [Scientific bases of agricultural systems]. Vinnytsia, TOV «Nilan – LTD», pp. 58–60.
3. Prymak, I., Prymak, O. (2004). Lisivnyk, ґruntoznaveets, botanik, ekoloh, heohraf, entsyklopedyst, slidopyt (do 140 – richchia z dnia narodzhennia H.M. Vysotskoho. Istoriia ukrainiskoi nauky na mezhi tysyacholit: zb. nauk. prats [Forester, soil scientist, botanist, ecologist, geographer, encyclopedist, tracker (to the 140th anniversary of the birth of GM Vysotsky. History of Ukrainian science at the turn of the millennium)]. Kyiv, Issue 16, pp. 155–160.

4. Prymak, I.D., Tkachuk, V.M., Tsentylo, L.V. (2014). Istoriiia ahronomichnoi nauky i tekhniki: navch. posib. [History of agronomic science and technology]. Vinnytsia, TOV «Nilan – LTD», pp. 88–90.
5. Prymak, I.D., Kosolap, M.P., Voitovyk, M. V. (2019). Mekhanichniy obrobitok igruntu: istoriia, teoriia, praktyka: navch. posib. [Mechanical tillage: history, theory, practice]. Vinnytsia, TOV «TVORY», 425 p.
6. Prymak, I.D., Kosolap, M.P., Kovalenko, V.M. (2018). Zemlerobstvo na erodovanykh hruntakh: navch. posib. [Agriculture on eroded soils]. Vinnytsia, TOV «TVORY», pp. 274–326.
7. Shevchenko, M.V. (2019). Naukovi osnovy system obrobitku igruntu v umovakh nestikoho ta nedostatnoho zvolozhennia: monohrafiia [Scientific bases of tillage systems in conditions of unstable and insufficient moisture]. Kharkiv, KhNAU, Maidan, pp. 57–62.
8. Bakuma, A.V. (2001). Balans volohy v posivakh soniashnyka za riznykh system osnovnoho obrobitku igruntu [Moisture balance in sunflower crops under different systems of basic tillage]. Zb. nauk. pr. In-tu zemlerobstva UAAN [Collection of scientific works of the Institute of Agriculture of UAAS]. Kyiv, Issue 1–2, pp. 69–74.
9. Prymak, I.D., Panchenko, O.B., Voitovyk, M.V. (2018). Evoliutsiia teoretychnykh i praktychnykh osnov perekhodu vid polytsevoho do bezpolytsevoho i poverkhnevoho ta nulovoho obrobitku igruntu v Ukraini z seredyny pershoi polovyny 20 st. do sohodennia [Evolution of theoretical and practical bases of transition from shelf to shelfless and surface and zero tillage in Ukraine from the middle of the first half of the 20th century. to date]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. Issue 2 (139), pp. 6–17.
10. Parfenov, M.O. (1990). Protyeroziina systema obrobitku igruntu [Anti-erosion tillage system]. Odesa, Lighthouse, 96 p.
11. Iakymenko, A.S. Osobennosti obrabotky pochvy pod ozymuiu pshenytsu pry yntensyvnoi zonalnoi tekhnolohii ejo vyrashchyvannia v yuho-zapadnoi chasty Lesostepy USSR [Features of soil cultivation for winter wheat with intensive zonal technology of its cultivation in the southwestern part of the Forest-Steppe of the Ukrainian SSR]. Voprosy ahrotekhniki y jekolohii v sovremennom zemledel'ii: sb.nauch. tr. [Questions of agrotechnics and ecology in modern agriculture: collection of scientific papers]. Kharkov, pp. 43–47.
12. Kryvenko, A.I. (2018). Ahrobiolohichni osnovy tekhnolohii vyroshchuvannia ozymykh zernovykh kultur u Pivdennomu Stepu Ukrainy: monohrafiia [Agrobiological bases of technologies for growing winter grain crops in the Southern Steppe of Ukraine]. Vinnytsia: TOV «Nilan – LTD», pp. 105–110, pp. 137–156.
13. Zaiats, A.N., Stukalo, S.H., Khyzhniak, A.Y. (1989). Jeffektyvnost raznykh sposobov mynymalyzatsyy obrabotky pochvy pod ozymuiu pshenytsu v usloviakh zernoparopashnoho sevooborota Lesostepy USSR [The effectiveness of different methods of minimizing tillage for winter wheat in the conditions of grain-fallow crop rotation of the Forest-steppe of the Ukrainian SSR]. Osobennosti yntensyvnykh pryemov v zemledel'ii: sb. nauch. tr. [Features of intensive techniques in agriculture: collection of scientific papers]. Kharkov, pp. 10–18.
14. Tymoshyn, N.N., Tokarenko, V.N., Stoichenko, V.E. (2012). Ahrofyzycheskye svoistva pakhotnoho horizonta v zavysymosti ot sposobov osnovnoi obrabotky pochvy [Agrophysical properties of the arable horizon depending on the methods of basic tillage]. Nauk. visn. Luhanskoho NAU. Silskohospodarski nauky [Scientific Bulletin of Luhansk NAU. Agricultural sciences.], no. 36, pp. 140–143.
15. Shevchenko, N.V., Lebed, E.M., Pyvovar, N.Y. (2015). Sravnytelnaia otsenka mynymalnykh tekhnolohii obrabotky pochvy pry vyrashchyvanny ozymoi pshenytsy v severnoi Stepy Ukrainy [Comparative assessment of the minimum tillage technologies for the cultivation of winter wheat in the northern Steppe of Ukraine]. Zemledelye [Agriculture], no. 2, pp. 20–21.
16. Shevchenko, N.V. (2015). Vlahoobespechennost chernozema tipychnoho v zavysymosti ot tekhnolohii obrabotky pochvy [Moisture provision of typical chernozem depending on soil cultivation technologies]. Vestnyk Kurskoi HSKhA [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy], no. 13, pp. 44–46.
17. Cheriachukin, M.I. (2016). Naukove obgruntuvannia ta rozroblennia zakhodiv osnovnoho obrobitku hruntu v zonalnykh systemakh zemlerobstva Pravoberezhnoho Stepu Ukrainy: avtoref. dys. ... d-ra s.-h. nauk: 06.01.01 [Scientific substantiation and working out of measures of the basic cultivation of soil in zonal systems of agriculture of the Right-bank Steppe of Ukraine: the author's abstract of the dissertation of the doctor of agricultural sciences: 06.01.01]. Kyiv, 51 p.
18. Tsyliuryk, O.I. (2014). Naukove obgruntuvannia efektyvnosti system osnovnoho obrobitku hruntu v korotkorotatsiinyi sivozminakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy: avtoref. dys. ... d-ra s.-h. nauk: 06.01.01 [Scientific substantiation of efficiency of systems of the basic cultivation of soil in short-rotation crop rotations of the Northern Steppe of Ukraine: the author's abstract of the dissertation of the doctor of agricultural sciences: 06.01.01]. Dnipropetrovsk, 40 p.
19. Tsentylo, L.V. (2020). Ahroekolohichni osnovy vidtvorennia rodiuchosti chernozemu typovoho ta pidvyshchennia produktyvnosti ahrotsenoziv Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. ... d-ra s.-h. nauk: 06.01.01 [Agroecological bases of reproduction of fertility of typical chernozem and increase of productivity of agrocenoses of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine: the author's abstract of the dissertation of the doctor of agricultural sciences: 06.01.01]. Kyiv, 41 p.
20. Pavlichenko, A.A. (2019). Produktyvnist plodozminnoi sivozminy zalezhdno vid system osnovnoho obrobitku hruntu ta udobrennia u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.01 [Productivity of crop rotation depending on the systems of basic tillage and fertilizer in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: the author's abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences: 06.01.01]. Uman, pp. 7–8.
21. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, V.P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PP «TD «Edelveis i K», pp. 175–176.
22. Rykhliivskiy, I.P., Pecheniuk, V.I., Khomoviy, M.M. (2018). Zemlerobstvo: navchalnyi posibnyk dlia vykonannia laboratornykh robit [Agriculture: a textbook for laboratory work]. Kamianets-Podl'skyi, FOP Sysyn Ya.I., pp. 11–14.

Изменение запасов продуктивной почвенной влаги и коэффициента водопотребления агрофитоценозами в зависимости от систем основной обработки в короткоротационном севообороте

Прымак И.Д., Ермолаев Н.Н., Панченко А.Б., Ображий С.В., Войтовик М.В., Присяжнюк Н.М., Панченко И.А., Филипова Л.Н.

В пятипольном стационарном севообороте на черноземе типичном опытного поля Белоцерковского ГАУ на протяжении 2017–2020 гг. изучали влияние четырех систем основной обработки почвы и четырех систем удобрения на изменение запасов продуктивной почвенной влаги и коэффициента водопотребления агрофитоценозами. Установлено, что запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в фазу всходов сои почти одинаковые при отвальной, дифференцированной, дисковой и несколько ниже при чизельной обработке; в фазах начала бутонизации и хозяйственной спелости зерна этот показатель наиболее низкий при отвальной, а наиболее высокий – при безотвальной обработке.

В фазу всходов пшеницы озимой, а также колошения и полной спелости зерна этот показатель почти на одном уровне при отвальной, отвально-безотвальной и мелкой обработке, а при чизельной – на 9–12 % выше, чем на контроле; в фазу возобновления весенней вегетации заметной разницы между вариантами обработки не зафиксировано.

В фазу всходов подсолнечника продуктивной влаги в метровом слое почвы наибольшее количество при безотвальной обработке, на остальных вариантах обработки – почти равные запасы; в фазу начала цветения и полной спелости семян они при безотвальной обработке на 3–5 % выше, а при дифференцированной и дисковой соответственно на 2–3 и 4–6 % ниже, чем на контроле.

В фазу всходов кукурузы заметной разницы между вариантами обработки не обнаружено; в фазах начала цветения метелки и полной спелости зерна этот показатель при чизельной, отвально-безотвальной и мелкой обработке соответственно на 8–10, 3–5 и 4–6 % выше, чем на контроле.

В фазах выхода в трубку, колошения и полной спелости зерна ячменя ярого он при безотвальной, дифференцированной и дисковой обработке соответственно на 11,5 и 4 % выше, чем на контроле.

Продуктивность севооборота при отвальной и дифференцированной обработке на одном уровне, а при безотвальной и дисковой существенно ниже.

Ключевые слова: севооборот, культура, обработка почвы, удобрения, продуктивная влага, коэффициент водопотребления, суммарное водопотребление, продуктивность.

Change of the productive soil moisture amount under different agrophytocenoses in accordance with the used tillage system in short-term crop rotation

Prymak I., Yermolayev M., Panchenko O., Obrazhnyy S., Voitovyk M., Prisyazhnyuk N., Panchenko I., Filipova L.

The influence of four basic tillage systems and four fertilizer systems on changes in productive soil moisture and water consumption by agrophytocenoses was studied within years 2017–2020 in the five-field crop rotation on typical black soil (chernozems) of the Bila Tserkva NAU experimental field.

It is established that the productive moisture reserves in a meter layer of soil in the phase of soybean germination are almost the same for moldboard, differentiated, disk and shallow types of tillage, but quite lower for chisel one; in the phases of the budding beginning and maturity of grain this indicator is the lowest for moldboard tillage, and the highest for moldboardless tillage.

In the phase of winter wheat germination, as well as earing and full ripeness of grain, this rate is almost at the same level for moldboard, differentiated and shallow tillage, and for chisel one – 9–12 % higher compared to the reference level; in the phase of spring vegetation restoration no noticeable difference between tillage options was recorded.

In the phase of sunflower seedlings there was the largest amount of the productive moisture in a meter layer of soil in the conditions of moldboardless plowing; the rest of tillage have shown almost the same amount of productive moisture; in the phase of the flowering beginning and full maturity of seeds, they are 3–5 % higher for moldboardless plowing, and 2–3 and 4–6 % lower for differentiated and disk tillage respectively than the reference one.

In the phases of tube yielding, earing and full ripeness of spring barley grain, it is 11, 5 and 4 % higher compared to the reference rate for moldboardless plowing, differentiated and disk tillage respectively.

For moldboard, chisel, differentiated tillage and shallow tillage, the water consumption coefficient of soybeans was 109, 120, 113 and 131 mm/t respectively. With moldboardless, differentiated and disc tillage, it is 11,5 and 4 % higher in winter wheat, respectively, than the reference level.

Crop rotation productivity for moldboard and differentiated tillage at the same level, and for moldboardless and disk – significantly lower.

Key words: crop rotation, crop, tillage, fertilizers, productive moisture, water consumption coefficient, total water consumption, productivity.



Copyright: Прымак И.Д. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Прымак И.Д.
Ображий С.В.
Філіпова Л.М.


<https://orcid.org/0000-0002-0094-3469>
<https://orcid.org/0000-0002-3532-6655>
<https://orcid.org/0000-0002-7447-5418>

АГРОНОМІЯ

УДК [633.863.2: 631.531.011.3]:[631.543.81 + 631.531.048]

Польова схожість насіння і виживаність рослин сафлору красильного (*Carthamus tinctorius L.*) залежно від ширини міжрядь та норми висівуРожков А.О. , Демков Д.В. 

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

 zms19760403@ukr.net

Рожков А.О., Демков Д.В. Польова схожість насіння і виживаність рослин сафлору красильного (*Carthamus tinctorius L.*) залежно від ширини міжрядь та норми висіву. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 145–155.

Rozhkov A.O., Demkov D.V. Pol'ova shozhish' nasinnja i vyzyhvanist' roslyn safloru krasyl'nogo (*Carthamus tinctorius L.*) zalezno vid shyriny mizhrjad' ta normy vysivu. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2020. no. 1, pp. 145–155.

Рукопис отримано: 02.02.2021 р.

Прийнято: 17.02.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-145-155

Враховуючи важливе значення польової схожості насіння та збереженості рослин для їх росту та розвитку, рівня врожайності та якості продукції, актуальним є встановлення залежності цих показників від агрозаходів, які визначають рівень конкуренції в агрофітоценозах.

Проведені дослідження мали на меті визначення впливу різних варіантів поєднання ширини міжрядь і норми висіву на польову схожість насіння та збереженість рослин сафлору красильного.

Дослідження проводили у 2019–2020 рр. на полях ТОВ «Каяри» Чугуївського району Харківської області. У трифакторному досліді вивчали два сорти сафлору красильного – Лагідний і Добриня, три варіанти міжрядь – 15, 30 і 45 см і п'ять норми висіву – 240, 270, 300, 330 і 360 тис. шт./га.

Значні розбіжності за основними метеорологічними показниками у роки досліджень дали змогу повніше визначити вплив ширини міжрядь та норми висіву на польову схожість насіння та виживаність рослин сафлору.

Норми висіву насіння в досліджуваному діапазоні – від 240 до 360 тис. шт./га не мали істотного впливу на зміну польової схожості насіння обох сортів сафлору. Заразом було відмічено тенденцію збільшення цього показника за умови підвищення норми висіву насіння. Зокрема, у середньому за сортами та шириною міжрядь, з підвищенням норми висіву від 240 до 360 тис. шт./га польова схожість насіння сафлору зростала на 1,1 % – з 80,2 до 81,3 %.

Збереженість рослин сафлору обох сортів істотно зменшувалася з підвищенням норми висіву насіння від 330 до 360 тис. шт./га. У діапазоні норми висіву насіння від 240 до 330 тис. шт./га відмічалася лише статистично не значуща тенденція зниження цього показника.

Істотної різниці між показниками збереженості рослин сафлору на варіантах із міжряддями 15 і 30 см не було. Це свідчить про те, що за цих варіантів ширини міжрядь зміна конкуренції між рослинами за впливу норми висіву в досліджуваному діапазоні не призводить до істотного зниження показників збереженості рослин.

Ключові слова: сафлор красильний, сорт, ширина міжрядь, норма висіву, збереженість рослин, польова схожість насіння.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Враховуючи тенденцію глобального потепління, зменшення кількості опадів, а також необґрунтоване перенасичення сівозмін соняшником, треба змінити принципи побудови сівозмін через впровадження нетрадиційних посухостійких і жаростійких культур, сафлору зокрема [1–3].

Сафлор є однією з найбільш посухостійких і жаростійких олійних культур, яка в посушливих умовах за конкурентоспроможністю не

поступається соняшнику. Перевагою сафлору є також те, що він здатний нормально рости і розвиватися на солонцях, покращувати їх мікробіологічну активність [4, 5].

Посіви сафлору в світі займають понад 1 млн га. Цю культуру вирощують переважно в Азії – майже 650 тис. га, а також в Індії, Іспанії, Ефіопії і США. Щорічне світове валове виробництво насіння сафлору перевищує 600 тис. т [6].

В Україні сафлор належить до групи олійних культур, які містять 32–37 % олії в насінні, та до

50 % – у ядрі [7]. У багатьох країнах світу сафлор вирощують на лікарські цілі [8, 9]. Лікувальний ефект також має чай з квіток сафлору, який варто вживати у разі захворювань шлунко-кишкового тракту, серцево-судинної системи, а також профілактичного засобу проти низки хвороб [10]. Пелюстки сафлору використовують для отримання барвників жовтого та червоного кольорів у кондитерській промисловості, зокрема під час виготовлення карамелі та печива [11, 12].

Сафлор привертає дедалі більшої уваги вітчизняних виробників, однак у науковій літературі недостатньо інформації про його біологію та технологію вирощування. Більша частина рекомендацій вирощування сафлору запозичена з технології вирощування близького до нього за біологією соняшнику. Заразом, агротехніка сафлору суттєво відрізняється від агротехніки соняшнику і потребує детального вивчення, врахування ґрунтових і технологічних особливостей, а також специфіки метеорологічних умов району вирощування [1].

Серед найважливіших структурних елементів, що визначають продуктивність сафлору, є густина рослин, яка має визначатися для різних природно-кліматичних зон його вирощування. Лише за оптимальної кількості рослин на одиниці площі та їх рівномірного просторового розміщення можна забезпечити повноцінне використання чинників навколишнього середовища, формування високої врожайності та якості насіння [13].

Визначальними агротехнічними заходами є норма висіву насіння та спосіб сівби. Правильно підібране сполучення цих чинників дає змогу підвищити польову схожість насіння, зменшити випадіння рослин впродовж вегетації, сприяє синхронізації їх росту та розвитку [14].

Становить інтерес аналіз матеріалів досліджень Н.І. Мужаєва [15] щодо впливу норми висіву та ширини міжрядь на збереженість рослин сафлору. Науковець відмічає, що з розширенням міжрядь вплив норми висіву на варіабельність збереженості рослин збільшувався. Зокрема, з її підвищенням від 200 до 400 тис. шт./га збереженість рослин сафлору на посівах із міжряддями 15, 30, 45 і 60 см знижувалася на 2,6; 5,0; 7,1 і 8,9 % відповідно.

Дослідники О.В. Еськова і С.В. Еськов [16] відмічають тенденцію зниження показників польової схожості насіння сафлору за умови підвищення норми висіву. Зокрема, в умовах АР Крим польова схожість насіння цієї культури з підвищенням норми висіву від 150 до 300 тис. шт./га у середньому за роками знижувалася з 52,9 до 46,6 %. Ця залежність спостерігалася кожного року.

Дослідник А.В. Андріюк [17], аналізуючи показники польової схожості насіння сафлору, відмічає тенденцію до її зниження за розширення міжрядь від 15 до 60 см, тобто за зменшення відстані між насіннями в рядку. Водночас, дискусійним є його пояснення впливу норми висіву на мінливість цього показника, оскільки він вважає логічним зниження показників польової схожості насіння з підвищенням норми висіву від 300 до 500 тис. шт./га і різке її зростання з підвищенням норми висіву від 500 до 600 тис. шт./га.

Дослідники Ф.Ф. Адамень, В.Г. Найдюнов та ін. [18] встановили, що вплив норми висіву на мінливість польової схожості насіння залежить від строку сівби. Зокрема, за пізнього строку сівби польова схожість насіння сафлору з підвищенням норми висіву з 90 до 180 тис. шт./га зростала з 80,0 до 88,3 %, тимчасом на варіантах раннього та середнього строку сівби вплив норми висіву на мінливість польової схожості насіння не було.

У дослідженнях В.В. Толмачова [19] повнота сходів найвищою була на варіантах раннього строку сівби. Спосіб сівби та норма висіву насіння не мали помітного впливу на цей показник.

Турецькі дослідники Ismail Özasiç, Mehmet Demir Kaça та ін. [20] за підвищення норми висіву насіння сафлору від 400 до 1200 тис. шт./га відмічали недостовірне збільшення показників польової схожості насіння – від 63,4 до 63,8 %, подальше її підвищення до 1600 і 2000 тис. шт./га призводило до значного її зниження. Різке зниження цього показника за підвищення норми висіву понад 1200 тис. шт./га вони пояснюють загостренням боротьби між проростками, унаслідок чого гине більша їх частка, ніж за менших норм висіву насіння.

Проведений аналіз інформації свідчить про дискусійність щодо впливу норми висіву та способу сівби на польову схожість насіння і збереженість рослин сафлору. Це зумовлено тим, що залежність цих показників від норми висіву та способу сівби визначається комплексом абіотичних, едафічних і технологічних чинників.

Враховуючи важливе значення польової схожості насіння та збереженості рослин для їх росту і розвитку, врожайності та якості продукції, актуальним є встановлення залежності цих показників від технологічних елементів, які визначають рівень конкурентної боротьби в агрофітоценозах.

Мета дослідження – визначення впливу різних варіантів поєднання ширини міжрядь та норми висіву на польову схожість насіння і збереженість рослин сафлору красивого.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2019–2020 рр. на полях ТОВ «Каяри» Чугуївського району Харківської області за загальноприйнятою методикою [21]. Ґрунт території досліджень – чорнозем типовий важкосуглинковий на карбонатному лесі. Вміст гумусу в орному шарі 2,8–3,2 %, рухомого фосфору (за Чириковим) – 13,8 мг, калію – 11,6 мг на 100 г ґрунту.

Трифакторний дослід закладено методом розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях. У досліді вивчали два сорти сафлору красильного – Лагідний і Добриня (чинник *A*), три варіанти ширини міжрядь – 15, 30 і 45 см (чинник *B*) і п'ять варіантів норми висіву – 240, 270, 300, 330 і 360 тис. шт./га (чинник *C*). Площа посівної і облікової ділянки третього порядку становила 75,0 і 60,0 м² відповідно. Агротехніка в досліді була загальноприйнятою для району досліджень, за виключенням елементів, поставлених на вивчення. Сівбу проводили універсальною сівалкою «Клен-3П», яка забезпечує високоточну сівбу будь-якого насіння у діапазоні від 0,2 до 400 кг/га.

Температура повітря та режим зволоження під час вегетації сафлору красильного в роки досліджень істотно відрізнялися від показників кліматичної норми. Це вносило значні ко-

рективи в процесі росту та розвитку рослин сафлору красильного. Заразом значні розбіжності за основними метеорологічними показниками у роки досліджень дали змогу повніше визначити вплив досліджуваних елементів технології вирощування на польову схожість насіння та виживаність рослин досліджуваних сортів сафлору.

Результати дослідження та обговорення.

Під час досліджень з вивчення впливу різних варіантів густоти рослин і рівномірності їх розміщення площею живлення важливо проводити облік польової схожості насіння та збереженості рослин, оскільки ці чинники насамперед змінюють параметри стеблостою і в такий спосіб спричиняють розбіжності за біометричними показниками, структурними елементами врожаю, врожайністю та якістю продукції.

Норми висіву насіння в досліджуваному діапазоні – від 240 до 360 тис. шт./га не мали істотного впливу на зміну показників польової схожості насіння сафлору обох сортів. Заразом відмічено тенденцію збільшення цього показника за умови підвищення норми висіву. Зокрема, у середньому за сортами та шириною міжрядь з підвищенням норми висіву від 240 до 360 тис. шт./га польова схожість насіння сафлору зростала з 80,2 до 81,3 % (табл. 1).

Таблиця 1 – Польова схожість насіння сафлору красильного залежно від ширини міжрядь та норми висіву, %, середнє за 2019–2020 рр.

Ширина міжрядь, см (чинник <i>B</i>)	Норма висіву, тис. шт./га (чинник <i>C</i>)	Сорт (чинник <i>A</i>)				Середнє	
		Лагідний		Добриня			
		I*	II**	I	II	I	II
15	240	79,2	-0,5	81,1	-2,1	80,2	-1,3
	270	78,0	-1,7	81,8	-1,4	79,9	-1,6
	300	78,8	-0,9	80,9	-2,3	79,9	-1,6
	330	79,0	-0,7	81,4	-1,8	80,2	-1,3
	360	79,0	-0,7	81,2	-2,0	80,1	-1,4
30	240	78,4	-1,3	81,4	-1,8	79,9	-1,6
	270	78,9	-0,8	81,1	-2,1	80,0	-1,5
	300	78,4	-1,3	81,3	-1,9	79,9	-1,5
	330	79,3	-0,4	82,2	-1,0	80,8	-0,7
	360	79,3	-0,4	81,9	-1,3	80,6	-0,9
45	240	79,2	-0,5	81,8	-1,4	80,5	-1,0
	270	78,9	-0,8	81,9	-1,3	80,4	-1,1
	300 (<i>κ</i>)	79,7	–	83,2	–	81,5	–
	330	80,5	0,8	83,3	0,1	81,9	0,4
	360	81,6	1,9	84,5	1,3	83,1	1,6
Середнє за чинником <i>C</i>	240	78,9	-0,1	81,4	-0,4	80,2	-0,2
	270	78,6	-0,4	81,6	-0,2	80,1	-0,3
	300 (<i>κ</i>)	79,0	–	81,8	–	80,4	–
	330	79,6	0,6	82,3	0,5	81,0	0,6
	360	80,0	1,0	82,5	0,7	81,3	0,9
Середнє за чинником <i>B</i>	15	78,8	-1,2	81,3	-1,6	80,1	-1,4
	30	78,9	-1,1	81,6	-1,3	80,2	-1,3
	45 (<i>κ</i>)	80,0	–	82,9	–	81,5	–
Середнє		79,2		81,9		80,7	

Примітка: * – показник польової схожості; ** – різниця порівняно з контролем +/-.

Логічно припустити, що за розширення міжрядь вплив норми висіву насіння на польову схожість насіння може зростати. Проведені дослідження це підтвердили. Так, польова схожість насіння сафлору обох сортів за умови підвищення норми висіву помітніше зростала на варіантах із міжряддями 45 см, тобто за меншої відстані між насінинами в рядку. Зокрема, на варіантах із міжряддями 30 см з підвищенням норми висіву насіння від 240 до 360 тис. шт./га польова схожість насіння у середньому зростала лише на 0,7 %, тимчасом на варіантах із міжряддями 45 см – на 2,6 %.

На варіантах із міжряддями 15 см впливу норми висіву на зміну показників польової схожості насіння взагалі не відмічено. Це можна пояснити, проаналізувавши форму площі кожної насінини за досліджуваних варіантів ширини міжрядь та норми висіву насіння. Так, на варіантах із шириною міжрядь 15 см, навіть за найбільшої норми висіву – 360 тис. шт./га, відстань між насінинами у середньому становить 18,5 см. Отже, кожна насінина теоретично отримує прямокутну площу живлення $15 \times 18,5$ см. За норм висіву насіння 240, 270, 300 і 330 тис. шт./м² це відношення становить 15×28 , 15×25 , 15×22 і 15×20 см. Отоже, коли відстань між рослинами в рядку перевищує відстань між рядками, не може відбуватися стимуляція насінин одна одною.

На схемах площі живлення кожної насінини за досліджуваних норм висіву насіння на варіантах із міжряддями 45 см, відбувається взаємна стимуляція насінин, яка з підвищенням норми висіву проявляється помітніше. Збільшення польової схожості насіння на варіантах із міжряддями 45 см найбільше проявлялося за підвищення норми висіву від 330 до 360 тис. шт./га, тобто зі зменшення відстані між насінинами в рядку з 7 до 6 см.

Характер впливу норми висіву на польову схожість насіння обох сортів сафлору був фактично однаковий. Так, з підвищенням норми висіву від 240 до 360 тис. шт./га польова схожість насіння сафлору сортів Лагідний і Добриня у середньому за шириною міжрядь зростала на 1,1 %.

Ідеальним просторовим розміщенням рослин площею живлення за оптимальної густоти можна вважати таке, за якого кожна рослина має площу живлення, наближену до квадратної. За умови рівномірного загортання насіння така форма площі живлення створює рівні умови для росту та розвитку рослин, забезпечуючи їх синхронний ріст і розвиток, рослини більший час вегетують, унаслідок зменшення

стресу від загострення конкурентної боротьби, що забезпечує формування вищої врожайності рослин. Крім того, забезпечення більшої рівномірності розподілу рослин площею живлення сприяє меншому випадінню рослин впродовж вегетації, що також забезпечує формування вищої врожайності культури.

У проведеному досліді площу живлення рослин, наближену до квадратної, за всіх норм висіву насіння забезпечували варіанти з міжряддями 15 см. За всіх варіантів поєднання досліджуваних норм висіву насіння з таким міжряддями, відношення сторін форми площі живлення не виходило за межі 1:2, водночас із підвищенням норми висіву співвідношення між сторонами наближалось до квадрату. Аналізуючи форму площі живлення рослин сафлору на варіантах із міжряддями 45 см, навіть за найменшої норми висіву насіння – 240 тис. шт./га, співвідношення між сторонами прямокутника наближається до 1:5 (45×9 см). За найбільшої норми висіву насіння в досліді – 360 тис. шт./га, ширина площі живлення окремо взятої рослини становить приблизно 6 см, що свідчить про загострення конкурентної боротьби між рослинами в посівах.

Виходячи з цього, закономірними були нижчі показники збереженості рослин сафлору обох сортів на варіантах із міжряддями 45 см. Так, збереженість рослин сафлору на варіантах з міжряддями 15, 30 і 45 см у середньому за роками і нормами висіву становила 83,4; 82,7 і 80,6 % відповідно (табл. 2).

Прогнозованою була висока взаємодія досліджуваних варіантів поєднання норми висіву з шириною міжрядь на зміну збереженості рослин сафлору. Так, вплив норми висіву насіння на варіабельність цього показника проявлявся лише на варіантах із міжряддями 45 см. На варіантах із міжряддями 30 см була відмічена тенденція зниження збереженості рослин за умови підвищення норми висіву насіння, а на варіантах із міжряддями 15 см показники збереженості рослин обох сортів були фактично однакові.

Характер впливу досліджуваних варіантів поєднання норми висіву з шириною міжрядь на зміну показників збереженості досліджуваних сортів сафлору в умовах 2019 і 2020 рр. був подібний (рис. 1, 2).

За даними рисунків простежується ефект взаємодії між досліджуваними чинниками. Так, на посівах обох сортів сафлору в погодних умовах 2019 і 2020 рр. на варіантах із міжряддями 15 см істотного впливу норми висіву на зміну показників збереженості рослин не було. Діапазон розбіжності показників у 2019 і

2020 рр. у сорту Лагідний становив 1,0 і 1,1 %, у сорту Добриня – 2,1 і 0,9 % відповідно, що не перевищує межі $НІР_{05}$. Виділені статистично різні гомогенні групи показників збереженості рослин за різних норм висіву насіння на варіантах із міжряддями 15 см не свідчать про наявність різниці між ними, оскільки ці групи виділялися відносно контролю, яким у досліді був варіант посідання норми висіву насіння 300 тис. шт./га з міжряддями 45 см.

На варіантах із міжряддями 45 см за поступового підвищення норми висіву на прийнятій у досліді крок градації – 30 тис. шт./га, її вплив на зниження показників збереженості рослин був найвищим. Наприклад, у 2019 р. на посівах сафлору сортів Лагідний і Добриня з підвищенням норми висіву насіння від 240

до 270 тис. шт. га збереженість рослин знижувалася на 0,2 і 0,4 % відповідно, від 270 до 300 тис. шт./га – на 0,6 і 1,2 %, від 300 до 330 тис. шт./га – на 2,2 і 1,3 %, і від 330 до 360 тис. шт./га – на 1,6 і 2,6 % (рис. 2).

Вплив досліджуваних варіантів ширини міжрядь зростав з підвищенням норми висіву насіння, що доводить ефект взаємодії цих чинників. Наприклад, у 2019 році на посівах сафлору сорту Лагідний, за розширення міжрядь від 15 до 45 см, збереженість рослин на варіантах із нормою висіву 240, 270, 300, 330 і 360 тис. шт./га зменшувалася на 1,5; 1,9; 1,7; 4,4 і 7,2 % відповідно, на посівах сафлору сорту Добриня – на 0,4; 2,4; 2,8; 2,8 і 6,2 % відповідно. Аналогічна тенденція була і в 2020 році.

Таблиця 2 – Збереженість рослин сафлору красильного залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння, %, середнє за 2019–2020 рр.

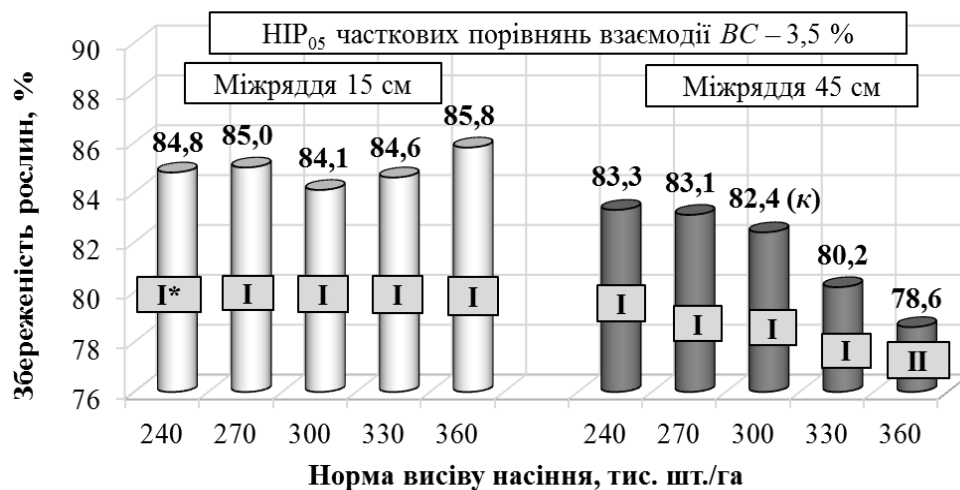
Ширина міжрядь, см (чинник B)	Норма висіву, тис. шт./га (чинник C)	Сорт (чинник A)				Середнє	
		Лагідний		Добриня			
		показник	I*	показник	I	показник	I
15	240	82,8	2,5	83,9	1,8	83,4	2,2
	270	82,6	2,3	84,4	2,3	83,5	2,3
	300	82,7	2,4	84,2	2,1	83,5	2,3
	330	82,6	2,3	83,4	1,3	83,0	1,8
	360	83,4	3,1	83,6	1,5	83,5	2,3
30	240	82,3	2,0	83,9	1,8	83,1	1,9
	270	82,5	2,2	84,7	2,6	83,6	2,4
	300	82,0	1,7	82,0	-0,1	82,0	0,8
	330	81,7	1,4	83,4	1,3	82,6	1,4
	360	80,9	0,6	83,0	0,9	82,0	0,8
45	240	81,7	1,4	83,3	1,2	82,5	1,3
	270	81,2	0,9	83,0	0,9	82,1	0,9
	300 (κ)	80,3	–	82,1	–	81,2	–
	330	78,6	-1,7	80,7	-1,4	79,7	-1,5
	360	77,0	-3,3	78,3	-3,8	77,7	-3,5
Середнє за чинником C	240	82,3	0,6	83,7	0,9	83,0	0,8
	270	82,1	0,4	84,0	1,2	83,1	0,9
	300 (κ)	81,7	–	82,8	–	82,2	–
	330	81,0	-0,7	82,5	-0,3	81,8	-0,4
	360	80,4	-1,3	81,6	-1,2	81,1	-1,1
Середнє за чинником B	15	82,8	3,0	83,9	2,4	83,4	2,8
	30	81,9	2,1	83,4	1,9	82,7	2,1
	45 (κ)	79,8	–	81,5	–	80,6	–

2019 рік: $НІР_{05}$ ефекту A – 1,3 %; $НІР_{05}$ ефекту B – 2,6 %; $НІР_{05}$ ефекту C – 1,9 %; $НІР_{05}$ взаємодії AB – 4,3 %; $НІР_{05}$ взаємодії AC – 3,7 %; $НІР_{05}$ взаємодії BC – 3,5 %; $НІР_{05}$ взаємодії ABC – 4,7 %.

2020 рік: $НІР_{05}$ ефекту A – 1,0 %; $НІР_{05}$ ефекту B – 2,1 %; $НІР_{05}$ ефекту C – 1,4 %; $НІР_{05}$ взаємодії AB – 3,9 %; $НІР_{05}$ взаємодії AC – 3,3 %; $НІР_{05}$ взаємодії BC – 2,6 %; $НІР_{05}$ взаємодії ABC – 4,1 %.

Примітка: * – різниця порівняно з контрольним варіантом.

Сорт Лагідний



Сорт Добриня

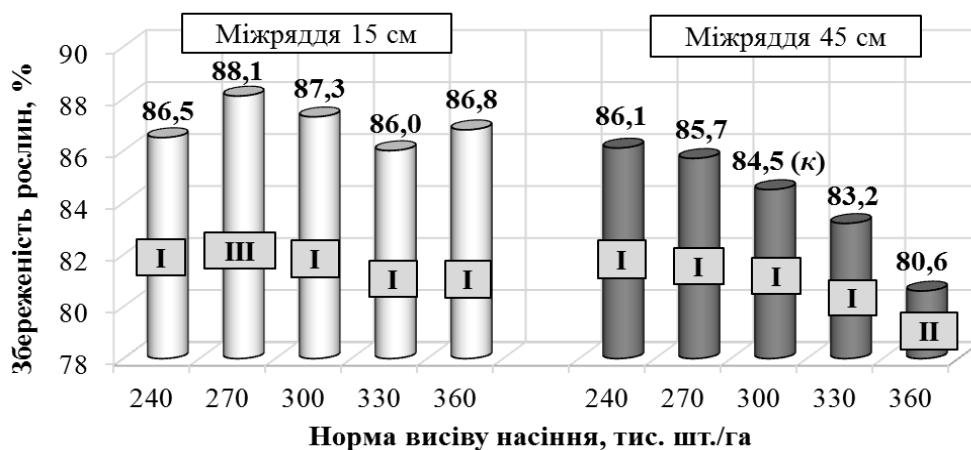
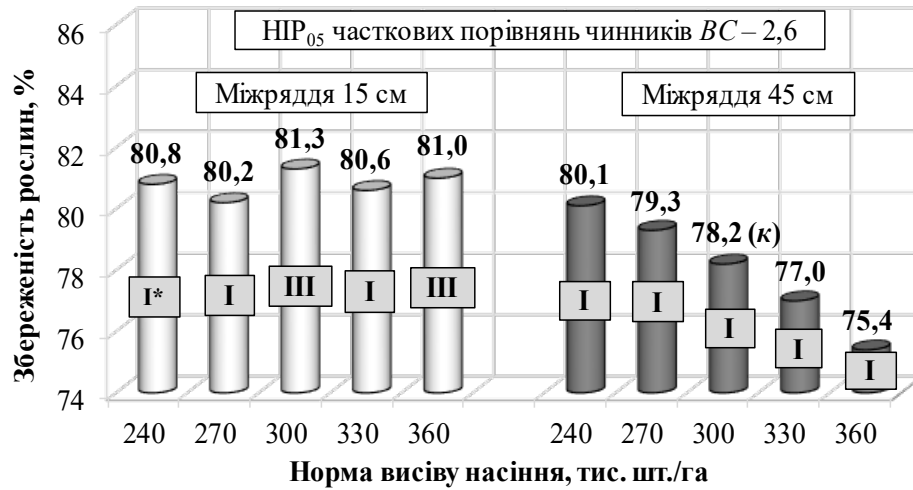


Рис. 1. Збереженість рослин сафлору красильного залежно від різних варіантів поєднання ширини міжрядь з нормою висіву насіння, % (2019 р.).

Сорт Лагідний



Сорт Добриня

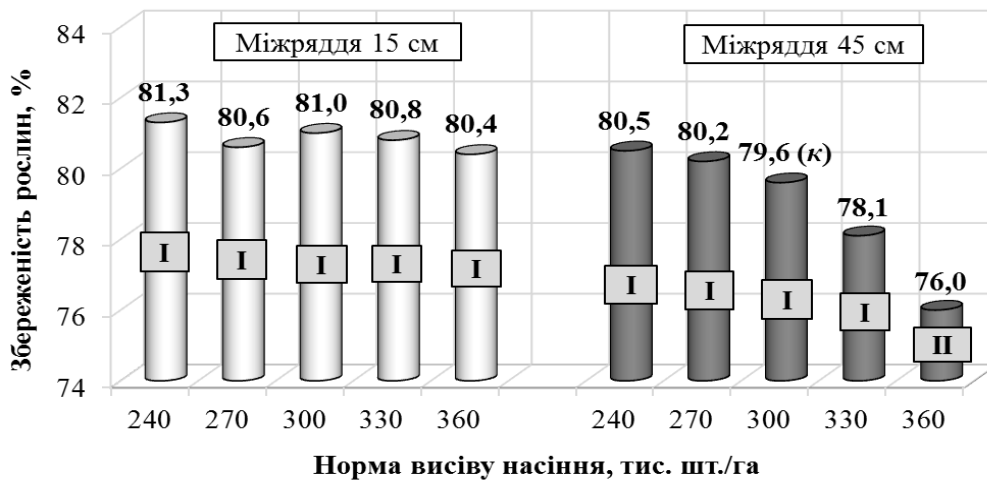


Рис. 2. Збереженість рослин сафлору красильного залежно від різних варіантів поєднання ширини міжрядь з нормою висіву насіння, % (2020 р.).

Висновки. Польова схожість насіння за впливу норми висіву та способу сівби істотно не змінювалася. Була відмічена лише статистично не значуща тенденція підвищення показників польової схожості насіння за умови збільшення норми висіву насіння та розширення міжрядь.

Збереженість рослин сафлору істотно зменшувалася з підвищенням норми висіву насіння від 330 до 360 тис. шт. га. У діапазоні норми висіву від 240 до 330 тис. шт./га відмічалася лише тенденція зниження показника. Істотної різниці між показниками збереженості рослин сафлору на варіантах із міжряддями 15 і 30 см не було. Це свідчить про те, що за цих варіантів ширини міжрядь зміна конкуренції між рослинами за впливу норми висіву насіння в досліджуваному діапазоні не призводить до погіршення показників збереженості рослин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамень Ф.Ф., Рудік О.Л., Прошина І.О. Вплив ширини міжряддя та норми висіву на продуктивність та економічну ефективність вирощування сафлору красильного в умовах Півдня України: науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2014. № 20. С. 151–157.
2. Хоміна В.Я., Строяновський В.С. Показники якості олій нетрадиційних жиромісних культур залежно від агротехнічних заходів в умовах Лісостепу України. Зрошуваче землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2016. Вип. 66. С. 65–68.
3. Хоміна В.Я. Агротехнічні аспекти вирощування сафлору красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в умовах південної частини Лісостепу Західного. Техніка і технології АПК. 2013. № 49. С. 30–32.
4. Андриюк А.В. Внедрение сафлора красильного в производственные посевы Курганской области. Пища. Экология. Качество: труды XIII Международной научно-практической конференции. Красноярский государственный аграрный университет. Красноярск, 2016. С. 64–69.
5. Алієва О.Ю. Економічна та біоенергетична ефективність вирощування сортів сафлору в залежності від догляду за посівами на безгербицидному та гербицидному фонах. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2020. № 29. С. 103–106. DOI: <https://doi.org/10.36710/ioc-2020-29-10>
6. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield as affected by nitrogen fertilization and different water regimes / Reginaldo Ferreira Santos et al. Acta Agronomica. 2018. № 67(2). P. 264–269. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v67n2.60896>
7. Агроекологічне обґрунтування вирощування сафлору красильного в зоні сухого степу / Лазер П.Н. та ін. Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво. 2014. № 81. С. 67–72.
8. Emongor V. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: A review. Asian J. Plant Sci. 2010. № 9. P. 299–306. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajps.2010.299.306>
9. Sirel Z., Aytac Z. Relationship between the seed yield and some agronomic characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under semi-arid conditions. Turk. J. Field Crops 2016, Vol. 21 (1). P. 29–35. DOI: <https://doi.org/10.17557/tjfc.50988>
10. Солоненко С.В. Схожість та виживаність рослин сафлору красильного залежно від досліджуваних факторів. Таврійський наук. вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво, баштанництво. 2020. № 101. С. 105–110.
11. Федорчук М.І., Філіпов Є.Г. Методичні рекомендації з використання інформаційних технологій при оптимізації технології вирощування сафлору красильного на поливних землях півдня України. Херсон: Колос, 2014. 5 с.
12. Єрмаков А.С., Поляков О.І. Продуктивність сафлору в залежності від строків сівби та густоти стояння рослин. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2014. № 20. С. 158–162.
13. Адамень Ф.Ф., Рудік О.Л., Прошина І.О. Особливості водоспоживання сафлору красильного при різних строках посіву і нормах висіву в умовах Півдня України. Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Рослинництво, селекція, насінництво, плодовоовочівництво. Харків, 2012. № 2. С. 3–8
14. Мажаяв Н.И. Продуктивность сафлора в зависимости от способа посева и нормы высева в условиях Саратовского Заволжья: автореферат дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.01. Саратов, 2014. С. 8–9.
15. Инновационные приемы формирования высокопродуктивных агроценозов сафлора в Саратовском Заволжье / Мажаяв Н.И. и др. Инновации и инвестиции. 2014. № 7. С. 19–22.
16. Еськова О.В., Еськов С.В. Влияние нормы высева на полевую всхожесть семян сафлора красильного в условиях предгорного Крыма. Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Сільськогосподарські науки. 2013. Вип. 154. С. 87–90.
17. Андриюк А.В. Выживаемость растений сафлора как показатель урожайности. Аграрный вестник Урала. 2014. № 7 (125). С. 6–9.
18. Продуктивність сафлору красильного залежно від агрозаходів та погодних чинників при його вирощування в умовах півдня України / Адамень Ф.Ф. та ін. Зрошуваче землеробство: збірник наукових праць. 2013. Вип. 60. С. 21–23.
19. Толмачёв В.В. Сроки, способы и нормы посева сафлора красильного на каштановых почвах Волгоградского Заволжья: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Волгоград. 2011. 20 с.
20. Ismail Özasiç, Mehmet Demir Kaya, Engin Gökhan Kulan. The Optimum Plant Density for Vigorous Seed Production in Safflower. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology. 2019. 7(2). P. 301–305. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i2.301-305.2275>
21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

REFERENCES

- Adamen, F.F., Rudik, O.L., Prochina, I.O. (2014). Vplyv shyryny mizhryad' ta normy vysivu na produktivnist' ta ekonomichnu efektyvnist' vyroshuvannya safloru krasyl'nogo v umovah Pivdnja Ukrainy [Influence of row spacing and seeding rate on productivity and economic efficiency of safflower cultivation in the conditions of the South of Ukraine]. *Naukovo-tehnichnyj bjuleten' Instytutu olijnyh kul'tur NAAN [Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of NAAS]*, no. 20, pp. 151–157.
- Xomina, V.Ya., Stroynovs'kyj, V.S. (2016). Pokaznyky jakosti olij netradychijnyh kul'tur zalezno vid agrotehnichnyh zahodiv v umovah Lisostepu Ukraïny [Indicator of oil quality of non-traditional fat-containing crops depending on agrotechnical measures in the condition of the Forest-steppe of Ukraine]. *Zrochuvane zemlerobstvo: Mizhvidomchyj tematychnyj naukovyj zbirnyk [Irrigated agriculture: Interdepartmental thematic scientific collection]*. Issue 66, pp. 65–68.
- Xomina, V.Ya. (2013). Agrotehnichni aspekty vyrochuvannj safloru krasyl'nogo (*Carthamus tinctorius* L.) v umovah pivdennoi' chastyny Lisostepu Zahidnogo [Agrotechnical aspects of growing safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in the southern part of the Western Forest-Steppe]. *Tehnika i tehnologii APK [Machinery and technologies of agro-industrial complex]*, no. 49, pp. 30–32.
- Andrijuk, A.V. (2016). Vnedrenie saflora krasyl'nogo v proizvodstvennye posevy Kurganskoj oblasti: Pishcha. Ekologiya. Kachestvo: trudy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [The introduction of dyeing safflower in the production crops of the Kurgan region: Food. Ecology. Quality: proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference]. *Krasnoyarsk*, pp. 64–69.
- Alieva, O.U. (2020). Ekonomichna ta bioenergetychna efektyvnist' viroshuvannya sortiv safloru v zalezhnosti vid doglyadu za posivamy na bezgerbitsydnomu ta herbitsydnomu fonakh [Economic and bioenergetic efficiency of growing safflower varieties depending on the care of crops on herbicide and herbicide backgrounds]. *Naukovo-tehnichnyj bjuleten' Instytutu olijnyh kul'tur NAAN [Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of NAAS]*, no. 29, pp. 103–106. Available at: <https://doi.org/10.36710/ioc-2020-29-10>
- Reginaldo Ferreira Santos, Douglas Bassegio, Maria Marcia Sartori, Mauricio Dutra Zannoto, Marcelo de Almeida Silva (2018). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield as affected by nitrogen fertilization and different water regimes. *Acta Agronomica*. no. 67(2), pp. 264–269. Available at: <https://doi.org/10.15446/acag.v67n2.60896>
- Laser, P.N., Rudik O.L., Nayd'onov V.G., Nizhegolenko V.M. (2014). Agroekologichne obgruntuvanny vyroshchuvannya safloru krasyl'nogo v zoni sukhogo stepu [Agroecological substantiation of growing safflower in the dry steppe zone]. *Tavriys'kyj naukoj visnyk. Zemlerobstvo, roslynnytstvo, ovochivnytstvo ta bashtannytstvo [Tavriya Scientific Bulletin. Agriculture, crop production, vegetable growing and melon growing]*, no. 81, pp. 67–72.
- Emongor, V. (2010). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: A review. *Asian J. Plant Sci.* no. 9, pp. 299–306. Available at: <https://doi.org/10.3923/ajps.2010.299.306>
- Sirel, Z., Aytac, Z. (2016). Relationship between the seed yield and some agronomic characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under semi-arid conditions. *Turk. J. Field Crops*. Vol. 21 (1), pp. 29–35. Available at: <https://doi.org/10.17557/tjfc.50988>
- Solonenko, S.V. (2020). Skhozhist' ta vyzhyvanist' roslyn safloru krasyl'nogo zalezno vid doslidzhuvanykh faktoriv [Germination and survival of plants safflower depending on factor studied]. *Tavriys'kyj naukoj visnyk. Zemlerobstvo, roslynnytstvo, ovochivnytstvo ta bashtannytstvo [Tavriya Scientific Bulletin. Agriculture, crop production, vegetable growing and melon growing]*, no. 101, pp. 105–110.
- Fedorchuk, M.I., Filipov, E.G. (2014). Metodichni rekomendatsiyi z vykorystannya informatsijnyh tehnologij vyroshchuvannya safloru krasyl'nogo na polyvnykh zemlyah pivdnja Ukrainy [Methodical recommendation on use of information technologies at optimization of technology of cultivation of safflower dyeing on the irrigated lands of the south of Ukraine]. 5 p.
- Yermakov, A.S., Polyakov, O.I. (2014). Produktivnist' safloru v zalezhnosti vid strokiv sivby ta gustoty stoyannya roslyn [Safflower productivity depending on sowing dates and plant density]. *Naukovo-tehnichnyj bjuleten' Instytutu olijnyh kul'tur NAAN [Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of NAAS]*, no. 20, pp. 158–162.
- Adamen, F.F., Rudik, O.L., Proshina, I.O. (2012). Osoblyvosti vodospozhyvannya safloru krasyl'nogo pry riznyh strokah posivu i normah vysivu v umovakh Pivdnja Ukrainy [Features of water consumption of safflower dye at different terms of sowing and sowing rates in the conditions of the South of Ukraine]. *Visnyk KhNAU im. V.V. Dokuchayeva. Roslynnytstvo, selektsiya, nasinnytstvo, plodoovochochivnytstvo [Bulletin of KhNAU named after V.V. Dokuchaeva. Crop production, selection, seed production, fruit and vegetable growing]*. Kharkiv, no. 2, pp. 3–8.
- Mazhaev, N.I. (2014). Produktivnost' saflora v zavisimosti ot sposoba poseva i normy vyseva v usloviyakh Saratovskogo Zavolzh'ya: avtoreferat diss. ... kand. s.-kh. nauk: 06.01.01 [Safflower productivity depending on the seeding method and seeding rate in the Saratov Trans Volga region: abstract dissertation cand. of agricultural sciences: 06.01.01]. Saratov, 23 p.
- Mazhaev, N.I., Narushev, V.B., Kuanyshtkaliev, A.T., Zhelmukhanov, T.A. (2014). Innovatsionnyye priyemy formirovaniya vysokoproduktivnykh agrotsenozov saflora v Saratovskom Zavolzh'ye [Innovative techniques for the formation of highly productive safflower agrocenosis in the Saratov Zavolzh'ye]. *Innovatsii i investitsii [Innovation and investment]*, no. 7, pp. 19–22.
- Es'kova, O.V., Es'kov, S.V. (2013). Vliyanie normy vyseva na polevuyu vskhozhest' semyan saflora krasyl'nogo v usloviyakh predgornogo Kryma [Influence of seeding rate on field germination of dyeing safflower seeds in the condition of the foothill Crimea]. *Naukovi pratsi Pivdennoho filialu Natsional'nogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy «Kryms'kyj agrotekhnologichnyj universytet». Sil's'kogospodars'ki nauky [Scientific works of the Southern branch of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine «Crimean Agrotechnological University». Agricultural Sciences]*. Vol. 154, pp. 87–90.

17. Andriyuk, A.V. (2014). Vyzhivayemost' rasteniy saflora kak pokazatel' urozhaynosti [Safflower plant survival as an indicator of yield]. Agrarnyy vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals], no. 7(125), pp. 6–9.

18. Adamen', F.F., Nayd'onov, V.G., Fedorchuk, M.I., Filipov, Ye.G. (2013). Produktivnist' safloru zalezno vid agrozahodiv ta pogodnykh chynnykiv pry yogo vyroshchuvanni v umovakh pivdnya Ukrayiny [Productivity of dye safflower depending on agricultural measures and weather factors during its cultivation in the conditions of the south of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats': Zroshuvane Zemlerobstvo [Collection of scientific works: Irrigated agriculture]. Issue 60, pp. 21–23.

19. Tolmachev, V.V. (2011). Sroki, sposoby i normy poseva saflora krasil'nogo na kashtanovykh pochvah Volgogradskogo Zavolzh'ya: avtoreferat diss... kand. s.-kh. nauk: 06.01.01 [Dates, methods and norms of sowing safflower on chestnut soils of the Volgograd Zavolzhya: abstract dissertation cand. of agricultural sciences: 06.01.01]. Volgograd, 20 p.

20. Ismail, Özasik, Mehmet, Demir, Kaya, Engin Gökhan, Kulan. The Optimum Plant Density for Vigorous Seed Production in Safflower. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology. 2019. 7(2), pp. 301–305. Available at: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i2.301-305.2275>

21. Dospekhov, B.A. (1985). Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy) [Methods of field experiment (with fundamentals statistical processing of research results)]. Moscow, Agropromizdat, 351 p.

Полевая всхожесть семян и сохранность растений сафлора красильного (*Carthamus tinctorius L.*) в зависимости от ширины междурядий и нормы высева

Рожков А.А., Демков Д.В.

Учитывая важное значение полевой всхожести семян и сохранности растений для их роста и развития, уровня урожайности и качества продукции, актуальным является установление зависимостей этих показателей от элементов технологии выращивания, которые определяют уровень конкурентной борьбы в агрофитоценозах.

Проведённые исследования ставили задачу определить влияние различных вариантов сочетания ширины междурядий и нормы высева на полевую всхожесть семян и сохранность растений сафлора красильного.

Исследования проводили на протяжении 2019–2020 гг. на полях ООО «Каяри» Чугуевского района Харьковской области. В трёхфакторном опыте изучали два сорта сафлора красильного – Лагидный и Добрыня, три варианта ширины междурядий – 15, 30 и 45 см и пять нормы высева семян – 240, 270, 300, 330 и 360 тыс. шт./га.

Значительные расхождения по основным метеорологическим показателям в года исследований дали возможность полноценнее определить влияние ширины междурядий и нормы высева на полевую всхожесть семян и выживаемость растений исследуемых сортов сафлора.

Нормы высева семян в исследуемом диапазоне – от 240 до 360 тыс. шт./га не имели существенного влияния на изменение полевой всхожести семян сафлора обоих сортов. Вместе с тем была отмечена тенденция увеличения

этого показателя вследствие повышения нормы высева семян. В частности, в среднем по сортам и исследуемым вариантам ширины междурядий, с увеличением нормы высева от 240 до 360 тыс. шт./га полевая всхожесть семян сафлора увеличивалась на 1,1 % – от 80,2 до 81,3 %.

Сохранность растений сафлора обоих сортов существенно уменьшалась с повышением нормы высева семян от 330 до 360 тыс. шт./га. В диапазоне нормы высева семян от 240 до 330 тыс. шт./га была отмечена только статистически не значимая тенденция снижения этого показателя.

Существенной разницы между показателями сохранности растений сафлора на вариантах с междурядьями 15 и 30 см не было. Это свидетельствует о том, что на этих вариантах ширины междурядий варьирование конкуренции между растениями в зависимости от нормы высева в исследуемом диапазоне не приводит к существенному снижению показателей сохранности растений.

Ключевые слова: сафлор красильный, сорт, ширина междурядий, норма высева, сохранность растений, полевая всхожесть семян.

Field germination and preservation of safflower plants (*Carthamus tinctorius L.*) depending on the row-spacing width and seeding rate

Rozhkov A., Demkov D.

Taking into account extremely important significance of field germination and plant preservation for their growth and development, the level of cropping capacity and product quality, it is of interest to establish the dependencies of these indicators on the elements of cultivation technology that determine the level of competitive struggle in agrophytocoenoses.

The conducted research was aimed at determining the influence of various combinations of row-spacing width and seeding rate on the field germination and the preservation of safflower plants under conditions of the eastern Forest-Steppe of Ukraine with its typical frequent heat and drought during the spring-summer vegetation.

The research was carried out during 2019–2020 on the fields of limited (liability) company “Kayari” Chuguievsky district of Kharkiv region. In a three-factor experiment, we studied two varieties of safflower – Lahidny and Dobrynya, three variants of row-spacing width – 15, 30 and 45 cm, and five variants of the seeding rate – 240 thousand pieces/ha, 270, 300, 330 and 360 thousand pieces/ha.

Considerable differences in the main meteorological indicators in the years of research made it possible to more fully determine the effect of row-spacing width and the seeding rate on the field germination and plants survival of the studying safflower varieties.

Seeding rates in the studying range – from 240 to 360 thousand pieces/ha did not have a significant effect on the change in the field germination of safflower seeds of both varieties. At the same time, there was a tendency to increase this indicator due to an increase in the seeding rate. In particular, on average for the varieties and the studying variants of row-spacing width, with an increase in the seeding rate from 240 to 360 thousand pieces/ha, the field germination of safflower seeds increased by 1.1 % – from 80.2 to 81.3 %.

Preservation of safflower plants of both varieties significantly decreased with an increase in the seeding rate

from 330 to 360 thousand pieces/ha. In the range of the seeding rate from 240 to 330 thousand units/ha, only a statistically unproven tendency to reduce this indicator was noted.

There was no considerable difference between the preservation indicators of safflower plants on the variants with row-spacing of 15 and 30 cm. This indicates that on

these variants of row-spacing width, variation of competition between plants depending on the seeding rate in the studying range does not lead to a significant decrease in plant preservation indicators.

Key words: safflower, variety, row-spacing width, seeding rate, plant preservation, field germination.



Copyright: Рожков А.О., Демков Д.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Рожков А.О.
Демков Д.В.


<https://orcid.org/0000-0001-9138-7973>
<https://orcid.org/0000-0003-2416-5603>

УДК 633.16:631.527.5:632.4(477.4)

Успадкування стійкості проти збудника борошністої роси ячменю ярого (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) в F_1 та мінливість у F_2 в умовах Правобережного Лісостепу України

Сабадин В.Я. , Сидорова І.М. , Куманська Ю.О. , Бурлаченко Д.О.

Білоцерківський національний аграрний університет

 Сабадин В.Я. E-mail: valia.sabadyan@btsau.edu.ua



Сабадин В.Я., Сидорова І.М., Куманська Ю.О., Бурлаченко Д.О. Успадкування стійкості проти збудника борошністої роси ячменю ярого (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) в F_1 та мінливість у F_2 в умовах Правобережного Лісостепу України. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 156–165.

Sabadyan V.Ja., Sydorova I.M., Kuman's'ka Ju.O., Burlachenko D.O. Uspadkuvannya stijkosti proty zbudnyka boroshnystoi' rosy jachmenju jarogo (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) v F_1 ta minlyvist' u F_2 v umovah Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrai'ny. Zbirknyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 156–165.

Рукопис отримано: 14.04.2021 р.

Прийнято: 29.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-156-165

Досліджено характер успадкування стійкості проти збудника борошністої роси (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) за реципрокних схрещувань генотипів ячменю ярого в F_1 і трансгресивну мінливість у популяціях F_2 . Успадкування ознаки стійкості проти збудника борошністої роси в F_1 , за гібридизації генотипів ячменю ярого з відомими генами стійкості у європейських сортів Eunova (mlo_{11}) та Barke (mlo_9), які знаходяться в хромосомі 1Н, відбувалась за позитивним наддомінуванням, а у сортів Aspen (mlo_{11}) і Adonis (mlo_9) – за частковим позитивним домінуванням. Встановлено вплив батьківських пар для гібридизації на показники ступеня фенотипового домінування, гіпотетичний та істинний гетерозис. За стійкістю проти збудника борошністої роси в F_1 спостерігали гетерозис (позитивне наддомінування) у п'яти гібридних комбінацій ($hp=1,1-1,9\%$): Barke/Бадьорий, Barke/Санктрум, Парнас/Ростенцій, Бадьорий/Barke і Eunova/Звершення. Гіпотетичний гетерозис (Ht) в F_1 спостерігали у 13 з 16 гібридів (від +2,8 до +97,6%). Позитивне значення істинного гетерозису (Htb) в F_1 відмічено у 15 гібридів з 16 (від +1,9 до +98,8%). На успадкування ознаки стійкості проти збудника борошністої роси у всіх досліджуваних гібридів мала вплив цитоплазма материнської рослини, крім гібрида Eunova/Triangel, де виявлено вплив ядерного апарату. Виявлено гібриди у популяції F_2 з високою стійкістю проти збудника борошністої роси, що перевищували батьківські компоненти, це вказує на значний формотворчий процес та можливість проведення доборів за досліджуваною ознакою. Ступінь позитивної трансгресії становив від 16,0 до 73,0% у гібридів Aspen/Skarlet, Adonis/Vanja, Barke/Бадьорий, Barke/Санктрум, Eunova/Triangel і Eunova/Звершення, де за материнську форму залучали високостійкі сорти. Виділено комбінації, у яких частоту трансгресії відмічали у понад 50,0% рослин, це гібриди: Eunova/Triangel, Barke/Санктрум, Eunova/Звершення, Парнас/Ростенцій і Barke/Бадьорий.

Ключові слова: ячмінь ярий, стійкість, борошніста роса, комбінації схрещування, успадкування, F_1 , істинний та гіпотетичний гетерозис, ступінь фенотипового домінування, F_2 , ступінь і частота трансгресій.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Одним з головних завдань у сільському господарстві є збільшення виробництва зерна сільськогосподарських культур. Однак однією з причин зниження продуктивності зернових культур є ураження хворобами. Стійкий сорт може стати важливим чинником у боротьбі з патогенами [1]. Адаптація вирощування таких сортів попереджає не лише недобір врожаю від

втрат, й знижує накопичення збудників хвороб у посівах зернових культур [2].

Створення стійких проти патогенів сортів потребує знань з генетики, імунології, сучасної селекції щодо закономірностей успадкування стійкості, виявлення стійких форм та встановлення їх донорських властивостей [3]. Незважаючи на класичні і новітні методи, у створенні стійких сортів і досі генетика імуні-

тету залишається складним завданням [4, 5]. Необхідно приділяти особливу увагу питанню добору вихідного матеріалу у селекції ячменю за стійкістю до біотичних чинників [6–10].

Найбільш шкодочинною листостебловою хворобою ячменю є борошниста роса (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* Marchal). Втрати урожаю, залежно від ступеня стійкості сортів, становлять 10–25 %, а в роки епіфітотій можуть зростати до 30–40 % [11]. Відомо понад 150 генів стійкості проти збудника борошнистої роси та встановлено їх хромосомну локалізацію [5, 12]. Унаслідок змін расового складу популяції патогена більшість генів втратили свою ефективність. Постійно з'являються нові раси з новими генами вірулентності завдяки появі нових генів стійкості у сучасних сортів, це підтверджує гіпотезу Флора “ген проти гена” [13–15]. Наразі найбільш ефективними за стійкістю проти збудника борошнистої роси є серія аельних генів mlo. Вони мають стійкість проти всіх рас, і не мають втратити її у майбутньому [16, 17].

На всіх етапах селекційна робота має будуватися відповідно до моделі сорту, що розробляється, виходячи з напряму використання сорту, агротехнічних та екологічних умов його майбутнього вирощування, що впливають на стабільність виробництва продукції [18, 19].

Важливо прогнозувати на ранніх етапах селекційного процесу, як успадковуються ознаки у гібридів різних комбінацій схрещування від батьківських компонентів [20]. Для швидкого оцінювання гібридного потомства найбільш широко використовують показник ступеня домінантності ознак, це є важливим не лише для визначення ступеня вираження ознак у гібридів порівняно з батьківськими сортами, а й установлення адитивної чи неадитивної дії генів [21].

Аналіз останніх досліджень свідчить, що успадкування ознаки стійкості у гібридів першого покоління ячменю ярого мають різні типи. І.М. Ниска та ін. [22] встановила мінливий характер успадкування в гібридних популяціях ячменю ярого стійкості до біотичних чинників за ступенем їх фенотипового домінування. Виявлення в наступних поколіннях стійких генотипів з подальшим індивідуальним доббором на провокаційному фоні дасть змогу створити стійкий вихідний матеріал для селекції ячменю ярого.

А.М. Звягінцева та ін. [23] встановила, що рівень прояву стійкості проти шкідливих організмів у першому поколінні не завжди відповідає їх прояву у батьківських компонентів. Отримані гібриди в F_1 були слабо сприйнятливими проти сітчастого гелмінтоспоріозу

листя, а в успадкуванні материнських або батьківських ефектів не виявлено. Визначено, що стійкість проти збудника гелмінтоспоріозних кореневих гнилей у F_1 успадковувалась переважно за батьківським компонентом.

Б.А. Баташевою та ін. [24] встановлено характер успадкування стійкості проти смугастої плямистості ячменю. Виявлено, що генетичний контроль стійкості у сорту Scarlett визначається алелями двох домінантних генів.

Встановлено характер прояву генетичного контролю та особливості успадкування стійкості проти бурої іржі, борошнистої роси та септоріозу Г.Г. Базалієм та ін. [25]. Виявлено, що селекційну цінність мають гібридні комбінації з домінантним моногенним контролем стійкості, а також з комплементарною та епістатичною взаємодіями домінантних генів.

Мета дослідження. За гібридизації сортів ячменю ярого з різним рівнем стійкості проти збудника борошнистої роси, вивчити в F_1 характер успадкування стійкості, виявити ступінь домінування та рівень гетерозису. У популяції F_2 ячменю ярого встановити трансгресивну мінливість.

Матеріал і методи дослідження. Упродовж 2018–2019 рр. в умовах дослідного поля НВЦ Білоцерківського НАУ досліджували 16 гібридних комбінацій F_1 та їх популяції в F_2 . Схрещування проводили за типом реципрокних, де кожен сорт використовували як материнську форму і запилювач. Для схрещувань використовували сорти з різним рівнем стійкості-сприйнятливості проти збудника борошнистої роси: Етикет, Парнас, Звершення, Колорит, Санктрум, Бадьорій (UKR), Ростенцій (RUS), Barke, Adonis, Skarlet (DEU), Eunova (AUT), Triangel (NLD) і Vanja (SWE).

Сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю проводили вручну. Розміщували ділянки розсадника F_{1-2} за схемою: материнська форма, гібрид, батьківська форма (запилювач). Упродовж вегетації проводили фенологічні спостереження. Згідно із загальноприйнятою методикою [26] стійкість рослин ячменю ярого проти збудника борошнистої роси оцінювали у фазі молочної стиглості на провокаційному фоні (висіваючи високо сприйнятливий сорт для накопичення і розповсюдження інфекції). Використовували 9-бальну шкалу, де: 9 балів – 0 % ураженого листка – дуже висока стійкість (імунітет); 8 балів – ураження до 5 % – висока стійкість; 7 балів – до 10 % – стійкість; 6 балів – до 15 % – слабка сприйнятливість; 5 балів – до 25 % – сприйнятливість. Оцінювали верхній ярус рослин ячменю ярого: перший (прапорцевий), другий і третій листки.

Для характеристики вологозабезпеченості для росту рослин ячменю ярого та впливу на інтенсивність розвитку збудника борошністої роси розраховували щомісячно гідротермічний коефіцієнт (ГТК) [27]. Використовували диференціацію показників ГТК: від 0,5 до 1,0 – засушливий чи сухий період; від 1,0 до 1,5 – нормальний; понад 1,5 – вологий, або надмірно вологий період. Кращим для розвитку збудників хвороб є показник ГТК від 1,0.

Ступінь фенотипового домінування в гібридних комбінаціях за досліджуваною ознакою розраховували за В. Griffing [28]. Дані групували, користуючись класифікацією G.M. Veil, R.E. Atkins [29]. Позитивне наддомінування (гетерозис) $hp > +1$; часткове позитивне домінування $+0,5 < hp \leq +1$; проміжне успадкування $-0,5 \leq hp \leq +0,5$; часткове від'ємне успадкування $-1 \leq hp < -0,5$; негативне наддомінування (депресія) $hp < -1$.

Прояв гіпотетичного (Ht) та істинного (Htb) гетерозису в гібридних комбінаціях F_1 визначали, користуючись вказівками D.F. Matzinger та ін. [30], S. Fonseca, F. Patterson [31]. У дослідженнях гіпотетичний гетерозис (Ht) показував перевищення прояву ознаки в F_1 над середнім значенням батьківських компонентів [32]. Гетерозис істинний (heterobeltiosis) (Htb) дав змогу виявити переважання прояву ознаки в F_1 порівняно з кращою батьківською формою [33]. Ступінь та частоту трансгресії кількісних ознак визначали за формулами, які запропонували Г.С. Воскресенська та В.І. Шпота [34]. Дослідження проводили згідно з методичними рекомендаціями Б.О. Доспехова [35], а математичне та статистичне оброблення проводили за допомогою програми Excel.

Результати дослідження та обговорення.

Чинники вологості та температури повітря у розвитку збудників хвороб мають вирішальне значення, тому визначали гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за квітень-липень. Показник ГТК вказує на рівень зволоження досліджуваного періоду та дає змогу зрозуміти, чи були

сприятливими умови для розвитку збудника хвороби і, відповідно, чи достовірно було оцінено сорти.

У 2018 р. ГТК в середньому за квітень–липень становив 0,74, що вказує на недостатнє зволоження (табл. 1). Розвиток збудника борошністої роси *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei Marchal.* був середнім завдяки провокаційному фону (ураження сприйнятливої сорту 30 %). Гібриди першого покоління та батьківські сорти мали різний рівень стійкості-сприйнятливості, що дало змогу оцінити досліджуваній матеріал ячменю ярого.

У 2019 р. показник ГТК у квітні, травні і червні перевищував одиницю, а в середньому за чотири місяці становив 1,13, що вказує на нормальний за рівнем зволоження період. Це сприяло розвитку збудника борошністої роси (ураження сприйнятливої сорту 50 %) і дало змогу достовірно оцінити популяцію другого покоління та батьківські сорти ячменю ярого.

Схрещування проводили за типом реципрокних між високостійкими і стійкими та слабо сприйнятливими і сприйнятливими сортами ячменю ярого. У дослідженнях використовували генотипи з відомими генами стійкості проти збудника борошністої роси у європейських сортів Eunova, Aspen – mlo₁₁ та у Adonis, Barke – mlo₉, які знаходяться у хромосомі 1Н [5]. В умовах Лісостепу України ці гени стійкості не втратили своєї ефективності дотепер [17].

У 2018 р. високу стійкість та стійкість (ураження 0,3–8,2 %) мали сорти ячменю ярого: Eunova, Adonis, Barke, Aspen, Парнас, Етикет і Звершення. Слабку сприйнятливості і сприйнятливості (ураження 14,1–24,3 %) мали сорти: Бадьорій, Triangel, Санктрум, Колорит, Vanja, Ростенцій і Skarlet (табл. 2).

За стійкістю проти збудника борошністої роси в F_1 , спостерігали гетерозис (позитивне наддомінування) у п'яти (31,25 %) гібридних комбінацій: Парнас/Ростенцій, Barke/Санктрум, Barke/Бадьорій, Бадьорій/Barke і Eunova/Звершення (рис. 1).

Таблиця 1 – Кількість опадів, температура повітря та ГТК за квітень–липень (за даними Білоцерківської метеостанції)

Місяці	2018 рік			2019 рік		
	Кількість опадів, мм	Температура повітря, °С	ГТК	Кількість опадів, мм	Температура повітря, °С	ГТК
Квітень	4,4	12,9	0,11	45,5	10,0	1,51
Травень	36,9	18,9	0,65	54,0	16,7	1,09
Червень	47,0	20,7	0,76	79,2	22,0	1,20
Липень	90,6	21,1	1,43	41,2	19,4	0,71
\bar{X}	44,7	18,4	0,74	55,0	17,0	1,13
Min	4,4	12,9	0,11	41,2	10,0	0,71
Max	90,6	21,1	1,43	79,2	22,0	1,51
R (max-min)	86,2	8,2	1,32	38,0	12,0	0,80

Таблиця 2 – Інтенсивність ураження збудником борошнистої роси батьківських компонентів та F₁ ячменю ярого, 2018 р.

Гібридна комбінація	Інтенсивність ураження збудником борошнистої роси, %			
	♀	♂	F ₁	
			Прямі	Зворотні
Eunova/Triangel	0,3±0,2	14,6±0,4	0,7±0,2	0,9±0,3
Eunova/Звершення	0,3±0,2	8,2±0,5	0,1±0,1	3,3±0,2
Adonis/Vanja	0,5±0,2	16,9±0,5	0,3±0,1	5,4±0,2
Varke/Санктрум	4,7±0,2	15,6±0,6	0,3±0,1	10,6±0,4
Varke/Бадьорий	4,7±0,2	14,1±0,4	0,3±0,2	3,3±0,2
Aspen/Skarlet	5,1±0,1	24,3±0,5	6,2±0,2	25,6±0,3
Парнас/Ростенцій	5,5±0,2	20,7±0,4	2,5±0,1	10,9±0,4
Етикет/Колорит	6,0±0,3	15,8±0,4	10,6±0,4	15,5±0,4

Рис. 1. Розподіл F₁ ячменю ярого за типами успадкування стійкості проти збудника борошнистої роси.

Часткове позитивне домінування мали п'ять (31,25 %) гібридних комбінацій: Eunova/Triangel (за прямого і зворотного схрещування), Звершення/Eunova, Aspen/Skarlet і Adonis/Vanja. Проміжне успадкування відмічено у чотирьох (25,0 %) гібридних комбінацій ячменю ярого, де за материнську форму використовували сорти Етикет, Ростенцій, Санктрум і Vanja. За однією гібридною комбінацією, що становило 6,25 %, мали часткове від'ємне успадкування і депресію за ознакою стійкості проти збудника борошнистої роси.

Максимальний ступінь фенотипового домінування ($hr > +1$) за ознакою стійкості проти збудника борошнистої роси виявили у F₁ ячменю ярого: Varke/Бадьорий ($hr = 1,9$ %) за прямого і ($hr = 1,3$ %) за зворотного схрещування; Varke/Санктрум ($hr = 1,8$ %); Парнас/Ростенцій ($hr = 1,4$ %) і Eunova/Звершення ($hr = 1,1$ %) (табл. 3).

Гіпотетичний гетерозис (Ht), що доводив перевищення прояву ознаки стійкості проти

збудника борошнистої роси в F₁ над середнім значенням батьківських компонентів спостерігали у 13 з 16 гібридів (від +2,8 до +97,6 %). Високі показники гіпотетичного гетерозису відмічено у гібридів Eunova/Звершення (Ht=97,6 % за прямого і Ht=22,4 % за зворотного схрещування), Varke/Санктрум (Ht=97,0 %), Varke/Бадьорий (Ht=96,9 % за прямого і Ht=65,4 % за зворотного схрещування), Adonis/Vanja (Ht=96,6 % за прямого і Ht=37,9 % за зворотного схрещування), Eunova/Triangel (Ht=90,6 % за прямого і Ht=87,9 % за зворотного схрещування). У гібридних комбінацій Skarlet/Aspen, Колорит/Етикет і Санктрум/Varke гіпотетичний гетерозис був негативним (від -2,8 до -74,1 %).

Позитивне значення істинного гетерозису (Htb), що дало змогу виявити перевагу прояву ознаки стійкості проти збудника борошнистої роси в F₁ порівняно з кращою батьківською формою, відмічено у 15 гібридів з 16 (від +1,9 до +98,8 %). Високі показники за прямого і

Таблиця 3 – Ступінь фенотипового домінування і гетерозис ознаки стійкості проти збудника борошністої роси в F₁ ячменю ярого, 2018 р.

Гібридна комбінація	Ступінь фенотипового домінування (hp)		Гетерозис, %			
			Гіпотетичний (Ht)		Істинний (Hbt)	
	Прямі	Зворотні	Прямі	Зворотні	Прямі	Зворотні
Eunova/Triangel	0,9	0,9	90,6	87,9	95,2	93,8
Eunova/Звершення	1,1	0,2	97,6	22,4	98,8	59,8
Adonis/Vanja	1,0	0,4	96,6	37,9	98,2	68,0
Barke/Санктрум	1,8	-0,1	97,0	-6,0	98,0	30,7
Barke/Бадьорій	1,9	1,3	96,9	65,4	97,9	77,1
Aspen/Skarlet	0,9	-1,1	57,8	-74,1	74,5	-5,3
Парнас/Ростенцій	1,4	0,3	80,9	16,8	87,9	47,3
Етикет/Колорит	0,1	-0,9	2,8	-42,2	32,9	1,9

зворотного схрещувань виявлено у гібридів Eunova/Звершення, Adonis/Vanja, Barke/Санктрум, Barke/Бадьорій, Eunova/Triangel Парнас/Ростенцій і Aspen/Skarlet.

Слід відмітити, що гетерозис і часткове позитивне домінування спостерігали у реципрокних гібридів Парнас/Ростенцій, Barke/Санктрум, Eunova/Звершення, Barke/Бадьорій Adonis/Vanja, коли за материнську форму використовували більш стійкий сорт.

У гібрида Етикет/Колорит спостерігали проміжне успадкування за прямого схрещування (hp=0,1), де за материнську форму використовували більш стійкий сорт і часткове від'ємне успадкування зворотного схрещування (hp=-0,9), де використовували сприйнятливий сорт за материнську форму.

У гібрида Aspen/Skarlet спостерігали часткове позитивне успадкування за прямого схрещування (hp=0,9), де за материнську форму використовували більш стійкий сорт, і депресію за зворотного схрещування (hp=-1,1), де за материнську форму використовували сприйнятливий сорт.

На успадкування ознаки стійкості проти збудника борошністої роси у вказаних вище гібридів мала вплив цитоплазма материнської

рослини, щоб отримати гетерозис за материнську форму слід брати сорти, які мають високу стійкість.

За прямого і зворотного схрещувань у гібридів Eunova/Triangel спостерігали аналогічні типи реакцій – часткове позитивне домінування (hp=0,9), це вказує на вплив ядерного апарату на успадкування ознаки стійкості проти збудника борошністої роси.

У реципрокних гібридів другого покоління в результаті розщеплення спостерігали появу трансгресивних форм у 8 з 16 гібридів, що свідчить про значний формотворчий процес і можливість проведення доборів за досліджуваною ознакою. Ступінь трансгресії показує максимальне значення ознаки стійкості проти збудника борошністої роси у гібрида до максимального значення ознаки у кращого батьківського компонента. У дослідженнях ступінь позитивної трансгресії становив від 16,0 до 73,0 % у гібридів Aspen/Skarlet (Tc=16,0 %), Adonis/Vanja (Tc=32,0 %), Barke/Бадьорій, Barke/Санктрум (Tc=42,0 %) і Eunova/Triangel, Eunova/Звершення (Tc=73,0 %), де за материнську форму використовували стійкий сорт (табл. 4).

Частота трансгресії вказує на число гібридних рослин, що переважають кращого батька

Таблиця 4 – Інтенсивність ураження батьківських компонентів та ступінь і частота трансгресій в F₂ за ознакою стійкості проти збудника борошністої роси ячменю ярого, 2019 р.

Гібридна комбінація	Інтенсивність ураження збудником борошністої роси, %		Трансгресія, %			
			Ступінь (Tc)		Частота (Tч)	
	♀	♂	Прямі	Зворотні	Прямі	Зворотні
Eunova/Triangel	3,7±0,5	17,7±0,5	73,0	18,0	80,7	14,7
Eunova/Звершення	3,7±0,5	9,9±0,35	73,0	-35,0	66,7	10,5
Adonis/Vanja	4,4±0,4	22,1±0,7	32,0	-127,0	42,5	0,0
Barke/Санктрум	5,2±0,1	18,5±0,6	42,0	-92,0	67,5	0,0
Barke/Бадьорій	5,2±0,1	18,9±0,5	42,0	-92,0	55,0	0,0
Aspen/Skarlet	6,0±0,2	28,9±0,5	16,0	-317,0	12,5	0,0
Парнас/Ростенцій	9,5±0,5	25,2±0,5	68,0	-5,0	66,7	16,7
Етикет/Колорит	7,0±0,4	19,2±0,5	-43,0	-114,0	3,8	0,0

за ознакою стійкості проти збудника борошнистої роси. У дослідженнях таких рослин було від 3,8 до 80,7 % в 11 комбінаціях із 16. Значний формотворчий процес за ознакою стійкості проти збудника борошнистої роси відмічено у більшості популяцій. Слід виділити комбінації у яких частоту трансгресії відмічали у понад 50,0 % рослин, це гібриди: Eupova/Triangel (Тч=80,7 %), Barke/Санктрум (Тч=67,5%), Eupova/Звершення, Парнас/Ростенцій (Тч=66,7 %) і Barke/Бадьорій (Тч=55,0 %), у яких за материнську форму залучали високо-стійкі та стійкі сорти.

Отже, за гібридизації батьківських компонентів ячменю ярого з різним рівнем стійкості проти збудника борошнистої роси вдалося значно розширити формотворчий процес і провести добори генотипів у F_2 , що поєднують високу стійкість в умовах Правобережного Лісостепу України.

Висновки. 1. Успадкування ознаки стійкості проти збудника борошнистої роси у європейських сортів Eupova (mlo_{11}) та Barke (mlo_9) відбувалося за позитивним наддомінуванням, а у сортів Aspen (mlo_{11}) і Adonis (mlo_9) – за частковим позитивним домінуванням.

2. На успадкування ознаки стійкості проти збудника борошнистої роси у реципрокних гібридів Eupova/Звершення, Adonis/Vanja, Barke/Санктрум, Barke/Бадьорій, Aspen/Skarlet і Парнас/Ростенцій мала вплив цитоплазма материнської рослини, щоб отримати гетерозис за материнську форму слід брати сорти, які мають високу стійкість.

3. Ступінь трансгресії у F_2 за ознакою стійкості проти збудника борошнистої роси становив від 16,0 до 73,0 % у гібридів: Aspen/Skarlet, Adonis/Vanja, Barke/Бадьорій, Barke/Санктрум, Eupova/Triangel і Eupova/Звершення.

4. Частоту трансгресії понад 50,0 % рослин у F_2 за ознакою стійкості проти збудника борошнистої роси відмічали у гібридів: Eupova/Triangel, Barke/Санктрум, Eupova/Звершення, Парнас/Ростенцій і Barke/Бадьорій.

Перспективою подальших досліджень є проведення доборів та оцінювання одержаних гібридів ячменю ярого за ознакою стійкості проти збудника борошнистої роси, для створення нового вихідного матеріалу з високим рівнем стійкості в умовах Правобережного Лісостепу України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Звягінцева А.М., Петренко В.П. Комбінаційна здатність вихідного матеріалу ячменю ярого за комплексом біологічних ознак в системі діалельних схрещувань. Селекція і насінництво. 2012. Вип. 102. С. 30–35.

2. Олейніков Є.С. Прогноз розвитку хвороб листя пшениці озимої. Вісник Харківського національного аграрного університету. Фітопатологія та ентомологія. 2017. № 1–2. С. 130–133. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_ento_2017_1-2_22

3. Бабушкіна Т.В., Петренкова В.П., Голік О.В. Успадкування стійкості до твердої сажки в F_1 і F_2 гібридів пшениці м'якої ярої. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2015. Вип. 19. С. 13–21.

4. Стійкість до борошнистої роси зразків *Triticum aestivum* L. 4th WWSRRN CIMMYT в умовах північно-східного Лісостепу України / Осъмачко О.М. та ін. Генетичні ресурси рослин. 2019. № 4. С. 74–88. DOI: <https://doi.org/10.36814/pgr.2019.24.06>

5. Dreiseitl A. Specific resistance of barley to powdery mildew, its use and beyond: a concise critical review. Plant Genetics and Genomics. A section of Genes. 2020. Vol. 11(9). 971 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes11090971>

6. Resistance to Fusarium head blight in spring barley / Chrpova J. et al. Czech Jour of Genetics and Plant Breeding 2011. Vol. 47 (2). P. 58–63.

7. Васько Н.І., Козаченко М.Р., Звягінцева А.М. Ячмін: методичні підходи та результати селекції на стійкість до основних хвороб та шкідників. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів: навч. посіб. / за ред. В.В. Кириченка, В.П. Петренкової. Харків. 2012. С. 129–137.

8. Холод С.М., Ільчов О.Г., Іллічов Ю.Г. Моніторинг стійкості колекційних зразків ячменю ярого до борошнистої роси. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2013. Вип. 17(1). С. 473–477. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb_2013_17%281%29_116

9. Заярна О.Ю. Оцінка стійкості сортів ярого ячменю до сажкових хвороб. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Фітопатологія та ентомологія. 2017. № 1–2. С. 165–168. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_ento_2017_1-2_29

10. Сабатин В.Я. Оценка сортов коллекции ячменя ярового по ценным хозяйственным признакам для селекции в центральной Лесостепи Украины. Генетичні ресурси рослин. 2020. № 26. С. 20–30. DOI: <https://doi.org/10.36814/pgr.2020.26.02>

11. Кузнецова Т.Е., Шевцов В.М., Васюков П.П. Селекция ярового ячменя на устойчивость к болезням. Эволюция научных технологий в растениеводстве: сб. науч. тр. Тритикале, ячмень, кукуруза. Краснодар, 2004. Т. 2. С. 144–152.

12. Dreiseitl A., Wang J. Virulence and diversity of *Blumeria graminis* f.sp. hordei in East China. European Journal of Plant Pathology, 01 Apr 2007. 117(4). P. 357–368. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-007-9104-1>

13. Лісовий М.П., Кононенко Ю.М. Поліморфізм вірулентності збудника борошнистої роси ячменю в центральному Лісостепу України. Вісник аграрної науки. 2007. № 4. С. 15–18.

14. Genetic Diversity of *Blumeria graminis* f. sp. hordei in Central Europe and Its Comparison with Australian Population / Komínková E. et al. PLoS One. Published 2016 Nov 22. 2016. 11(11). e0167099. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167099>.

15. Zeybek A. Barley Powdery Mildew (*Erysiphe graminis* DC F. Sp. *Hordei marchal*) in the Aegan Region.

Turkish Journal Of Field Crops 16. 2011. P. 39–42 URL: <https://dergipark.org.tr/pub/tjfc/issue/17126/179130>.

16. Лісовий М.П., Кононенко Ю.М. Історичні етапи розвитку досліджень поліморфізму популяцій збудника борошністої роси ярого ячменю. Захист і карантин рослин. 2006. Вип. 52. С. 49–63.

17. Сабадин В.Я. Джерела цінних господарських ознак сортів колекції ячменю ярого для селекції у центральному Лісостепу України. Агробіологія. 2019. Вип. (2). С. 33–42. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2019-153-2-33-42>.

18. Селекція ячменю ярого на підвищення продуктивного та адаптивного потенціалу / Гудзенко В.М. та ін. Селекція і насінництво. 2017. Вип. 111. С. 51–61. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas_2017_111_7

19. Tavares L., Carvalho C., Bassoi M. Adaptability and stability as selection criterion for wheat cultivars in Paraná State. Ciências Agrárias. Londrina. 2015. Vol. 36. № 5. P. 2933–2942. DOI: <https://doi.org/10.5433/16790359.2015v36n5p2933>

20. Донцова А.А. Изучение закономерностей наследования хозяйственно-ценных признаков гибридами F₁ и F₂ ярового ячменя в условиях Ростовской области. Молодієж і наука, 2015. № 1. С. 1–7.

21. Компанець К.В., Козаченко М.Р. Успадкування продуктивності та її структурних елементів у F₁ гібридів ячменю ярого. Генетичні ресурси рослин. 2017. № 20. С. 43–55.

22. Ниска І.М., Петренко В.П. Успадкування гібридами F₁ ячменю ярого стійкості до біотичних чинників та окремих елементів продуктивності. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2018. № 1(71). URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_1_25

23. Звягінцева А.М. Селекційно-генетичні особливості стійкості ячменю ярого до комплексу біотичних чинників у східній частині Лісостепу України: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.05. Харків, 2013. 200 с.

24. Характер развития и наследования полосатой пятнистости листьев ячменя в условиях южного Дагестана / Баташева Б.А. и др. Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2 (38) С. 21–24. DOI: <https://doi.org/10.15217/issn2079-0996.2019.2.21>

25. Успадкування стійкості до фітопатогенів гібридами пшениці м'якої озимої в умовах зрошення півдня України / Базалій Г.Г. та ін. Аграрні інновації. 2020. № 2. С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.2.1>

26. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ / Баба-янц Л. и др. Прага. 1988. 321 с.

27. Методики випробування і застосування пестицидів / Трибель С.О. та ін.; за ред. С.О. Трибеля. К.: Світ, 2001. 448 с.

28. Griffing V. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. Genetics. 1950. Vol. 35. P. 303–321.

29. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. Iowa State Journal. 1965. № 39. 3 p.

30. Matzinger D.F., Mannand T.J., Cockerham C.C. Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. Crop Science. 1962. Vol. 2. P. 238–286.

31. Fonseca S., Patterson F.L. Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Science. 1968. Vol. 8, № 1. P. 85–88.

32. Мазер К., Джинкс Д. Биометрическая генетика. М.: Мир, 1985. 463 с.

33. Singh H., Sharma S.N., Sain R.S. Heterosis studies for yield and its components in bread wheat over environments. Hereditas. 2004. Vol. 141. P. 106–114.

34. Воскресенская Г.С., Шпога В.И. Трангрессия признаков Brassica и методика количественного учета этого явления. Доклады ВАСХНИЛ. 1967. № 7. С. 18–20.

35. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

REFERENCES

1. Zviahintseva, A.M., Petrenkova, V.P. (2012). Kombinatsiina zdatnist vykhidnoho materialu yachmeniu yaroho za kompleksom biolohichnykh oznak v systemi dialelnykh skhreshchuvan [The combination capacity of the source material of the Yarogo barley according to the complex of biological signs in the system of dialleth crosses]. Seleksiia i nasinnnytstvo [Selection and seeding]. Vol. 102, pp. 30–35.

2. Oleinikov, Ye. S. (2017). Prohnoz rozvytku khvorob lystia pshenytsi ozymoi [Forecast of diseases of winter wheat leaves]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Fitopatolohiia ta entomolohiia [The Bulletin of Kharkiv national agrarian university. Phytopathology and Entomology], no. 1–2. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_ento_2017_1-2_22

3. Babushkina, T.V., Petrenkova, V.P., Golik, O.V. (2015). Uspadkuvannia stiikosti do tvrdoei sazhky v F₁ i F₂ hibrydiv pshenytsi miakoi yaroi [Inheritance of resistance to head smut in F₁ and F₂ of bread spring wheat hybrids]. Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti [Bulletin of the CNS APV Kharkiv region]. Vol. 19, pp. 13–21.

4. Osmachko, O.M., Vlasenko, V.A., Bakumenko, O.M., Tao, Ye, Oshomok, T.V. (2019). Stiikist do boroshnostoi rosy zrazkiv Triticum Aestivum L. 4th WWSRRN CIMMYT v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of CIMMYT'S Triticum Aestivum L. accessions from the 4 th WWSRRN for resistance to powdery mildew in the northeastern forest steppe of Ukraine]. Henetychni resursy roslyn [Genetic resources of plants], no. 4, pp. 74–88. Available at: <https://doi.org/10.36814/pgr.2019.24.06>

5. Dreiseitl, A. (2020). Specific resistance of barley to powdery mildew, its use and beyond: a concise critical review. Plant Genetics and Genomics. A section of Genes. Vol. 11(9), 971 p. Available at: <https://doi.org/10.3390/genes11090971>

6. Chrpova, J., Šip, V., Štočkova, L., Stemberkova, L., Tvarůžek, L. (2011). Resistance to Fusarium head blight in spring barley. Czech Jour of Genetics and Plant Breeding. Vol. 47(2), pp. 58–63.

7. Vasko, N.I., Kozachenko, M.R., Zvyagintseva, A.N. (2012). Yachmin: metodychni pidkhody ta rezultaty selektsii na stiikist do osnov-nykh khvorob ta shkidnykiv. Osnovy selektsii polovykh kultur na stiikist do shkidlyvykh orhanizmiv [Barley: methodjlgical approaches and results of breeding for resistance to major diseases and pests. Breeding principles of field crops for resistance to hazardous organisms]. Kharkiv, pp. 129–137.

8. Holod, S., Ilyichev, O., Illichev, Ju. (2013). Monitoryng stiičnosti kolektsiinykh zrazkiv yachmeniu yaroho do boroshnystoi rosy [Monitor the sustainability of collection spring barley to powdery mildew]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv* [Scientific works of the Institute of Bioenergy Cultures and Sugar Beet]. Vol. 17(1), pp. 473–477. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb_2013_17%281%29_116
9. Zayarnaya, O.Yu. (2017). Otsinka stiičnosti sortiv yaroho yachmeniu do sazhkovykh khvorob [Evaluation of the resistance of cultivars of spring barley to smuts diseases]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu im. V.V. Dokuchaieva. Fitopatolohiia ta entomolohiia* [Bulletin of the Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev. Phytopathology and Entomology], no. 1–2, pp. 165–168. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnu_ento_2017_1-2_29
10. Sabadyn, V.Ya. (2020). Otsenka sortov kolektsii yachmenya yarovogo po tsennym hozyaystvennym priznakam dlya selektsii v tsentralnoy Lesostepi Ukrainyi [Evaluation of collection spring barley varieties for valuable economic features for breeding in the central forest-steppe of Ukraine]. *Henetychni resursy roslyn* [Genetic resources of plants], no. 26, pp. 20–30. Available at: <https://doi.org/10.36814/pgr.2020.26.02>
11. Kuznetcova, T.E., Shevtcov, V.M., Vasiukov, P.P. (2004). Selekcii iarovogo yachmenia na ustoichivost k bolezniam [Selection of spring barley for disease resistance]. *Evolutsiia nauchnykh tekhnologii v rastenievodstve: sb. nauch. tr. Triticale, iachmen, kukuruza* [Evolution of scientific technologies in crop production: Sat. scientific tr. in honor of the 90th anniversary of the formation of the Scientific Research Institute. PP Lukyanenko: in 4 t. Triticale, barley, corn]. Krasnodar, Vol. 2, pp. 144–152.
12. Dreiseitl, A., Wang, J. (2007). Virulence and diversity of *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* in East China. *European Journal of Plant Pathology*, 01 Apr 2007. 117(4), pp. 357–368. Available at: doi.org/10.1007/s10658-007-9104-1
13. Lisovyi, M.P., Kononenko, Yu.M. (2007). Polimorfizm virulentnosti zbudnyka boroshnystoi roly yachmeniu v tsentralnomu Lisostepi Ukrainyi [Virulence polymorphism of causative agent of barley powder in the central forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], no. 4, pp. 15–18.
14. Komínková, E., Dreiseitl, A., Malečková, E., Doležel, J., Valárik, M. (2016). Genetic Diversity of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* in Central Europe and Its Comparison with Australian Population. *PLoS One*. Published 2016 Nov 22. 11(11), e0167099. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167099>
15. Zeybek, A. (2011). Barley Powdery Mildew (*Erysiphe graminis* DC F. Sp. *Hordei marchal*) in the Aegan Region. *Turkish journal of field crops* 16 (2011). pp. 39–42. Available at: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjfc/issue/17126/179130>.
16. Lisovyi, M.P., Kononenko, Yu.M. (2006). Istorychni etapy rozvytku doslidzhen polimorfizmu populatsii zbudnyka boroshnystoi rosy yaroho yachmeniu [Historical stages of development of polymorphism studies of populations of cauliflower cauliflower]. *Zakhyst i karantyn roslyn* [Plant protection and quarantine]. Vol. 52, pp. 49–63.
17. Sabadyn, V.Ya. (2019). Dzherela tsinnykh hospodarskykh oznak sortiv kolektsii yachmeniu yaroho dlia selektsii u tsentralnomu Lisostepi Ukrainyi [Sources of valuable crop features of spring barley varieties for breeding in the central forest-steppe of Ukraine]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology]. Vol. 2, pp. 33–42. Available at: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2019-153-2-33-42>.
18. Hudzenko, V.M., Vasylykivskiy, S.P., Demydov, O.A., Polishchuk, T.P., Babiy, O.O. (2017). Selekcii i yachmeniu yaroho na pidvyshchennia produktyvnoho ta adaptivnoho potentsialu [Spring barley breeding for increase in productive and adaptive capacities]. *Selekcii i nasinnystvo* [Selection and seeding]. Vol. 111, pp. 51–61. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas_2017_111_7
19. Tavares, L., Carvalho, C., Bassoi, M. (2015). Adaptability and stability as selection criterion for wheat cultivars in Paraná State. *Ciências Agrárias, Londrina*. Vol. 36, no. 5, pp. 2933–2942. Available at: <https://doi.org/10.5433/16790359.2015v36n5p2933>
20. Dontsova, A.A. (2015). Izuchenie zakonomernostey nasledovaniya hozyaystvenno-tsennyykh priznakov gibridami F_1 i F_2 yarovogo yachmenya v usloviyakh Rostovskoy oblasti [Investigation of inheritance patterns of economically valuable traits in F_1 and F_2 spring barley hybrids in the Rostov region]. *Molodezh i Nauka* [Youth and science]. Vol. 1, pp. 1–7.
21. Kompanets, Ye.V., Kozachenko, M.R. (2017). Uspadkuvannya produktyvnosti ta i'i' strukturnykh elementiv u F_1 gibrydiv yachmenju jarogo [Inheritance of performance and its structural components in F_1 spring barley hybrids]. *Henetychni resursy roslyn* [Genetic resources of plants], no. 20, pp. 43–55
22. Nyska, I.M., Petrenkova, V.P. (2018). Uspadkuvannya hibrydamy F_1 yachmeniu yaroho stiičnosti do biotychnykh chynnykiv ta okremykh elementiv produktyvnosti [Inheritance of resistance to biotic factors and individual performance components by F_1 spring barley hybrids]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainyi* [Scientific reports of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]. Vol. 1(71). Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_1_25
23. Zviahintseva, A.M. (2013). Selekcijno-genetychni osoblyvosti stiičnosti yachmenyu yarogo do kompleksu biotychnykh chynnykiv u sxidnij chastyni Lisostepi Ukrayiny [Breeding-genetic peculiarities of resistance of barley to a set of biotic factors in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Kharkov*, 200 p.
24. Batasheva, B.A., Ibisheva, V.I., Abdullaev, R.A., Kovaleva, O.N., Zveynek, I.A., Radchenko, E.E. (2019). Charakter razvitiya i nasledovaniya polosatoy pyatnistosti listev yachmenya v usloviyakh yuzhnogo Dagestana [The nature of the development and inheritance of the striped spottedness of the barley leaves in the conditions of South Dagestan]. *Problemy razvitiya APK regiona* [Problems of development of the AIC of the region]. Vol. 2 (38), pp. 21–24. Available at: <https://doi.org/10.15217/issn2079-0996.2019.2.21>
25. Bazaliy, G.G., Usyk, L.O., Zhupina, A.Yu., Lavrynenko, Yu.O. (2020). Uspadkuvannya stiičnosti do fitopatoheni hibrydamy pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh zroshennia pivdnia Ukrainyi [Inheritance of resistance to phytopathogens by hybrids of soft winter wheat in the conditions of irrigation of the south of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii* [Agrarian innovations], no. 2, pp. 5–11. Available at: <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2020.2.1>

26. Babaiants, L., Meshterkhazy, A., Vekhter, O. (1988). Metodyi selektsii i otsenki ustoychivosti pshenitsyi i yachmenya k boleznyam v stranah-chlenah SEV [Methods for breeding and assessing the resistance of wheat and barley to diseases in CMEA Member States]. Praha, 321 p.

27. Trybel, S.O., Siharova, D.D., Sekun, M.P., Ivashchenko, O.O. (2001). Metodyky vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv [Test methods and application of pesticides]. Kyiv, World, 448 p.

28. Griffing, B. (1950). Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. Genetics. Vol. 35, pp. 303–321.

29. Beil, G.M., Atkins, R.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. Iowa State Journal. no. 39, 3 p.

30. Matzinger, D.F., Mannand, T.J., Cockerham, C.C. (1962). Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. Crop Science. Vol. 2, pp. 238–286.

31. Fonseca, S., Patterson, F.L. (1968). Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Science. Vol. 8, no. 1, pp. 85–88.

32. Mazer, K., Dzinks, D. (1985). Biometricheskaya genetika [Biometric genetics]. Moscow, World, 463 p.

33. Singh, H., Sharma, S.N., Sain, R.S. (2004). Heterosis studies for yield and its components in bread wheat over environments. Hereditas. Vol. 141, pp. 106–114.

34. Voskresenskaya, G.S., Shpota, V.I. (1967). Transgressiya priznakov Brassica i metodika kolichestvennogo ucheta etogo yavleniya [Transgression of signs of Brassica and the method of quantitative accounting of this phenomenon]. Doklady VASHNIL [Reports Vaschnil], no. 7, pp. 18–20.

35. Dospexov, B.A. (1985). Metody'ka polevogo opyta (s osnovamy'staty'sty'cheskoj obrabotky' rezul'tatov y'ssledovany'j) [Methodology of field experiment (with bases of statistical processing of research results)]. Moscow, Agropromydat, 351 p.

Наследование устойчивости к возбудителю мучнистой росы ячменя ярового (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) в F₁ и изменчивость в F₂ в условиях Правобережной Лесостепи Украины

Сабадин В.Я., Сидорова И.М., Куманская Ю.А., Бурлаченко Д.А.

Исследован характер наследования устойчивости к мучнистой росе (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) при реципрокных скрещиваниях генотипов ячменя ярового в F₁ и трансгрессивная изменчивость в популяциях F₂. Наследование признака устойчивости к мучнистой росе в F₁, при гибридизации генотипов ячменя ярового с известными генами устойчивости к мучнистой росе в европейских сортов Eunova (mlo₁₁) и Barke (mlo₉), которые находятся в хромосоме 1Н, происходило по положительному сверхдоминированию, а у сортов Aspen (mlo₁₁) и Adonis (mlo₉) – по частичному положительному доминированию. Установлено влияние родительских пар для гибридизации на показатели степени фенотипического доминирования, гипотетический и истинный гетерозис. По устойчивости

к мучнистой росе в F₁ наблюдали гетерозис (положительное сверхдоминирование) в пяти гибридных комбинаций (hp = 1,1–1,9 %): Barke / Бадёрый, Barke / Санктрум, Парнас / Ростенций, Бадёрый / Barke и Eunova / Звершения. Гипотетический гетерозис (Ht) в F₁ наблюдали в 13 из 16 гибридов (от +2,8 до +97,6 %). Положительное значение истинного гетерозиса (Htb) в F₁ отмечено в 15 гибридов с 16 (от +1,9 до +98,8 %). На наследование признака устойчивости к мучнистой росе во всех исследуемых гибридов имела влияние цитоплазма материнского растения, кроме гибрида Eunova / Triangel, где выявлено влияние ядерного аппарата. Выявлены гибриды в популяции F₂ с высокой устойчивостью к мучнистой росе, превышающие родительские компоненты, это указывает на значительный формотворческий процесс и возможность проведения отборов по исследуемому признаку. Степень положительной трансгрессии составляла от 16,0 до 73,0 % у гибридов Aspen / Skarlet, Adonis / Vanja, Barke / Бадёрый, Barke / Санктрум, Eunova / Triangel и Eunova / Звершения, где как материнскую форму привлекали высокоустойчивые сорта. Выделены комбинации, в которых частоту трансгрессии отмечали более чем у 50,0 % растений, это гибриды: Eunova / Triangel, Barke / Санктрум, Eunova / Звершения, Парнас / Ростенций и Barke / Бадёрый.

Ключевые слова: ячмень, устойчивость, мучнистая роса, комбинации скрещивания, наследование, F₁, истинный и гипотетический гетерозис, степень фенотипического доминирования, F₂, степень и частота трансгрессий.

Inheritance of resistance of spring barley to *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* in F₁ and variability in F₂ in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Sabadyn V., Sydorova I., Kumanska Yu., Burlachenko D.

The nature of the inheritance of resistance to *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* in the crosses of genotypes of spring barley in F₁ and transgressive variability in F₂ populations are investigated. Inheritance of the trait of resistance to *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* in F₁, by hybridization of genotypes of spring barley with known genes of resistance to *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* in European varieties Eunova (mlo₁₁) and Barke (mlo₉), which are located on chromosome 1Н, was positively dominated. Inheritance of the F₁ trait in Aspen (mlo₁₁) and Adonis (mlo₉) cultivars was partially positive. The influence of parental pairs for hybridization on the indicators of the degree of phenotypic dominance, hypothetical and true heterosis was established. Resistance to *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* in F₁ hybrids was observed heterosis (positive dominance) in five hybrid combinations (hp = 1.1–1.9 %): Barke/Badoryi, Barke/Sanktrum, Parnas/Rostentsii, Badoryi/Barke, Eunova/Zvershennia. Hypothetical heterosis (Ht) in F₁ was observed in 13 of 16 hybrids (from +2.8 % to +97.6 %). A positive value of true heterosis (Htb) in F₁ was observed in 15 hybrids out of 16 (from +1.9 % to +98.8 %). Inheritance of the trait of resistance to *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* in all studied hybrids was influenced by the cytoplasm of the mother plant, except for the hybrid Eunova / Triangel, where the influence of the nuclear apparatus was detected. Hybrids were found in the F₂ population with high resistance to *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*, which exceeded the parental com-

ponents, which indicates a significant shaping process and the possibility of selection on the basis of the studied trait. The degree of positive transgression ranged from 16.0 % to 73.0 % in hybrids Aspen / Skarlet, Adonis / Vanja, Barke / Badoryi, Barke / Sanktrum, Eunova / Triangel and Eunova / Zvershennia, where highly resistant varieties were used for the mother form. The combinations in which the frequency

of transgression was observed in more than 50.0 % of plants are hybrids: Eunova / Triangel, Barke / Sanktrum, Eunova / Zvershennia, Parnas / Rostentsii and Barke / Badoryi.

Key words: spring barley, resistance, *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*, combinations of crossing, inheritance, F_1 , true and hypothetical heterosis, degree of phenotypic dominance, F_2 , degree and frequency of transgressions.



Copyright: Сабадин В.Я. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Сабадин В.Я.
Сидорова І.М.
Куманська Ю.О.

<https://orcid.org/0000-0002-8397-8973>
<https://orcid.org/0000-0002-0224-2981>
<https://orcid.org/0000-0001-5945-5737>

УДК 636.652/654:631.531.048

Тривалість вегетації та продуктивність сортів квасолі звичайної в умовах південної частини Лісостепу західного

Чинчик О.С.¹, Оліфірович С.Й.¹, Оліфірович В.О.²

¹ Подільський державний аграрно-технічний університет

² Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція ІСГКР НААН

✉ Чинчик О.С. E-mail: chinchik1978@gmail.com



Чинчик О.С., Оліфірович С.Й., Оліфірович В.О. Тривалість вегетації та продуктивність сортів квасолі звичайної в умовах південної частини Лісостепу західного. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 166–172.

Chynchuk O.S., Olifirovych S.J., Olifirovych V.O. Tryvalist' vegetacii' ta produktivnist' sortiv kvasoli zvyčajnoi' v umovah pівdennoi' chastyny Lisostepu zahidnogo.. Zbiryk naukovykh prac' «Агробіологія», 2021. no. 1, pp. 166–172.

Рукопис отримано: 25.02.2021 р.

Прийнято: 12.03.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-166-172

Промислове вирощування квасолі обумовлене економічною та агрономічною привабливістю цієї культури. Водночас серед основних складових технології, які визначають зростання ефективності виробництва квасолі, велике значення має підбір сортів. Максимальний рівень реалізації потенціалу сортів значною мірою залежить від тривалості міжфазних та вегетаційного періодів квасолі звичайної. Метою досліджень було вивчення тривалості вегетаційного періоду та зернової продуктивності квасолі звичайної залежно від сортових особливостей та інокуляції насіння.

За результатами досліджень встановлено, що на контролі (сорт квасолі Буковинка без інокуляції насіння) тривалість вегетаційного періоду становила 87 діб. Коротшим вегетаційний період був у сортів Галактика та Славія – 80 та 84 доби відповідно. Довшим, порівнюючи з контрольним сортом Буковинка, був вегетаційний період у сортів Ната та Отрада – 89 та 92 доби відповідно. А найдовший вегетаційний період на контрольному варіанті удобрення був у сорту Рось – 94 доби. Інокуляція насіння Ризоактивом подовжувала тривалість вегетаційного періоду сорту квасолі Славія на одну добу, Буковинка, Рось, Ната – на дві доби, Отрада – на три доби.

Урожайність – найбільш важлива властивість сорту. У дослідженнях урожайність квасолі зростає від 0,65 до 2,87 т/га залежно від погодних умов року вирощування, сортових особливостей та передпосівної інокуляції насіння. Вищий приріст врожайності зерна від інокуляції насіння одержали у більш сприятливому за зволоженням 2018 році. Так, найбільший приріст урожайності зерна від використання Ризоактиву забезпечили сорти Галактика (0,14 т/га, або 5,7 %), Рось (0,15 т/га, або 5,5 %) та Отрада (0,22 т/га, або 7,7 %). В середньому за результатами проведених у 2018–2020 рр. досліджень встановлено, що інокуляція насіння квасолі Ризоактивом залежно від сорту забезпечила приріст врожайності зерна від 2,4 до 6,7 %. За три роки досліджень максимальний рівень урожайності насіння був у сорту Отрада – 2,60 т/га, дещо нижчий у сорту Ната – 2,50 т/га та Рось – 2,40 т/га за оброблення насіння бактеріальним препаратом Ризоактив.

Ключові слова: квасоля звичайна, сорт, вегетаційний період, Ризоактив, урожайність зерна.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Враховуючи мінливість аграрного ринку, господарники знаходяться в постійному пошуку привабливих напрямів діяльності. Одним із таких напрямів є вирощування квасолі. Передумовою цього є зростаючий попит вітчизняної консервної промисловості на світовому ринку. Промислове вирощування

квасолі обумовлене економічною та агрономічною привабливістю [1]. Водночас серед основних складових технології, які визначають зростання ефективності виробництва квасолі, велике значення має підбір сортів [2, 3]. Максимальний рівень реалізації потенціалу сортів квасолі звичайної відмічено за внесення низьких та середніх норм азотних на фоні

фосфорно-калійних добрив у комплексній взаємодії з передпосівним обробленням насіння Ризоактивом [4]. Сортові особливості квасолі також впливають на утворення і функціонування бобово-ризобіальних систем упродовж вегетації. Продуктивність рослин визначається генетичною програмою, ступінь реалізації якої у фенотипі значною мірою зумовлений впливом зовнішніх чинників, головним з яких для квасолі є наявність активних вірулентних та конкурентоспроможних штамів бульбочкових бактерій. Між азотфіксувальною здатністю і продуктивністю симбіотичних систем квасолі існує пряма залежність. У цьому зв'язку можна констатувати, що комплементарна взаємодія рослини-господаря і мікросимбіонта підвищує активність процесів обміну речовин і зумовлює підвищення продуктивності зазначених систем [5].

Веgetаційний період у квасолі звичайної має різну тривалість і становить від 80 до 120 і більше діб [6]. Період вегетації квасолі звичайної значною мірою залежить від гідротермічних умов довкілля [7]. В умовах Лівобережного Лісостепу України мінімальна тривалість вегетаційного періоду в 2003 році становила 74 доби, максимальна – 107 діб, у 2004 році – відповідно 67 та 98 діб, у 2005 році – 71 і 99 діб [8]. Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів квасолі звичайної залежить від сортових особливостей, гідротермічних умов, тривалості світлового дня та ін. [9, 10, 11, 12]. Проведеними дослідженнями встановлено, що тривалість вегетаційного періоду квасолі звичайної більшою мірою залежить від періоду сходи – технічна стиглість ($13,095,0 \pm \pm \tau \tau S$) і сходи цвітіння ($23,076,0 \pm \pm \tau \tau S$) [13]. Суттєвий вплив на ріст і розвиток середньостиглих сортів квасолі звичайної в умовах Закарпаття мали як сортові особливості, так і мінеральні добрива та інокуляція насіння [14]. Зі збільшенням густоти рослин, як за широкорядного, так і за звичайного рядкового способів сівби, на сортах квасолі звичайної Мавка та Надія відмічено подовження тривалості вегетаційного періоду на одну – дві доби [15]. Поєднання коротких міжфазних періодів з високою зерновою продуктивністю забезпечують високі та стабільні врожайні квасолі звичайної [16].

Мета дослідження – встановити тривалість вегетаційного періоду та зернову продуктивність квасолі звичайної залежно від сортових особливостей та інокуляції насіння.

Матеріал і методи дослідження. Дослід складали у селекційній сівоzміні Буковинської державної сільськогосподарської дослід-

ної станції ІСГКР НААН. Ґрунт дослідного поля – чорнозем лучний опідзолений важко-суглинковий. Дослідна ділянка має такі агрохімічні показники (в шарі ґрунту 0–30 см): вміст гумусу – 3,91 %; рН – 6,1; рухомого фосфору – 110 мг/кг ґрунту; обмінного калію – 195 мг/кг ґрунту.

Передпосівне інокулювання насіння Ризоактивом проводили в день сівби з розрахунку 1 л препарату на 1 т насіння квасолі. Для оброблення насіння препарат суспендували у дистильованій воді (кількість води становила 1–1,5 % від маси насіння). Препарат вносили у розраховану кількість води, ретельно перемішували і відразу проводили бактеризацію насіння. Оброблене насіння захищали від попадання прямого сонячного проміння. Насіння у контрольному варіанті обробляли дистильованою водою. Дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих сучасних методик в рослинництві [17, 18].

Результати дослідження та обговорення. Відомо, що ріст і розвиток рослин різних сортів квасолі упродовж вегетаційного періоду проходить неодноразово, спостерігаються певні відмінності у настанні основних фаз [19, 20]. У дослідженнях тривалість етапів органогенезу квасолі звичайної також залежала від умов вирощування та сортових особливостей. Так, на контролі (сорт квасолі Буковинка без інокуляції насіння) період «сівба – сходи» тривав 11 діб. Через 11 діб на ділянках без удобрення також з'явилися сходи у інших сортів квасолі звичайної. Інокуляція насіння Ризоактивом також не вплинула на тривалість періоду «сівба – сходи» досліджуваних сортів квасолі звичайної. Від повних сходів до початку цвітіння сортом квасолі Буковинка, Отрада та Ната на варіанті без інокуляції насіння потрібно було 36 діб. У сорту Галактика цей показник був на 4 доби, а у сорту Славія – на 2 доби коротшим, ніж на контролі. А найдовше (38 діб) цей період тривав у сорту Рось. У сортів Буковинка, Рось, Отрада та Ната оброблення насіння Ризоактивом подовжувало тривалість періоду від повних сходів до цвітіння на одну добу (табл. 1).

Відомо [21], що початок фази цвітіння певною мірою характеризує продуктивність рослин. За однакової швидкості кращими є сорти з тривалим періодом «сходи – цвітіння» і коротким періодом цвітіння, утворення і формування бобів [21]. З досліджуваних сортів квасолі більш тривалим періодом «сходи – цвітіння» характеризувалися сорти Буковинка, Рось, Отрада та Ната. Однак сам період цвітіння найкоротшим був у сортів Славія (25 діб),

Таблиця 1 – Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів рослин квасолі залежно від сорту та інокуляції насіння (середнє за 2018-2020 рр.)

Сорт	Тривалість фенологічної фази, діб				Тривалість вегетації, діб
	сівба – повні сходи	повні сходи – початок цвітіння	початок цвітіння – кінець цвітіння	кінець цвітіння – повна стиглість	
Без оброблення насіння					
Буковинка	11	36	27	24	87
Галактика	11	32	26	22	80
Славія	11	34	25	25	84
Рось	11	38	29	27	94
Отрада	11	36	29	27	92
Ната	11	36	26	27	89
Ризоактив					
Буковинка	11	37	27	25	89
Галактика	11	32	26	22	80
Славія	11	34	26	25	85
Рось	11	38	30	28	96
Отрада	11	37	30	28	95
Ната	11	37	26	28	91

Галактика та Ната (26 діб). Найдовшим період цвітіння був у сорту Рось та Отрада і становив 29 діб. Оброблення насіння Ризоактивом подовжувало тривалість періоду «початок цвітіння – кінець цвітіння» у сортів Славія та Отрада на одну добу.

Тривалість періоду від закінчення цвітіння до повної стиглості у сорту квасолі Галактика на варіанті без інокуляції насіння була найкоротшою у досліді і становила 22 доби. У сортів Буковинка та Славія тривалість цього періоду становила 24 та 25 діб відповідно. А найдовшою тривалість періоду «кінець цвітіння – повна стиглість» була у сортів Отрада, Рось та Ната і становила 27 діб.

За результатами досліджень встановлено, що на контролі (сорт квасолі Буковинка без інокуляції насіння) тривалість вегетаційного періоду становила 87 діб. Коротшим вегетаційний період був у сортів Галактика та Славія – 80 та 84 доби відповідно. Довшим, порівнюючи з контрольним сортом Буковинка, був вегетаційний період у сортів Ната та Отрада – 89 та 92 доби відповідно. А найдовший вегетаційний період на контрольному варіанті удобрення був у сорту Рось – 94 доби. Інокуляція насіння Ризоактивом подовжувала тривалість вегетаційного періоду сорту квасолі Славія на одну добу, Буковинка, Рось, Ната – на дві доби, Отрада – на три доби.

Урожайність – найбільш важлива властивість сорту. У дослідженнях урожайність квасолі зростає від 0,65 до 2,87 т/га залежно від погодних умов року вирощування, сортових особливостей та передпосівної інокуляції насіння. Так, у 2018 р. на контролі сорт Буковинка сформував урожайність зерна 2,46 т/га. Менш

продуктивними виявилися сорти Галактика та Славія, які сформували урожайність зерна 2,33 та 2,28 т/га. А найвищий рівень врожайності зерна квасолі забезпечили сорти Отрада (2,87 т/га), Ната (2,79 т/га) та Рось (2,74 т/га). У 2019 р. через недостатнє забезпечення посівів вологою та високі температури у критичні періоди вегетації рослин квасолі зернової продуктивність досліджуваних сортів суттєво знизилася проти 2018 р. Так, на контролі (сорт Буковинка без інокуляції насіння) урожайність зерна становила 2,18 т/га. Як і в попередньому році, нижчою проти контролю, була урожайність сортів Галактика та Славія – 1,57 та 1,60 т/га відповідно. Більш продуктивними, порівнюючи з сортом Буковинка, виявилися сорти Рось, Ната та Отрада, які забезпечили урожайність 2,42, 2,48 та 2,54 т/га відповідно. Несприятливі погодні умови для квасолі склалися впродовж вегетаційного періоду 2020 р. Холодний травень з надмірною кількістю опадів та різким пониженням температури затримав одержання сходів та подальший ріст і розвиток рослин квасолі. Після закінчення цвітіння під час наливу бобів, навпаки, спостерігалися високі температури та нестача опадів. Особливо негативно такі погодні умови вплинули на сорт квасолі Галактика, який сформував урожайність зерна 0,65–0,81 т/га (табл. 2).

На контролі (сорт Буковинка без інокуляції насіння) урожайність зерна становила 1,84 т/га. Більш продуктивними, порівнюючи з сортом Буковинка, виявилися сорти Славія, Рось та Ната, які забезпечили урожайність 2,23, 2,42 та 2,48 т/га відповідно. Найвищий рівень врожайності зерна у 2020 р. забезпечив сорт квасолі Отрада – 2,54 т/га.

Таблиця 2 – Урожайність сортів квасолі залежно від інокуляції насіння, т/га

Сорт (чинник А)	Роки			Середнє за 2018-2020 рр.
	2018	2019	2020	
Інокуляція (чинник В) – без інокулянта (оброблення насіння водою)				
Буковинка (к.)	2,46	1,89	1,84	2,06
Галактика	2,33	1,57	0,65	1,52
Славія	2,28	1,60	2,23	2,04
Рось	2,59	1,96	2,42	2,32
Отрада	2,65	2,22	2,54	2,47
Ната	2,67	2,07	2,48	2,40
Інокуляція (чинник В) – Ризоактив				
Буковинка	2,55	1,93	1,87	2,12
Галактика	2,47	1,61	0,81	1,63
Славія	2,35	1,61	2,31	2,09
Рось	2,74	1,99	2,46	2,40
Отрада	2,87	2,30	2,64	2,60
Ната	2,79	2,11	2,59	2,50
НІР ₀₅	2018 р. А–0,12; В–0,07; АВ–0,20; 2019 р. А–0,09; В–0,06; АВ–0,19; 2020 р. А–0,13; В–0,05; АВ–0,22			

Вищий приріст врожайності зерна від інокуляції насіння одержали у більш сприятливому за зволоженням 2018 році. Так, найбільший приріст урожайності зерна від використання Ризоактиву забезпечили сорти Галактика (0,14 т/га, або 5,7 %), Рось (0,15 т/га, або 5,5 %) та Отрада (0,22 т/га, або 7,7 %). Однак у 2019–2020 рр. ефективність від інокуляції насіння сортів квасолі (за винятком сорту Галактика) суттєво знизилася.

В середньому за результатами проведених у 2018–2020 рр. досліджень встановлено, що інокуляція насіння квасолі Ризоактивом залежно від сорту забезпечила приріст врожайності зерна від 2,4 до 6,7 %. А найвищий рівень врожайності зерна квасолі в середньому за 2018–2020 рр. забезпечили сорти Отрада (2,60 т/га), Ната (2,50 т/га) та Рось (2,40 т/га) за проведенням інокуляції насіння Ризоактивом.

Висновки. За результатами досліджень, суттєвий вплив на ріст і розвиток квасолі звичайної в умовах південної частини Лісостепу західного мали сортові особливості та інокуляція насіння. На контролі (сорт квасолі Буковинка без інокуляції насіння) тривалість вегетаційного періоду в середньому за роками становила 87 діб за урожайності 2,06 т/га. Коротшим вегетаційний період був у сортів Галактика та Славія – 80 та 84 доби відповідно. Однак ці сорти виявилися найменш продуктивними. Так, урожайність зерна сорту Славія становила 2,04 т/га, а сорту Галактика – лише 1,52 т/га. Найдовший вегетаційний період на варіанті без інокуляції був у сорту Рось – 94 доби за урожайності 2,32 т/га. Інокуляція насіння Ризоактивом подовжувала тривалість вегетаційного періоду сорту квасолі Славія на

одну добу, Буковинка, Рось, Ната – на дві доби, Отрада – на три доби.

За три роки досліджень максимальний рівень урожайності насіння був у сорту Отрада – 2,60 т/га, дещо нижчий у сорту Ната – 2,50 т/га та Рось – 2,40 т/га за оброблення насіння бактеріальним препаратом Ризоактив.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Маслак О. Привабливість квасолі. Агробізнес сьогодні. № 9 (304), 2015. URL: <http://www.agro-business.com.ua/ekonomichnyi-gektar/3047-pryvablyvist-kvasoli.html>.
2. Чинчик О.С., Оліфірович С.Й. Сорти квасолі звичайної та тривалість їх вегетації в умовах Лісостепу західного. Рослинництво XXI століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБІП України: тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції, 23–26 вересня 2019 р. С. 78–80.
3. Оліфірович В.О., Оліфірович С.Й., Осадчук В.Д. Промислова квасоля. The Ukrainian Farmer. 2018. № 3 (99). С. 132–135.
4. Доктор Н.М., Новицька Н.В., Бровкін В.В. Вплив інокуляції насіння та удобрення на продуктивність квасолі звичайної. Рослинництво та ґрунтознавство. 2019. Том 10, № 2. С. 22–28. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.02.022>
5. Шкатула Ю.М., Краєвська Л.С. Роль біологічного азоту в підвищенні насінневої продуктивності квасолі. Сільське господарство та лісівництво. Вінниця, 2016. Вип. 4. С. 231–239.
6. Галан М.С., Калагурка О.Б., Гук Р.М. Склад колекції квасолі в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2015. Вип. 58 (II). С. 41–47. DOI: <http://doi.org/10.32636/01308521>
7. Лехман А.А. Тривалість вегетаційного періоду сортозразків квасолі в умовах Правобережного Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. Міжвідом. тем. наук. зб. 2011. Вип. 70. С. 38–41.

8. Силенко С.І. Вихідний матеріал квасолі звичайної для створення ранньостиглих сортів. Селекція і насінництво. 2010. Вип. 98. С. 116–125.

9. Силенко С.І. Селекційна цінність сучасного генотипу квасолі та створення вихідного матеріалу для селекції в лівобережній частині Лісостепу України: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.05. Харків, 2009. 200 с.

10. Корнієнко С.І., Горова Т.К., Сайко О.Ю. Статистичні показники формування фаз вегетаційного періоду квасолі звичайної в адаптивній селекції. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2013. Вип. 17. С. 104–109.

11. Корнієнко С.І., Горова Т.К., Сайко О.Ю. Статистична характеристика тривалості фаз вегетаційного періоду квасолі звичайної в селекції на адаптивність. Селекція і насінництво. 2014. Вип. 106. С. 64–69.

12. Пороховник І. Особливості формування фенологічних фаз розвитку квасолі звичайної в умовах Лісостепу правобережного. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарства України. 2017. Вип. 21. С. 282–286. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2017_21_37.

13. Овчарук В.І., Овчарук О.В., Білик Т.Л. Фенологічні фази росту і розвитку рослин квасолі звичайної та їх тривалість в умовах Західного Лісостепу: зб. наук. праць Уманського національного університету садівництва. 2013. Вип. 83, Ч. 1. С. 34–38. URL: <https://journal.udau.edu.ua/ua/arxiv-nomerv/2013/vipusk-83/fenologchn-fazi-rostu-rozvitku-roslin-kvasol-zvichajno-ta-x-trivalist-v-umovax-zaxdnogo-lsostepu.html>.

14. Новицька Н.В., Мартинов О.М., Доктор Н.М. Вегетація квасолі під впливом передпосівної інокуляції насіння та удобрення. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. № 2. С. 45–48. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk>

15. Мовчан К.І. Вплив способу сівби та густоти рослин на тривалість міжфазних періодів і урожайність квасолі звичайної в умовах правобережного Лісостепу України. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2014. Вип. 21. С. 96–100.

16. Мазур О.В., Пороховник І.І. Селекція квасолі звичайної на ранньостиглість і зернову продуктивність. Сільське господарство та лісівництво. 2016. № 4. С. 118–124.

17. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. К.: АЛЕФА, 2000. 100 с.

18. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. / Е.Р. Ермантраут та ін. Житомир: ЖНАЕУ, 2010. 124 с.

19. Овчарук О.В. Особливості формування врожаю квасолі залежно від строків сівби і сорту в умовах південної частини західного Лісостепу України: зб. наук. праць Подільського державного аграрно-технічного університету. 2006. Вип. 14. С. 129–131.

20. Чинчик О.С. Тривалість міжфазних періодів, густина і урожайність сортів квасолі звичайної залежно від удобрення в умовах південної частини західного Лісостепу. Вісник Степу: наук. зб.: Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України: матер. XII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спец., 24–25 березня 2016 р. Кіровоград: КОД, 2016. Вип. 13. С. 86–89.

21. Стаканов Ф.С. Фасоль. Кишинев: Штиїница, 1986. 195 с.

REFERENCES

1. Maslak, O. (2015). Pryvablyvist' kvasoli [Bean attractiveness]. Agrobiznes s'ogodni. [Agribusiness today], no. 9 (304). Available at: <http://www.agro-business.com.ua/ekonomichnyi-gektar/3047-pryvablyvist-kvasoli.html>.

2. Chinchik, O.S., Olifirovich, S.J. (2019). Sorty kvasoli zvyčajnoi' ta tryvalist' ih vegetacii' v umovah Lisostepu zahidnogo: Roslynnnyctvo HHI stolittja: vyklyky ta innovacii'. Do 120-ty richchja kafedry roslynnnyctva NUBIP Ukrai'ny: tezy dopovidej III Mizhnarodnoi' naukovopraktychnoi' konferencii', 23–26 veresnja 2019 r. [Varieties of common beans and the duration of their vegetation in the Western Forest-Steppe: Crop production of the XXI century: challenges and innovations. To the 120th anniversary of the Department of Plant Breeding NUBIP of Ukraine: abstracts of the III International scientific-practical conference, September 23–26, 2019]. Kyiv, pp. 78–80.

3. Olifirovich, V.O., Olifirovich, S.J., Osadchuk, V.D. (2018). Promislova kvasolja [Industrial beans]. The Ukrainian Farmer, no. (99), pp. 132–135.

4. Doktor, N.M., Novic'ka, N.V., Brovkin, V.V. (2019). Vplyv inokuljacii' nasinnja ta udobrennja na produktivnist' kvasoli zvyčajnoi' [Influence of seed inoculation and fertilizer on the productivity of common beans]. Roslynnnyctvo ta gruntoznavstvo [Crop production and soil science]. Vol. 10, no. 2, pp. 22–28.

5. Shkatula, Ju.M., Krajevs'ka, L.S. (2016). Rol' biologichnogo azotu v pidvishhenni nasinnjevoi' produktivnosti kvasoli [The role of biological nitrogen in increasing the seed productivity of beans]. Sil'ske gospodarstvo ta lisivnyctvo [Agriculture and forestry], no. 4, pp. 231–239.

6. Galan, M.S., Kalagurka, O.B., Guk, R.M. (2015). Sklad kolekcii' kvasoli v Institutu sil'skogo gospodarstva Karpats'kogo regionu NAAN [The composition of the bean collection at the Institute of Agriculture of the Carpathian region NAAS]. Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarivnyctvo [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry], no. 58 (II), pp. 41–47.

7. Lehman, A.A. (2011). Trivalist' vegetacijnogo periodu sortozrazkiv kvasoli v umovah Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrai'ni [Duration of the vegetation period of bean cultivars in the conditions of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine]. Kormi i kormovirobnictvo [Feed and feed production], no. 70, pp. 38–41.

8. Silenko, S.I. (2010). Vihidnij material kvasoli zvyčajnoi' dlja stvorenja rann'ostiglih sortiv [The source material of common beans to create early varieties]. Selekcija i nasinnnyctvo [Breeding and seed production], no. 98, pp. 116–125.

9. Silenko, S.I. (2009). Selekcijna cinnist' suchasnogo genofondu kvasoli ta stvorenja vihidnogo materialu dlja selekcii' v livoberezhnij chastini Lisostepu Ukrai'ni: dys. ... kand. s.-g. nauk: 06.01.05 [Selection value of modern bean gene pool and creation of source material for selection in the left-bank part of the Forest-steppe of Ukraine: dis. Candidate of agricultural sciences: 06.01.05]. Kharkiv, 200 p.

10. Kornijenko, S.I., Gorova, T.K., Sajko, O.Ju. (2013). Statistichni pokazniki formuvannja faz vegetacijnogo periodu kvasoli zvyčajnoi' v adaptivnij selekcii' [Statistical indicators of formation of phases of the vegetation period of common beans in adaptive selection]. Visnik Centru naukovogo

zabezpechennja APV Harkivs'koi' oblasti [Bulletin of the Center for Scientific Support of the APV of Kharkiv region], no. 17, pp. 104–109.

11. Kornijenko, S.I., Gorova, T.K., Sajko, O. Ju. (2014). Statistichna charakteristika trivalosti faz vegetacijnogo periodu kvasoli zvizhajnoi' v selekcii' na adaptivnist' [Statistical characteristics of the duration of the phases of the growing season of common beans in the selection for adaptability]. Selekcija i nasinnictvo [Breeding and seed production], no. 106, pp. 64–69.

12. Porohovnik, I. (2017). Osoblivosti formuvannja fenologichnih faz rozvitku kvasoli zvizhajnoi' v umovah lisostepu pravoberezhnogo [Features of formation of phenological phases of development of common beans in the conditions of the Forest-steppe of the right bank]. Tehniko-tehnologichni aspekti rozvitku ta viprobuvannja novoi' tehniki i tehnologij dlja sil'skogo gospodarstva Ukrai'ni [Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine], no. 21, pp. 282–286.

13. Ovcharuk, V.I., Ovcharuk, O.V., Bilik, T.L. (2013). Fenologichni fazi rostu i rozvitku roslin kvasoli zvizhajnoi' ta i'h trivalist' v umovah Zahidnogo Lisostepu: zb. nauk. prac' Umans'kogo nacional'nogo universitetu sadivnictva [Phenological phases of growth and development of common bean plants and their duration in the Western Forest-steppe: collection of scientific works of Uman National University of Horticulture]. Issue 83, Part 1, pp. 34–38.

14. Novic'ka, N.V., Martinov, O.M., Doktor, N.M. (2018). Vegetacija kvasoli pid vplivom peredposivnoi' inokuljacii' nasinnja ta udobrennja [Vegetation of beans under the influence of pre-sowing inoculation of seeds and fertilizers]. Visnyk Poltavskoi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii' [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy], no. 2, pp. 45–48.

15. Movchan, K.I. (2014). Vpliv sposobu sivbi ta gustoti roslin na trivalist' mizh faznih periodiv i urozhajnist' kvasoli zvizhajnoi' v umovah pravoberezhnogo Lisostepu Ukrai'ni [Influence of sowing method and plant density on the duration of interphase periods and yield of common beans in the conditions of the right-bank Forest-steppe of Ukraine]. Naukovi praci Institutu bioenergetichnih kul'tur i cukrovih burjakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets], no. 21, pp. 96–100.

16. Mazur, O.V., Porohovnik, I.I. (2016). Selekcija kvasoli zvizhajnoi' na rann'ostiglist' i zernovu produktivnist' [Selection of common beans for early ripening and grain productivity]. Sil'ske gospodarstvo ta lisivnictvo [Agriculture and forestry], no. 4, pp. 118–124.

17. Metodika derzhavnogo sortoviprobuvannja sil'skogospodars'kih kul'tur [Methodology for state variety testing of agricultural crops]. Kyiv, Alefa, 2000, 100 p.

18. Ermantraut, E.R., Malinovskij, A.S., Didora, V.G. (2010). Metodika naukovih doslidzen' v agronomii': navch. posib. [Methods of scientific research in agronomy]. Zhitomir, ZhNAEU, 124 p.

19. Ovcharuk, O.V. (2006). Osoblivosti formuvannja vrozhaju kvasoli zalezno vid strokiv sivbi i sortu v umovah pivdennoi' chastini zahidnogo Lisostepu Ukrai'ni: zb. nauk. prac' Podil'skogo derzhavnogo agrarno-tehnichnogo universitetu [Peculiarities of bean harvest formation depending on sowing dates and varieties in the conditions

of the southern part of the western Forest-steppe of Ukraine: Collection of scientific works of State Agrarian and Engineering University in Podilia]. Vol. 14, pp. 129–131.

20. Chinchik, O.S. (2016). Duration of interphase periods, density and yield of common bean varieties depending on fertilizer in the conditions of the southern part of the western Forest-steppe. Visnik Stepu: nauk. zb.: Stan ta perspektivi rozvitku agropromislovogo virobnictva Ukrai'ni: mater. III Vseukr. nauk.-prakt. konf. molodih vchenih i spec. [materials of the XII All-Ukrainian scientific-practical conference of young scientists and specialists State and prospects of development of agro-industrial production of Ukraine]. Kirovohrad, KOD, Vol. 13, pp. 86–89.

21. Stakanov, F.S. (1986). Fasol' [Beans]. Chisinau, Shtiintsa, 195 p.

Продолжительность вегетации и продуктивность сортов фасоли обыкновенной в условиях южной части Лесостепи западной

Чинчик А.С., Олифирович С.И., Олифирович В.А.

Промышленное выращивание фасоли обусловлено экономической и агрономической привлекательностью этой культуры. При этом среди основных составляющих технологии, которые определяют рост эффективности производства фасоли, большое значение имеет подбор сортов. Максимальный уровень реализации потенциала сортов в значительной степени зависит от продолжительности межфазных и вегетационного периодов фасоли обыкновенной. Поэтому целью исследований было изучение продолжительности вегетационного периода и зерновой продуктивности фасоли обыкновенной в зависимости от сортовых особенностей и инокуляции семян.

По результатам исследований установлено, что на контроле (сорт фасоли Буковинка без инокуляции семян) продолжительность вегетационного периода составляла 87 суток. Короче вегетационный период был у сортов Галактика и Славия – 80 и 84 суток соответственно. Длиннее по сравнению с контрольным сортом Буковинка был вегетационный период у сортов Ната и Отрада – 89 и 92 суток соответственно. А самый длинный вегетационный период на контрольном варианте удобрения был у сорта Рось – 94 суток. Инокуляция семян Ризоактивом продлевала продолжительность вегетационного периода сорта фасоли Славия на одни сутки, Буковинка, Рось, Ната – на двое суток, Отрада – на трое суток.

Урожайность – наиболее важное свойство сорта. В исследованиях урожайность фасоли возрастает от 0,65 до 2,87 т/га в зависимости от погодных условий года выращивания, сортовых особенностей и предпосевной инокуляции семян. Высший прирост урожайности зерна от инокуляции семян получили в более благоприятном по увлажнению 2018 году. Так, наибольший прирост урожайности зерна от использования Ризоактива обеспечили сорта Галактика (0,14 т/га, или 5,7 %), Рось (0,15 т/га, или 5,5 %) и Отрада (0,22 т/га, или 7,7 %). В среднем по результатам проведенных в 2018–2020 гг. исследований установлено, что инокуляция семян фасоли Ризоактивом в зависимости от сорта обеспечила прирост урожайности зерна от 2,4 до 6,7 %. За три года исследований максимальная урожайность семян наблюдалась у сорта Отрада – 2,60 т/га, несколько ниже у сорта Ната – 2,50 т/га

и Рось – 2,40 т/га, который получили при обработке семян бактериальным препаратом Ризоактив.

Ключевые слова: фасоль обыкновенная, сорт, вегетационный период, Ризоактив, урожайность зерна.

Vegetation duration and productivity of common bean varieties in the southern part of the western Forest-steppe

Chynchyk O., Olifirovych S., Olifirovych V.

The industrial cultivation of beans is predetermined by economic and agronomic attractiveness of the crop. However, the selection of varieties is among the main components of technology, which determine the growth of efficiency of beans production. The maximum level of cultivars' potential realization largely depends on the duration of the interphase and vegetation periods of common beans. Therefore, the aim of the research was to study the duration of the growing season and grain productivity of common beans, depending on varietal characteristics and seed inoculation. According to the research results, it was found that on the control (bean variety Bukovynka without seed inoculation) the duration of the growing season was 87 days. The growing season was shorter in varieties Halaktyka and Slaviia – 80 and 84 days, respectively. The growing season for varieties Nata and Otrada was longer than the

control cultivar Bukovynka – 89 and 92 days, respectively. And the longest growing season for the control fertilization was in the Ros variety – 94 days. Seed inoculation with Rizoaktiv continued the duration of the growing season of the bean variety Slaviia for one day, Bukovynka, Ros, Nata for two days, Otrada for three days.

Yield is the most important property of a variety. In our studies, the yield of beans increases from 0.65 to 2.87 t/ha, depending on the weather conditions of the year of cultivation, varietal characteristics and pre-sowing inoculation of seeds. The highest increase in grain yield from seed inoculation was obtained in 2018, which was more favorable in terms of moisture. Thus, the largest increase in grain yield from the use of Rizoactive was provided by the varieties Halaktyka (0.14 t/ha or 5.7 %), Ros (0.15 t/ha or 5.5 %) and Otrada (0.22 t/ha or 7.7 %). On average, according to the results of research conducted in 2018–2020, it was found that inoculation of bean seeds with Rizoactive, depending on the variety, provided an increase in grain yield from 2.4 to 6.7 %. For three years of research, the maximum seed yield was observed in Otrada 2.60 t/ha, slightly lower in Nata 2.50 t/ha and Ros 2.40 t/ha, which was obtained by seed treatment with the bacterial preparation Rizoaktiv.

Key words: common beans, variety, vegetation periods, Rizoaktiv, grain yield.



Copyright: Чинчик О.С., Оліфірович С.Й., Оліфірович В.О. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Чинчик О.С.
Оліфірович С.Й.
Оліфірович В.О.


<https://orcid.org/0000-0003-0566-2516>
<https://orcid.org/0000-0002-3216-3547>
<https://orcid.org/0000-0001-8868-0204>

АГРОНОМІЯ

УДК 634.23; 631.52

Вміст основних хімічних елементів у плодах черешні різних строків досяганняШубенко Л.А. , Шох С.С. , Федорук Ю.В. ,

Михайлюк Д.В., Вуйко А.М.

Білоцерківський національний аграрний університет Шубенко Л.А. E-mail: Lidia.shubenko@btsau.edu.ua

Шубенко Л.А., Шох С.С., Федорук Ю.В., Михайлюк Д.В., Вуйко А.М. Вміст основних хімічних елементів у плодах черешні різних строків досягання. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 173–179.

Shubenko L.A., Shoh S.S., Fedoruk Ju.V., Myhajljuk D.V., Vujko A.M. Vmist osnovnyh himichnyh elementiv u plodah chereschni riznyh strokiv dostygannja. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 173–179.

Рукопис отримано: 31.03.2021 р.
Прийнято: 15.04.2021 р.
Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-173-179

Досліджено рівень біохімічного складу плодів черешні різних строків досягання. Встановлено, що вміст хімічних елементів у плодах черешні залежить від низки чинників. Насамперед це така особливість помологічного сорту як строк досягання плодів. Значний вплив на вміст хімічних речовин мають погодні умови під час формування та досягання плодів черешні. Виявлено, що серед всіх досліджуваних сортів найвищим вмістом сухих розчинних речовин характеризувався сорт Мелітопольська крапчаста. У групі пізньостиглих сортів спостерігається найменша різниця в титрованій кислотності плодів між сортами. Високий вміст органічних кислот зафіксовано для сорту Донецький угольок, а найменший – для сорту Бірюза. В середньому між сортами різних груп стиглості найбільший вміст органічних кислот відмічено для ранньостиглих, а найменший – для сортів пізнього строку досягання. Якщо розглядати усі досліджувані сорти загалом, у плодах середньостиглого сорту Альонушка вміст титрованих кислот був найвищим проти усіх інших сортів, найменшу кількість органічних кислот зафіксовано для пізньостиглого сорту Амазонка.

Вміст цукрів у плодах пізньостиглих сортів черешні перевищував середні показники груп ранньостиглих і середньостиглих сортів. Найвищим вмістом вітаміну С характеризувався середньостиглий сорт Міраж, а найнижче значення цього компонента отримано у ранньостиглого сорту Мліївська жовта.

Смакові якості та біохімічний склад плодів і ягідних культур значною мірою залежать від особливостей сорту та кліматичних умов вирощування. Максимальну дегустаційну оцінку отримали ранньостиглі сорти Дар Млієва і Зоряна. У групі середньостиглих сортів високою оцінкою характеризувався сорт Мелітопольська крапчаста, а серед пізньостиглих – сорт Бірюза.

Ключові слова: сорти черешні, сухі розчинні речовини, цукри, органічні кислоти, вітамін С, цукрово-кислотний коефіцієнт.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Черешня – культура, плоди якої одними з перших потрапляють на ринок свіжих фруктів. Окрім споживання у свіжому вигляді, плоди черешні використовують для перероблення, сушіння та заморожування. Біохімічний склад плодів черешні формує смак, з яким продукція асоціюється у споживачів, визначає споживчу цінність та придатність до зберігання і перероблення. Смакові якості та

біохімічний склад плодів і ягідних культур значною мірою залежать від особливостей сорту та кліматичних умов вирощування.

Україна, завдяки своєму природному потенціалу, може посісти високе місце у світовому виробництві черешні. Зона Центрального Лісостепу України, враховуючи її розміщення, ґрунтово-кліматичні умови, має всі підстави, щоб стати в Україні основним регіоном для створення інтенсивних насаджень черешні.

Отже, використання результатів біохімічних досліджень стає дедалі перспективнішим. Наприклад, в умовах Північного Кавказу було створено генофонд яблуні для селекції на високотоварні та хіміко-технологічні якості плодів [1, 2]. Встановлено, що умови середовища, в яких формувались та закріплювались біохімічні ознаки, мають значний вплив на хімічний склад плодів [3]. Ґрунтово-кліматичні умови Лісостепу України дають змогу створювати сорти черешні з високими господарсько-біологічними показниками.

Черешня є традиційною плодовою культурою України і посідає одне з чільних місць у промисловому виробництві плодово-ягідної продукції. Основні площі садів кісточкових порід розміщено на півдні – в Запорізькій, Миколаївській, Одеській областях [2]. Частково змінивши географічні межі, нині промислову культуру черешні в Україні зосереджено у західному, центральному і південному Степу, Придністров'ї, Закарпатті. Аматори вирощують черешню майже в усіх зонах і регіонах країни. У світі відомо майже 4 тис. сортів, із них у нашій країні рекомендовано до поширення 27. За даними Кіщак О.А. [2], питома вага сільськогосподарських підприємств у загальному валовому зборі продукції плодівництва знизилася з 45 до 18,2 % у 2017 році. Тепер, понад 70 %, черешню вирощують індивідуальні сільгоспвиробники у приватному секторі.

Плоди черешні характеризуються високим вмістом дієтично-лікувальних речовин, які сприяють функціонуванню організму. Вони також містять прості цукри – глюкозу і фруктозу, що поліпшують роботу серця, аскорбінову кислоту (5–10 мг/100 г сирової маси), вітаміни А, В₁, В₂ і РР, а також мінеральні речовини – фосфор, кальцій, магній, залізо. За цими показниками черешня займає друге місце після яблуні [4, 5, 6, 7]. У дикорослих форм черешні вміст сухих розчинних речовин знаходиться в межах 20–29,9 %, до 13,6 % цукрів (максимально 16,7 %), кислотність до 1,18 %; 0,78 % пектину, вітамін С – 4,9–11,4 мг/100 г [8, 9, 10]. У культурних форм черешні хімічний склад плодів дещо відрізняється від черешні дикої: вміст сухих розчинних речовин – 13,5–13,34 %, цукрів – 12,33–10,95 %, органічних кислот – 0,45–0,43 %, вітаміну С – 2,28–2,37 мг/100 г [11, 12, 14].

Відома залежність вмісту в плодах компонентів хімічного складу від помологічного сорту черешні [15] і кліматичних умов [14].

Мета дослідження. Визначити основні показники якості плодів черешні: вміст сухих

розчинних речовин, цукрів, титрованих кислот, аскорбінової кислоти. Встановити вплив співвідношення цукрів і кислот на смакові якості плодів.

Матеріал і методи дослідження. Об'єктами досліджень були сорти черешні різних строків досягання селекції Мліївського інституту садівництва ім. Л.П. Симиренка УААН – Аборигенка, Бірюза, Дар Млієва, Зоряна, Мліївська жовта, Інституту зрошеного садівництва УААН – Міраж, Мелітопольська крапчаста, Меотіда, Донецької дослідної станції інституту садівництва УААН – Донецький угольок, Альонушка, Амазонка. За контроль для ранньостиглої групи взято сорт Зоряна, для середньостиглої – Меотіда, для пізньостиглої групи сортів – Дрогана жовта. Деревця щеплені на підщепі лісова черешня, посаджені за схемою 6 x 4 м (416 дер./га) і сформовані за розріджено-ярусною кроною.

Вміст сухих розчинних речовин визначали на рефрактометрі РПК-3, загальну кислотність – титруванням 0,1 н розчином луґу з перерахунком на яблучну кислоту, вміст цукрів – ферриціанідним методом, аскорбінової кислоти – за йодкрохмальною пробою [13].

Результати дослідження та обговорення. Хімічний склад плодів черешні формують переважно вуглеводи, вітаміни і поліфеноли. До групи вуглеводів належать цукри, пектинові речовини та інші сполуки, які на 80–90 % становлять кількісний склад сухих речовин. Отже, одним з важливих показників, що характеризують плоди, є сухі розчинні речовини. Їх вміст враховують під час виготовлення продуктів перероблення, оскільки від нього залежать норми витрати сировини і цукру. За результатами досліджень, вміст у плодах сухих розчинних речовин помітно залежав від помологічного сорту черешні та погодних умов вегетаційного періоду (табл. 1). Так, у 2018 році показник коливався в межах 13,1–18,3 %, у 2019 – 10,8–16,5 %, а в 2020 році – 12,3–19,1 %. Незважаючи на значне коливання концентрації сухих розчинних речовин в плодах за роками досліджень, за сортами основної тенденції зберігалися.

У групі сортів раннього строку досягання в 2019 році високий вміст сухих розчинних речовин спостерігали для сорту Мліївська жовта, однак в наступному році кількість їх у цього сорту зменшилася на 1,7 %, а для сортів Дар Млієва і Зоряна, навпаки, – збільшилася, відповідно на 1,0 і 1,6 % (за $HP_{05} = 1,8$). У 2020 році зафіксовано незначне зменшення кількості сухих розчинних речовин у плодах черешні порівняно з попереднім роком.

Таблиця 1 – Вміст основних хімічних елементів у плодах черешні (середнє за 3 роки)

Помологічний сорт	Сухі розчинні речовини, %	Титровані кислоти, %	Цукри, %	Аскорбінова кислота (вітамін С), мг/100 г
<i>Ранньостиглі сорти</i>				
Дар Млієва	14,5	0,51	9,09	5,36
Зоряна (к)	14,6	0,57	7,58	3,44
Млівська жовта	16,0	0,63	9,10	3,16
<i>Середньостиглі сорти</i>				
Міраж	16,1	0,60	7,86	6,11
Альонушка	14,8	0,75	6,09	3,62
Аборигенка	15,3	0,68	11,04	4,39
Мелітопольська крапчаста	17,0	0,56	8,03	4,23
Меотіда (к)	14,0	0,62	8,52	3,64
<i>Пізнєостиглі сорти</i>				
Бірюза	16,7	0,57	9,03	5,12
Донецький угольок	15,7	0,62	9,55	4,87
Дрогана жовта (к)	14,5	0,56	8,58	3,98
Амазонка	14,6	0,45	8,18	3,35
<i>НІР₀₅</i>	<i>1,8</i>	<i>0,12</i>	<i>1,42</i>	<i>1,52</i>

У групі середньостиглих упродовж досліджень кращий результат отримано для сорту Мелітопольська крапчаста, і лише у 2019 році найвищий відсоток сухих розчинних речовин був для сорту Аборигенка – 19,1 %. Низький вміст сухих розчинних речовин відмічено у 2018 році для сорту Альонушка, на 5,2 % менший від сорту Мелітопольська крапчаста. У 2020 році найнижчим показником характеризувався сорт Аборигенка – на 5,4 % менше за Мелітопольську крапчасту.

Найбільші коливання вмісту сухих розчинних речовин за роками спостерігали для сорту Аборигенка, де показник у 2019 році зменшився на 5,2 %, а у 2018 – на 8,3 % зріс. Загалом вміст сухих речовин у плодах середнього строку досягання в 2019 році зменшився, порівнюючи з попереднім роком, що можна пояснити нижчою середньодобовою температурою повітря в період досягання (17,8 °C у 2018 році і 16,7 °C у 2019 році).

Аналізуючи вміст сухих розчинних речовин в плодах черешні пізнього строку досягання, в 2018 році варто зауважити різницю за роками лише в межах 0,1–0,8 %. У 2019 та 2020 роках для сортів Бірюза й Донецький угольок значення показника збільшилося порівняно з іншими сортами. У решти сортів різкої різниці за вмістом у плодах сухих розчинних речовин не спостерігали.

Серед досліджуваних сортів найвищим вмістом сухих розчинних речовин характеризувався сорт Мелітопольська крапчаста – на 2,6 % більше за контрольний сорт.

Важливим компонентом хімічного складу плодів є органічні кислоти, які зумовлюють

гармонійність смаку, їх дієтичну і харчову цінність. За результатами хімічного аналізу плодів, спостерігали залежність між вмістом органічних кислот і біологічними властивостями помологічного сорту.

У 2018 році у групі раннього строку досягання найбільшою концентрацією титрованих кислот характеризувалися плоди сорту Зоряна – на 0,25 % більше за контрольний сорт Дрогана жовта. Найменший їх показник мав сорт Дар Млієва, що на 0,06 % менше за сорт Дрогана жовта.

У межах середньостиглих сортів спостерігали найбільше коливання вмісту титрованих кислот порівняно з групами сортів інших строків досягання. Найвище значення кислотності серед середньостиглих сортів отримано для сорту Альонушка, що переважає показники сортів цієї самої групи в середньому на 0,41 %. Низьким вмістом титрованих кислот в плодах відзначилися сорти Міраж і Меотіда, що було менше за контрольний сорт на 0,03–0,09 %.

У групі пізнєостиглих сортів спостерігається найменша різниця в кількості титрованої кислоти плодів між сортами (в межах 0,11 %). Високий вміст органічних кислот зафіксовано для сорту Донецький угольок, а найменший – для сорту Бірюза.

Якщо розглядати усі досліджувані сорти, то в плодах середньостиглого сорту Альонушка вміст титрованих кислот був найвищим проти усіх інших сортів (0,75 %), а найменшу кількість органічних кислот зафіксовано для пізнєостиглого сорту Амазонка (0,45 %).

Значний вміст цукрів у плодах черешні надає їм десертного смаку і придатність до споживання.

вання переважно в свіжому вигляді. Вважають, що вміст цукрів у плодах черешні значною мірою залежить від помологічного сорту та метеорологічних умов вегетаційного періоду [3,7].

Високий вміст цукрів у плодах черешні раннього строку достигання спостерігали у 2018 році за найбільш сприятливих погодних умов у період достигання. Найвищий їх вміст був для сорту Дар Млієва, а найменший – для сорту Зоряна. Відповідне співвідношення цукрів і кислот у плодах цих сортів спричинило гармонійний смак.

Кліматичні умови 2019 року були менш сприятливі для достигання ранньостиглих сортів, тому вміст цукрів на 0,23–2,22 % був нижчим за попередні роки досліджень ($HP_{05} = 1,42$). В середньому для ранньостиглих сортів вміст цукрів був невисоким.

У плодах черешні середньостиглих сортів вміст цукрів також знаходився на досить низькому рівні. Лише для сорту Аборигенка в середньому за три роки вміст цукрів був найвищим серед інших об'єктів дослідження. Найнижчий вміст цукрів у середньостиглих сортів виявлено в плодах сорту Альонушка.

Вміст цукрів у плодах пізньостиглих сортів коливався залежно від температурних умов вегетаційного періоду за роки досліджень. Так само, як у плодах середньостиглих сортів черешні, у плодах пізньостиглих найвищий вміст цукрів виявлено у 2019 році, чому сприяла вища температура повітря в період достигання, порівнюючи з попередніми роками. Високим вмістом цукрів характеризувалися плоди сорту Донецький угольок, хоча у 2018 році вміст цукрів у них був на 0,39 % нижчим за сорт Бірюза. У 2018 та 2019 роках порівняно високий вміст цукрів був також і для сорту Бірюза. Упродовж трьох років досліджень низький рівень цукристості відмічали для сорту Амазонка, однак у 2018 році він був вищим на 0,34 %, ніж для сорту Бірюза. У середньому вміст цукрів у плодах пізньостиглих сортів черешні становив 8,8 %, що відповідно на 0,2–0,5 % перевищувало середні показники груп ранньостиглих і середньостиглих сортів.

У плодах черешні містяться вітаміни, які мають важливе значення для життєдіяльності людини. За результатами досліджень, вміст у плодах вітаміну С (аскорбінової кислоти) помітно залежав від помологічного сорту черешні. Концентрація його в плодах черешні у 2018 році коливалася в межах 2,81–6,46 мг/100 г, у 2019 – 3,0–5,1, а в 2020 році – 2,93–6,75 мг/100 г ($HP_{05} = 1,52$). Незважаючи на значне коливання вітаміну С в плодах за роками досліджень, основні тенденції його вмісту в групах сортів різних строків достигання зберігалися.

У групі раннього строку достигання у 2018 році порівняно високий вміст вітаміну С спостерігали для сорту Дар Млієва і значно менший – для сортів Зоряна й Мліївська жовта. У наступному році концентрація аскорбінової кислоти в плодах ранньостиглих сортів зменшилася в середньому на 0,02–0,50 мг/100 г.

У групі середньостиглих крацій результат отримано для сорту Міраж. Порівняно низький показник у 2018 році відмічено для сорту Альонушка (на 3,65 мг/100 г менше від сорту Міраж), а в 2019 і 2020 роках найменшим вмістом вітаміну С характеризувався сорт Меотіда.

Аналізуючи вміст вітаміну С в плодах пізніх строків достигання, у 2018 році можна виявити різницю за сортами в межах 1,64 мг/100 г. У 2019 та 2020 роках для сорту Бірюза вміст вітаміну С збільшився порівняно з іншими сортами, де показник був приблизно однаковим.

Черешня належить до найбільш скоро-стиглих культур, плоди яких споживають переважно у свіжому вигляді, особливо ранньо- і середньостиглі сорти [1, 12]. Отже, смакові якості свіжих плодів значною мірою визначають попит продукції у населення.

Смак плодів черешні визначається здебільшого співвідношенням вмісту цукрів та органічних кислот, що характеризується цукрово-кислотним коефіцієнтом. Відоме оптимальне співвідношення цукрів і кислот в межах 15, коли плоди мають найбільш збалансований смак [9]. Однак отримані результати не завжди співпадали із цим твердженням.

Плоди черешні ранньостиглого сорту Дар Млієва мали найвищий цукрово-кислотний коефіцієнт на рівні 17,82 (рис. 1), що і зумовило їх високу дегустаційну оцінку. Для сорту Зоряна цукрово-кислотний коефіцієнт становив 13,30, а смак дегустаційна комісія оцінила також максимально. Навпаки, для сорту Мліївська жовта цукрово-кислотний коефіцієнт був близьким до оптимальних 15 балів, а смак оцінено лише в 4,1 бала. Високий вміст цукрів у плодах цього сорту і значний вміст кислоти негативно вплинули на смак та дегустаційну оцінку.

Досліджуючи вміст хімічних показників у плодах черешні різних строків достигання, виявлено, що найвищим вмістом сухих розчинних речовин характеризувався сорт Мелітопольська крапчаста – на 2,6 % більше за контрольний сорт. У групі пізньостиглих сортів спостерігали найменшу різницю в титрованій кислотності плодів між сортами (в межах 0,11 %). Високий вміст органічних кислот зафіксовано для сорту Донецький угольок, а найменший – для сорту Бірюза.

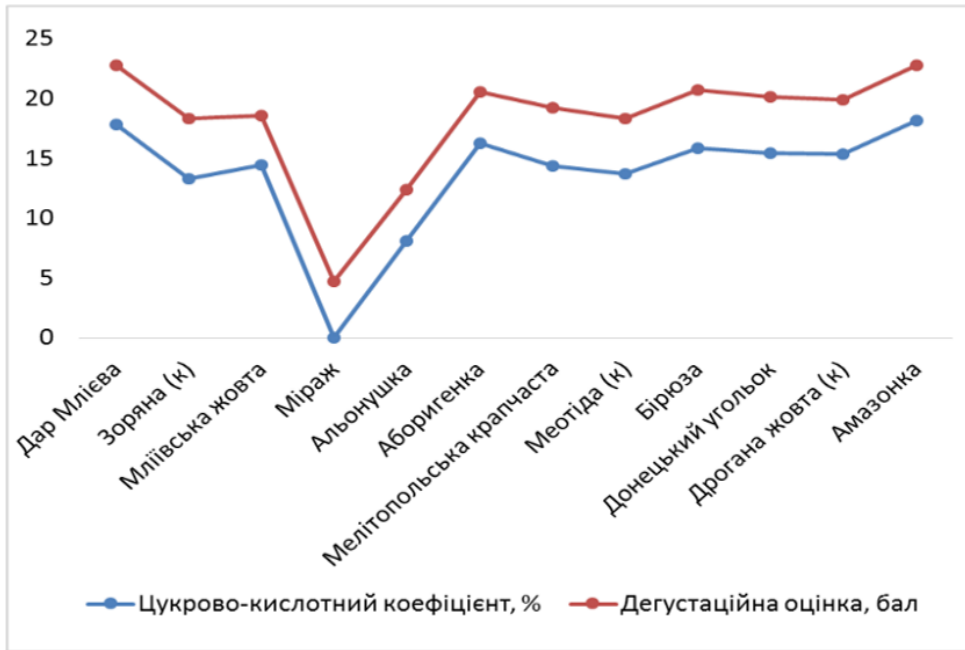


Рис. 1. Залежність смаку плодів черешні від цукрово-кислотного коефіцієнта.

У середньому між сортами різних груп стиглості найбільший вміст органічних кислот відмічено для ранньостиглих, що становить 0,59 %, а найменший – для сортів пізнього строку досягання (0,48 %).

Якщо розглядати усі досліджувані сорти загалом, у плодах середньостиглого сорту Альонушка вміст титрованих кислот був найвищим проти усіх інших сортів (0,75 %), а найменшу кількість органічних кислот зафіксовано для пізньостиглого сорту Амазонка (0,45 %).

У середньому вміст цукрів у плодах пізньостиглих сортів черешні становив 8,8 %, що відповідно на 0,2–0,5 % перевищувало середні показники груп ранньостиглих і середньостиглих сортів. Найвищим вмістом вітаміну С характеризувався середньостиглий сорт Міраж, а най-

нижче значення цього компонента отримано у ранньостиглого сорту Мліївська жовта.

Максимальну дегустаційну оцінку отримали ранньостиглі сорти Дар Млієва і Зоряна. У групі середньостиглих сортів високою оцінкою характеризувався сорт Мелітопольська крапчаста, а серед пізньостиглих – сорт Бірюза.

Висновки. За результатами досліджень біохімічний аналіз плодів має передбачати визначення хімічного вмісту найважливіших речовин. Необхідними компонентами аналізу плодів черешні є сухі розчинні речовини, цукри, органічні кислоти, що визначають смак і якість ранньої плодової продукції. На кількісний склад хімічних показників значний вплив мали чинники погодних умов у період досягання плодів та особливості помологічного сорту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кіщак О., Кіщак Ю. Черешня: шукаємо істину. URL: <http://www.agrotimes.net/journals/article/ehercslmy8-slukaemo-istinu>.
2. Кіщак О.А. Основи промислової культури черешні в Лісостепу України: монографія. Київ: Аграрна наука. 2017. 240 с.
3. Герасько Т.В., Вельчева Л.Г., Іванова І.Є. Вплив системи утримання ґрунтів в органічному саду на показники якості плодів черешні. Таврійський науковий вісник, 2019. Вип. 106. С. 15–20.
4. Характеристика сортов черешни, выращенной в ЦЧР России, по химическому составу плодов / Макаркина М.А. и др. Современное садоводство. 2013. № 5. 79 с.
5. Cultivar effect on the sweet cherry antioxidant and some chemical attributes / Skrzyński J. et al. Folia Horticulturae. 2016. 28 (1). P. 95–102.
6. Sweet cherry (*Prunus avium* L.): Critical factors affecting the composition and shelf life / Wani A.A. et al. Food Packing and Shelf Life. 2014. 1. P. 86–99.
7. Толстолік Л. Біохімічний склад і технологічні властивості плодів елітних форм та сортів черешні. Нац. виробництво й економіка в умовах реформування: Стан і персп. іннов. розвитку та міжрегіон. інтегр.: зб. наук. праць 2 міжнар. наук.-практ. конф., 28.10.2016 (ПДАТУ), Кам'янець-Подільський. Тернопіль: Крок, 2016. С. 64–65.
8. Ахматова З.П., Карданюк А.Р., Хакешева О.В. Технологическая оценка и экологическая безопасность косточковых плодовых культур. Оптимизация технологико-экономических параметров структуры агроценозов и регламентов возделывания плодовых культур и винограда. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСИВ. 2008. Т. 1. С. 192–196.

9. Шубенко Л.А. Оцінка сортів черешні різних строків досягання за основними господарськими ознаками. Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: матеріали VI Міжнародної наук.-практ. конф. Центральне, 2018. 92 с.

10. Иванова Т.Г. Биохимические особенности плодов новых сортов и перспективных гибридов черешни селекции ИОС УААН. Новые сорта и технологии возделывания плодовых и ягодных культур для садов интенсивного типа: тез. докл. на междунар. науч.-метод. конф. Орел. 80 с.

11. Попович В.П., Упир Л.В., Кисличенко В.С. Фітохімічне вивчення біологічно активних речовин ліпофільних фракцій вишні й черешні. Запорожский медицинский журнал. 2010. Т. 12, № 4. С. 87–89.

12. Уланчук В.С., Аніщенко Г.Ю. Споживчий ринок плодоягідної продукції: стан та перспективи розвитку. Вісник економічної науки України. 2011. № 1 (19). С. 156–161.

13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: 1999. 608 с.

14. Характеристика сортов черешни, выращенной в ЦЧР России, по химическому составу плодов / Макаркина М.А. и др. Современное садоводство. 2013. 5. С. 79–85.

15. Polyphenols and volatiles in fruits of two sour cherry cultivars / Levaj B. et al. Food Technol. Biotechnol. 2010. 48 (4). P. 538–547.

REFERENCES

1. Kishchak, O., Kishchak, Yu. Chereschnia: shukaiemo istynu [Sweet cherries: we are looking for the truth]. Available at: <http://www.agrotimes.net/journals/article/chereschny8-sluikaemo-istinu>.

2. Kishchak, O.A. (2017). Osnovy promyslovoi kultury chereschni v Lisostepu Ukrainy: monohrafiia [Fundamentals of cherry industrial culture in the Forest-Steppe of Ukraine]. Kyiv, Agricultural science, 240 p.

3. Herasko, T.V., Velcheva, L.H., Ivanova, I.Ie. (2019). Vplyv systemy utrymannia hruntiv v orhanichnomu sadu na pokaznyky yakosti plodiv chereschni [Influence of soil retention system in organic garden on cherry fruit quality indicators]. Tavriiskiy naukoviy visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. Issue 106, pp. 15–20.

4. Makarkyna, M.A., Dzhyhadlo, E.N., Pavel, A.R., Huliaeva, A.A., Sokolova, S.E. (2013). Kharakterystyka sortov chereschny, virashchennoi v TsChR Rossyy, po khymycheskomu sostavu plodov [Characteristics of varieties of sweet cherries grown in the Central Black Earth Region of Russia, according to the chemical composition of the fruits]. Sovremennoe sadovodstvo [Modern gardening], no. 5, 79 p.

5. Skrzyński, J., Leja, M., Gonkiewicz, A., Banach, P. (2016). Cultivar effect on the sweet cherry antioxidant and some chemical attributes. Folia Horticulturae. 28(1), pp. 95–102.

6. Wani, A.A., Singh, P., Gul, K., Wani, M.H., Langowski, H.C. (2014). Sweet cherry (*Prunus avium* L.): Critical factors affecting the composition and shelf life. Food Packing and Shelf Life. no. 1, pp. 86–99.

7. Tolstolik, L. (2016). Biokhimichniy sklad i tekhnolohichni vlastyivosti plodiv elitnykh form ta sortiv chereschni [Biochemical composition and technological properties of fruits of elite forms and varieties of cherries]. Nats. vyrobnytstvo y ekonomika v umovakh reformuvannya:

Stan i persp. innov. rozvytku ta mizhrehion. intehr.: zb. nauk. prats 2 mizhnar. nauk.-prakt. konf., 28.10.2016 (PDATU), Kamianets-Podilskiy [Nat. production and economy in terms of reform: Status and persp. innov. development and interregion. integral: coll. Science. works 2 international. scientific-practical conf., 28.10.2016 (PDATU), Kamyanets-Podilskiy]. Ternopil, Krok, pp. 64–65.

8. Akhmatova, Z.P., Kardaniuk, A.R., Khakesheva, O.V. (2008). Tekhnolohycheskaia otsenka y ekolohycheskaia bezopasnost kostochkovykh plodovykh kultur [Technological assessment and environmental safety of stone fruit crops]. Optymyzatsiya tekhnoloho-ekonomycheskykh parametrov struktury ahrotsenozov y rehlamentov vozdeleyvaniya plodovykh kultur y vynohrada [Optimization of technological and economic parameters of the structure of agrocenoses and regulations for the cultivation of fruit crops and grapes]. Krasnodar, HNU SKZNYYSyV, Vol. 1, pp. 192–196.

9. Shubenko, L.A. (2018). Otsinka sortiv chereschni riznykh strokiv dostyhanntia za osnovnyimi hospodarskymy oznakamy [Evaluation of cherry varieties of different maturity according to the main economic characteristics]. Seleksiia, henetyka ta tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur: materialy VI Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf. [Breeding, genetics and technologies of growing crops: materials of the VI International scientific-practical. conf.]. Tsentralne, 92 p.

10. Yvanova, T.H. (2000). Byokhymychesky eosobennosti plodov novykh sortov y perspektivnykh hybrydov chereschny selektsyy YOS UAAAN [Biochemical features of the fruits of new varieties and promising hybrids of sweet cherry selection IOS UAAAN]. Novye sorta y tekhnolohy vozdeleyvaniya plodovykh y yagodnykh kultur dlia sadov yntensyvnogo typu: tez. dokl. na mezhdunar. nauch.-metod. konf. [New varieties and technologies for the cultivation of fruit and berry crops for intensive gardens: abstracts. report for int. scientific method. conf.]. Orrel, 80 p.

11. Popovych, V.P., Upyr, L.V., Kyslychenko, V.S. (2010). Fitokhimichne vyvchennia biolohichno aktyvnykh rehovyn lipofilynykh fraktsii vyshni y chereschni [Phytochemical study of biologically active substances of lipophilic fractions of cherries and sweet cherries]. Zaporozhskiy medytsynskiy zhurnal [Zaporozhye medical journal]. Vol. 12, no. 4, pp. 87–89.

12. Ulanчук, V.S., Anishchenko, H.Iu. (2011). Spozhyvchyi rynek plodoiahidnoi produktsii: stan ta perspektyvy rozvytku [Consumer market of fruit and berry products: state and prospects of development]. Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy [Bulletin of Economic Science of Ukraine], no. 1 (19), pp. 156–161.

13. Programma y metodyka sortoyzuchenyia plodovykh, yagodnykh y orekhopodnykh kultur [Program and methodology for the variety study of fruit, berry and nut crops]. Orrel, 1999, 608 p.

14. Makarkyna, M.A., Dzhyhadlo, E.N., Pavel, A.R., Huliaeva, A.A., Sokolova, S.E. (2013). Kharakterystyka sortov chereschny, vyrashchennoi v TsChR Rossyy, po khymycheskomu sostavu plodov [Characteristics of varieties of sweet cherries grown in the Central Black Earth Region of Russia, according to the chemical composition of the fruits]. Sovremennoe sadovodstvo [Modern gardening], no. 5, pp. 79–85.

15. Levaj, B., Dragović-Uzelac, V., Delonga, K., Kovacević-Ganić, K., Banović, M., Kovacević, D.B. (2010). Polyphenols and volatiles in fruits of two sour cherry cultivars. Food Technol. Biotechnol. 48 (4), pp. 538–547.

Содержание основных химических элементов в плодах черешни разных сроков созревания**Шубенко Л.А., Шох С.С., Федорук Ю.В., Михайлюк Д.В., Вуйко А.М.**

Исследован уровень биохимического состава плодов черешни разных сроков созревания. Установлено, что содержание химических элементов в плодах черешни зависит от ряда факторов. В первую очередь это такая особенность помологического сорта как срок созревания плодов. Значительное влияние на содержание химических веществ имеют погодные условия при формировании и созревании плодов черешни. Выявлено, что среди всех исследуемых сортов, высоким содержанием сухих растворимых веществ характеризовался сорт Мелитопольская крапчатая. В группе позднеспелых сортов наблюдается наименьшая разница в количестве титруемых кислот в плодах между сортами. Высокое содержание органических кислот зафиксировано для сорта Донецкий уголек, а наименьшее – для сорта Бирюза. В среднем между сортами разных сроков созревания наибольшее содержание органических кислот отмечено для раннеспелых, а наименьшее – для сортов позднего срока созревания. Если рассматривать все исследуемые сорта в целом, в плодах среднеспелого сорта Аленушка содержание титруемых кислот было самым высоким по отношению ко всем остальным сортам, наименьшее количество органических кислот зафиксировано для позднеспелого сорта Амазонка.

Содержание сахаров в плодах позднеспелых сортов черешни превышало средние показатели групп раннеспелых и среднеспелых сортов. Высоким содержанием витамина С характеризовался среднеспелый сорт Мираж, а самое низкое значение этого компонента получено для раннеспелого сорта Млиевская желтая.

Вкусовые качества и биохимический состав плодовых и ягодных культур в значительной мере зависят от особенностей сорта и климатических условий выращивания.

Максимальную дегустационную оценку получили раннеспелые сорта Дар Млиева и Зоряна. В группе среднеспелых сортов высокой оценкой характеризовался сорт Мелитопольская крапчатая, а среди позднеспелых – сорт Бирюза.

Ключевые слова: сорта черешни, сухие растворимые вещества, сахара, органические кислоты, витамин С, сахарно-кислотный коэффициент.

The content of the main chemical elements in sweet cherry fruits of different ripening periods**Shubenko L., Shokh S., Fedoruk Yu., Mykhailiuk D., Vuiko A.**

The level of biochemical composition of sweet cherry fruits of different ripening periods was investigated. It has been established that the content of chemical elements in sweet cherry fruits depends on a number of factors. Fruits ripening period is listed first among the features of the pomological variety. Weather conditions during the formation and ripening of sweet cherry fruits have a significant effect on the content of chemicals. The variety Melitopolskaya krapchastaya was revealed to have a high content of dry soluble substances among all the studied varieties. In the group of late-ripening varieties, the smallest difference in the amount of acidified acids in fruits between varieties is observed. The high content of organic acids was recorded for the Donetsk Ember variety, and the lowest one for the Turquoise variety. On average, for the varieties of different ripening periods, the highest content of organic acids was noted for early ripening varieties, and the lowest one for late ripening varieties. Having considered all the studied varieties as a whole, it can be asserted that the content of titratable acids was the highest in the fruits of the mid-ripening variety Alenushka, in relation to all other varieties; the lowest amount of organic acids was recorded for the late-ripening varieties Amazonka.

The sugar content in the fruits of late-ripening sweet cherry varieties exceeded the average values of the groups of early-ripening and mid-ripening varieties. The mid-ripening variety Mirage was characterized by a high content of vitamin C, and the lowest value of this component of the chemical composition was obtained for the early-ripening variety Mlievskaya yellow.

Taste qualities and biochemical composition of fruit and berry crops largely depend on the characteristics of the variety and climatic conditions of cultivation. The early ripening varieties Dar Mliyeva and Zoryana received the maximum tasting assessment. In the group of mid-ripening varieties, the Melitopolskaya krapchastaya variety was highly appreciated, and among the late-ripening varieties, the Turyuza variety.

Key words: cherry varieties, dry soluble substances, sugars, organic acids, vitamin C, sugar-acid coefficient.



Copyright: Шубенко Л.А. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Шубенко Л.А.
Шох С.С.
Федорук Ю.В.


<https://orcid.org/0000-0002-8938-9520>
<https://orcid.org/0000-0002-4141-8198>
<https://orcid.org/0000-0003-3921-7955>

UDC 581.2:633.34:582.288

Ecological significance of winter wheat varieties in phytosanitary optimization of agroecosystems

Beznosko I. , Parfenyuk A. , Gorgan T. , Gavrilyuk L. , Turovnik Y. 

*Institute of Agroecology and Environmental management
of National Academy of Agrarian Sciences*

 E-mail: beznoskoirina@gmail.com



Beznosko I., Parfenyuk A., Gorgan T., Gavrilyuk L., Turovnik Y. Ecological significance of winter wheat varieties in phytosanitary optimization of agroecosystems. *Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija»*, 2021. no. 1, pp. 180–187.

Рукопис отримано: 13.02.2021 р.

Прийнято: 01.03.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-180-187

Mycobiota of Podolyanka and Poliska 90 winter wheat varieties seeds was found to be represented mainly by fungi of the *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Trichothecium* genera which are characterized by various levels of pathogenicity, depending on the physiological and biochemical properties of the host variety. Significant increase in air temperature and relative humidity during the wheat flowering and milking stage of grain ripening contributed to the spread of micromycetes of the genus *Alternaria* Nees. (50 %). The seeds affected by fungi *Alternaria* were physiologically underdeveloped, had low energy and germination, which averaged 40 %. Plants from such seeds lag behind in growth and development.

It is established that the physiological and biochemical mechanism of Podolyanka winter wheat variety stimulates mycelium radial growth and intensity of fungi *Alternaria* sporulation indicating the rapid reproduction of micromycetes, which contributes to the contamination of agrophytocenoses by propagative structures of the pathogen. However, the intensity of spore formation and the rate of mycelium radial growth on Poliska 90 variety seeds, was significantly lower. This fact gives reason to believe that the physiological and biochemical mechanism of the Poliska 90 variety plants is able to restrain the intensity of the genus *Alternaria* micromycetes spore formation at an ecologically safe level.

It was found that the seeds of the Podolyanka and Poliska 90 winter wheat varieties are low in protein content and have high humidity. In terms of raw gluten content, they are classified in the quality group 3. Isolates of fungi of the genus *Alternaria* developed more intensively on the Podolyanka winter wheat variety grain, which is characterized by a lower content of protein and gluten. However the development of fungi was significantly lower on the Poliska 90 variety grain, which is characterized by a slightly higher content of protein and gluten.

System-ecological approach to the improvement of agroecosystems in organic farming can be carried out using indicators of the variety physiological and biochemical properties interaction with physiological properties of phytopathogenic fungi, namely sporulation intensity and mycelial radial growth rate. This can increase the level of biosafety in agroecosystems and improve the quality of plant raw materials.

Key words: the frequency of occurrence, mycelium radial growth, sporulation intensity, phytosanitary optimization, wheat winter agrophytocenoses.

Problem statement and analysis of recent research. Recently, organic farming has become especially widespread in Ukraine, denying the use of chemical plant protection products, genetically modified organisms and synthetic fertilizers. In this regard, the urgent problem is to find ways to control the number of pests in crops agroecosystems in organic farming [1, 2].

Infectious diseases of plants, including winter wheat, caused by phytopathogenic micromycetes are listed as dangerous factors of environmental pollution along with radionuclides, heavy metals

and chemical pesticides. These factors can quickly overcome the crops resistance, multiply intensively and cause epiphytotics. Epiphytotics of ecologically dangerous diseases, such as brown leaf, stem and yellow rust, powdery mildew, septoria, pyrenophora, virus types are increasingly observed in the structure of winter wheat crops in Ukraine [3, 4, 5]. In the conditions of invariable wheat crops dominance or crop rotations with short alternation, similar crops saturation, introduction of zero or minimum tillage, cultivation of disease-resistant, homogeneous varieties, caus-

es disruption of the natural connections between the host plant and the pathogen which results in the expansion of species diversity and increased pathogens harmfulness of winter wheat [6, 7].

Studying the mechanisms and factors determining the rate of natural ecological fungi-parasites formation is of great practical importance. Simplification of multiple ecosystems transforms their optimal functioning and stability, which leads to the deterioration the ecology agrocenoses [8]. Particular attention should be paid to the toxic properties of pathogens and their ability to accumulate in the soil, seeds and plant residues. This will allow to improve the ecological safety of agro-ecosystems, the food and feed industry, which will greatly improve human and animal health.

Peculiarities of phytopathogenic background formation of micromycetes, pathogens of winter wheat diseases in the conditions of organic production are analyzed. In the phytopathogenic complex, the leading place is occupied by micromycetes. The pathogens of root rot and powdery mildew prevail. The area of crops affected by these diseases ranges from 32.5 to 75.0 %, and it reaches 100 % in some years. The spread of diseases in winter wheat plants ranges from 4.2 to 19.8 %, and their development ranges from 1.6 to 14.0 %. *Alternaria* and *Fusarium* dominate among the wheat ear diseases. Reduction of crop yields under intensive development and spread of diseases can reach 60–70 % [9–11]. Also, according to scientific data [12], global warming, especially in the winter months, causes the range of pathogens expansion in areas where they have not occurred before [13, 14]. Thus, numerous studies are aimed at studying meteorological conditions during the growing season, which is an important factor in the implementation of cereals productivity, their resistance to lodging and the development of pathogens of major diseases [15–18]. Genetic variability (gene mutations, recombination) and their use in selections that open access get plants is of great interest for foreign authors given since it provides comprehensive resilience to the harmful organisms and various agro-climatic conditions [19, 20]. However, the advantages of many resistant varieties are short-time, because new types of resistant phytopathogenic microorganisms arise during their production. Varieties that have lost their resistance become reservoirs of highly pathogenic races and strains of phytopathogenic microorganisms, which can multiply and cause epiphytotic [21, 22]. Thus, agroecosystems recovery in organic farming can be achieved through agrocenoses phytosanitary status optimization the using a plant variety as a trophic factor

influencing the phytopathogenic fungi population.

The aim of the research is to determine the ecological role of winter wheat varieties in the agrocenoses phytosanitary optimization.

Materials and methods of research. The research was carried out in the laboratory of agroecosystems biocontrol and organic production in the Institute of Agroecology and Nature Management of NAAS and in the research field of Skvyra research station of organic production of IAP NAAS. Two varieties of winter wheat were used for research: Poliska 90 (STC of the Institute of Agriculture of NAAS) and Podolyanka (Institute of Plant Physiology and Genetics of the NAS of Ukraine, Myronivsky Wheat Institute named after V.M. Remeslo, UAAS). Plant samples were taken in agrocoenotic populations of winter wheat varieties grown using organic technology. To detect endophytic and ectophytic plant diseases, a biological method was used according to DSTU 4138-2002 (National Standard of Ukraine) [23].

Four samples, 50 seeds each, were selected according to DSTU 4138. The seeds were disinfected for 5 min in 0.5 % potassium permanganate solution and washed with sterile water. The seeds were decomposed in petri dishes on agar nutrient medium and germinated in thermostats at a temperature of 27–30 °C for 7–10 days according to the generally accepted methods [23–25]. The fungi were identified on the 10th days after the mycelium colonies formation and sporulation beginning. Determinants were used to identify ectophytic and endophytic structures of the phytopathogenic fungi [26–28]. Indicator of frequency occurrence (FO) in some fungus species in the seeds of various crops was calculated according to the formula [29]:

$$A = \frac{B \times 100\%}{C}$$

where: A – the frequency of occurrence in species;
B – the number samples in which this species was detected;
C – the total number of selected species.

A common method was used to determine the indicator of variability of the obtained isolate of *Alternaria*, extracted from the seeds of Podolyanka and Poliska 90 winter wheat varieties [30, 31]. The fungi *Alternaria* cultures were grown on solid potato-glucose nutrient medium with addition of 1 ml of the variety exudates per 10 ml of nutrient medium [30]. To obtain the metabolites of winter wheat plant varieties, 50 seeds of each studied variety were selected and sterilized in accordance with DSTU 4138 [23]. The seeds were soaked in water and kept for 3–5 days until the formation

the seedlings 2–3 cm long. Ten seedlings of each variety were placed in petri dishes with sterile distilled water, where they were kept for 72 hours in diffused light at a temperature of 22–24 °C. The exudates were washed and filtered through a microporous bacterial filter (0.02 μm).

To determine the fungi growth rate, the diameter of the colonies was measured every 24 hours. The fungi culture speed growth was calculated according to the formula:

$$Kr = \frac{(r1 - r0)}{(t1 - t0)}$$

where: Kr – radial rate of the colonies growth;
r0 – radius of the colonies at time t0;
r1 – radius of the colonies at time t1.

Spore formation intensity was determined by direct counting of the spores number in the Goryaev-Tom chamber [32]. Mathematical analysis of experimental data was performed using Microsoft Office Excel software.

Qualitative indicators were studied according to DSTU 3768: 2019 Wheat. Technical conditions [33, 34]. The method is based on the use of dependences of the absorption spectral characteristics, light transmission or reflection in the infrared section of the spectrum on the grain content and (or) its processing products components.

Research results and discussion. According to the results of the research, the seeds of winter wheat varieties Podolyanka and Poliska 90, sown by organic technology, were analyzed. It is established that the mycobiome of winter wheat seeds of Poliska 90 variety is represented mainly by fungi genera: *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*. The amount of affected seeds of this winter wheat variety was 67.5% and 6 species of phytopathogenic micromycetes were found to par-

asitize on Podolyanka winter wheat variety seeds: *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Trichothecium*. The seed damage was 60 %. Significant increase in air temperature above +24 °C and relative humidity 95–97 % during the flowering of wheat and milk ripeness the grain contributed to spreading genus *Alternaria* Nees. micromycetese which were characterized by a high frequency of occurrence (50 %). The seeds the affected by fungi *Alternaria* were physiologically underdeveloped, had low germination energy, which averaged 40 %. Plants with such seeds lag behind in growth and development. Therefore, the study was aimed on studying the characteristics synecological relationships between winter wheat varieties grown with organic technology and phytopathogenic isolates of *Alternaria* genus fungi. Other species were not characterized by a low frequency (1–13 %) (Fig. 1).

The variability indicators obtained from *Alternaria* isolate extracted from Podolyanka and Poliska 90 winter wheat varieties seeds were studied to determine the ecological role of the variety in phytosanitary optimization of grain agroecosystems (Fig. 2).

According to the results presented in Figure 2, it was found that the radial mycelium growth of the *Alternaria* fungus cultures that passed through the Podolyanka variety genotype increased significantly compared to the Poliska 90 variety, where the radial growth rate was lower. The high rate of radial growth of mycelium, which passed through the Podolyanka variety genotype, indicates insufficient resistance to the environment and rapid reproduction of the fungus *Alternaria*, which contributes to the contamination agrophytocenoses by the pathogen propagative structures.

A similar dependence was observed in determining the intensity of fungi sporulation of the ge-

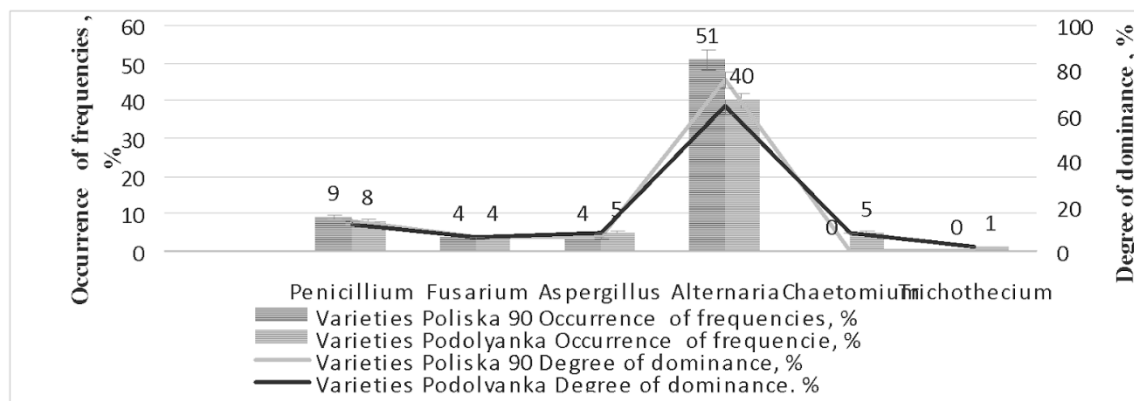


Fig. 1. Mycobiome of Podolyanka and Poliska 90 winter wheat varieties seeds grown with organic technology.

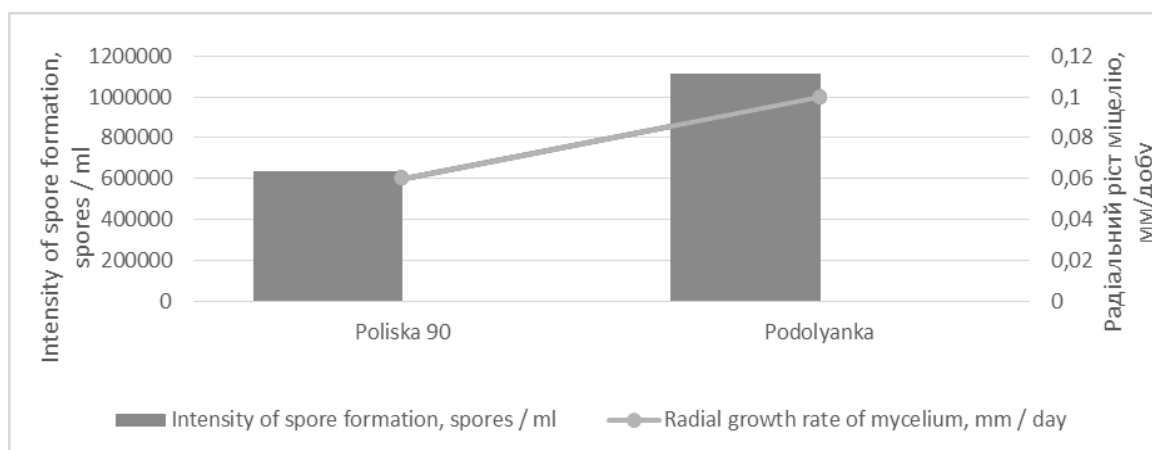


Fig. 2. Spore intensity and radial growth rate of a micromycete of the *Alternaria Nees* genus.

nus *Alternaria* under the influence of the Poliska 90 and Podolyanka winter wheat varieties. On the seeds of Podolyanka variety the intensity of genus *Alternaria* micromycetes spore formation was high and amounted to 1.1 million spores/ml. It is known that 100 % of crops are damaged at optional parasitic conidia fungi concentrations within 1 million pcs/ml (Geshele, 1954). Therefore, the Podolyanka seeds are able to stimulate the fungi spore formation, which can contribute to the epiphytic development of the disease on winter wheat plants and result in biological contamination of agroecosystems. At the same time, the intensity of spore formation was almost twice lower on the Poliska 90 variety seeds. This gives reason to believe that the physiological and biochemical mechanisms of the Poliska 90 crops are able to restrain the intensity of micromycetes spore formation of the genus *Alternaria* at an environmentally safe level (Fig. 2).

Were studied the quality indicators winter wheat sowing varieties Poliska 90 and Podolyanka, grown by organic technology (Fig. 3).

The results presented in Figure 3 show that the Podolyanka and Poliska 90 winter wheat varieties seeds are characterized by low protein content (7–9 %) and high humidity (12.5 %). By raw gluten content, they belong to the quality group 3, in accordance with the requirements of DSTU 3768: 2019 "Winter processing. Specifications". Fungi *Alternaria* isolates developed intensively on the Podolyanka winter wheat variety grain, which is characterized by low protein and gluten content. However, the development of the fungi was significantly lower on the Poliska 90 variety grain, which is characterized by a slightly higher content of protein and gluten. The development of saprophytic mycoflora, including the genus *Alternaria* fungi on the winter wheat grain is known [35] to contribute to poor yields and deterioration of grains technological qualities.

Thus, system-ecological approach to the improvement of agroecosystems in organic farming is possible through the use indicators of interaction physiological and biochemical properties of

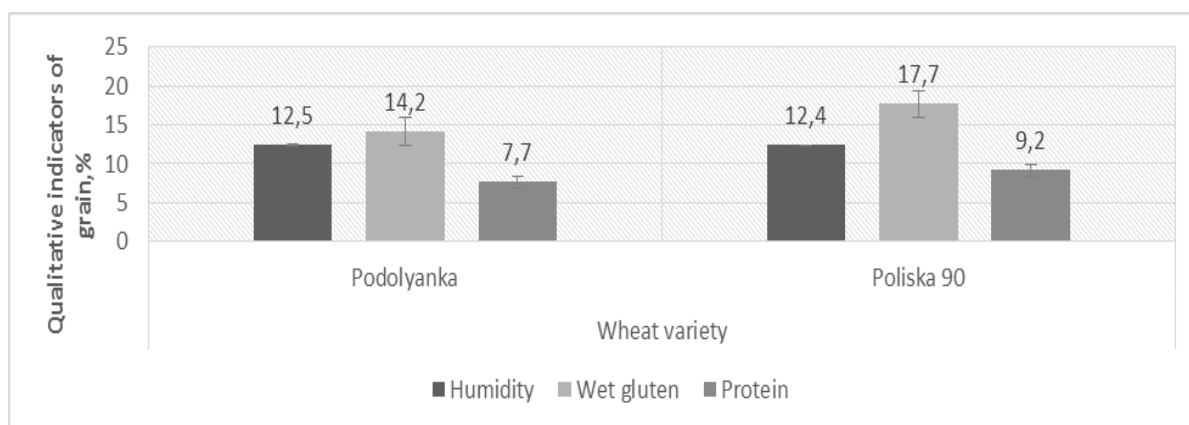


Fig. 3. Indicators of Poliska 90 and Podolyanka winter wheat varieties grain quality.

the variety with physiological properties of phytopathogenic fungi, namely intensity sporulation and speed radial growth mycelial. This will make it possible to obtain ecological clean and safe crop products using organic technologies cultivation.

Conclusions. Mycobiota of Podolyanka and Poliska 90 winter wheat varieties seeds is represented mainly by genera *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Trichothecium* fungi. They are characterized by various levels of pathogenicity, depending on the physiological and biochemical properties of the host variety. Significant increase in air temperature above +24 °C and relative humidity 95–97 % during the wheat flowering and milking stage of grain ripeness contributed to spreading of micromycetes of the genus *Alternaria* Nees., wh (50 %). The seeds affected by fungi *Alternaria* were physiologically underdeveloped, had low germination energy which averaged 40 %. Plants from such seeds lag behind in growth and development.

The physiological and biochemical mechanism of the Podolyanka winter wheat variety stimulates mycelium radial growth and intensity of fungi *Alternaria* culture sporulation, which contributes to the contamination of agrophytocenoses by propagative structures the pathogen. However, the intensity of spore formation and the rate of mycelium radial growth on Poliska 90 variety seeds, was significantly lower. This fact gives reason to believe that the physiological and biochemical mechanism of the Poliska 90 variety plants is able to restrain the intensity of the genus *Alternaria* micromycetes spore formation at an ecologically safe level.

The Podolyanka and Poliska 90 winter wheat varieties seeds are characterized by low protein content (7–9 %) and high humidity (12.5 %). According to the content of raw gluten, they belong to the third quality group, in accordance with the requirements of DSTU 3768: 2019 "Winter processing. Specifications". *Alternaria* fungi isolates more intensively developed on the Podolyanka winter wheat variety grain, which is characterized by a lower content of protein and gluten.

System-ecological approach to the improvement of agroecosystems in organic farming can be carried out using indicators of the variety physiological and biochemical properties interaction with physiological properties of phytopathogenic fungi, namely sporulation intensity and mycelial radial growth rate. This will ensure phytosanitary optimization of agroecosystems considering the laws of interaction of plants and micromycetes, without disturbing the biological balance, which will further create stable ecosystems in winter wheat agrophytocenoses, and thus reduce their biological and chemical pollution.

LIST OF REFERENCES

1. Dankevych Ye., Dankevych V., Chaikin O. Ecologically certified agricultural production management system development. Agricultural and Resource Economics. 2016. Vol. 2. № 4. С. 5–16.
2. Фурдичко О.І. Агроєкологія – фундаментальна основа формування збалансованої агросфери. Агроєкологічний журнал. 2014. № 3. С. 7–13.
3. Маркелова Т.С. Фитосанитарная ситуация в агроценозе злаковых культур Поволжья. Защита и карантин растений. 2015. № 5. С. 22–23.
4. Дьяков Ю.Т. Инвазии фитопатогенных грибов. М.: URSS, 2018. 260 с.
5. Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С., Бородай В.В. Особливості формування фітопатогенного фону мікроміцетів – збудників хвороб в агроценозах зернових злакових культур Правобережного Лісостепу України. Агроєкологічний журнал. 2020. № 1. С. 28–38.
6. Соколова Г.Д. Патогенность *Fusarium graminearum*, *F. culmorum* и резистентность зерновых культур. Микология и фитопатология. 2005. Т. 39. Вып. 5. С. 1–11.
7. Dighton J. Fungi in ecosystem processes. Marcel Dekker Inc. 2003. P. 22–26.
8. Gilbert J., Haber S. Overview of some recent research developments in fusarium head blight of wheat. Plant Pathol, 2013. Vol. 35. P. 149–174.
9. Сільськогосподарська фітопатологія / Марков І.Л. та ін. К.: Інтерсервіс, 2017. 574 с.
10. Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region / Novmoller M.S. et al. Plant Pathol. 2015. Vol. 65. P. 402–411.
11. Голячук Ю. Розвиток основних грибних хвороб пшениці озимої в умовах Навчально-науково-дослідного центру Львівського національного аграрного університету. Вісник Львівського національного аграрного університету. 2015. № 19. С. 165–168.
12. Швартау В.В., Михальська Л.М., Зозуля О.Л. Поширення фузаріозів в Україні. Агроном. 2017. № 4. С. 40–43.
13. Левитин М.М. Изменение климата и прогноз развития болезней растений. Микология и фитопатология. 2012. № 46. С. 14–19.
14. Мікози зерна пшениці озимої / Ретьман С.В. та ін. Карантин і захист рослин. 2018. № 11–12. С. 1–3.
15. Маркевич И.М., Буштевич В.Н. Результаты изучения исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Беларуси. Земледелие и селекция в Беларуси. 2013. Вып. 49. С. 282–291.
16. A 1BL/1RS translocation contributing to kernel length increase in three wheat recombinant inbred line populations / Li S.Q. et al. Czech J. Genet. Plant Breed. 2020. 56. P. 43–51. DOI: <https://doi.org/10.17221/79/2019-CJGPB>
17. Cytological and molecular characterization of *Thinopyrum bessarabicum* chromosomes and structural rearrangements introgressed in wheat / Jianyong Chen et al. Molecular Breeding. 2019. 39. P. 10–11. DOI: <https://doi.org/10.1139/gen-2016-0095>
18. Lacko-Bartocova M., Otepka P. Evaluation of chosen yield components of spelt wheat cultivars. J. Central Eur. Agric. 2001. № 2. P. 279–284.

19. Парфенюк А.І. Методологічні підходи до оцінювання сорту рослин за стійкістю до фітопатогенних грибів та впливом на інтенсивність утворення їх пропагул. Агроекологічний журнал. 2012. № 3. С. 90–93.

20. Парфенюк А.І. Сорти сільськогосподарських культур, як фактор біоконтролю фітопатогенних мікроорганізмів в агрофітоценозах. Агроекологічний журнал. 2009. С. 248–250

21. Парфенюк А.І. Сорт рослин як чинник біологічної безпеки в агроценозах України. Агроекологічний журнал. 2017. № 2. С. 155–163.

22. Екологічне оцінювання культурних рослин за впливом на формування популяцій фітопатогенних грибів: методичні рекомендації / Парфенюк А.І. та ін. Київ, 2015. 40 с.

23. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004.01.01]. Вид. офіц. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

24. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості: технічні умови. [Чинний від 1997.07.01]. Вид. офіц. К.: Держстандарт України, 1994. 73 с.

25. Билай В.І. Методы экспериментальной микологии. К.: Наукова думка, 1982. 550 с.

26. Пидопличко Н.М., Милько А.А. Атлас муковокых грибов. К.: Наук. думка, 1971. 115 с.

27. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений: определитель в 3-х т. К.: Наук. думка. Т. 1. 1977. 295 с.; Т. 2. 1977. 299 с.; Т. 3. 1978. 230 с.

28. Kirk P.M., Cannon P.F., Davidand P.M. Ainsworth hand Bisbys Dictionary of the Fungi. Wallingford: CAB International. 2001. P. 655–656.

29. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1988. 205 с.

30. Петюх Г.П. Визначення стимуляції росту діазотрофних бактерій ексудатами проростків ячменю: метод. рекомендації. К.: ЛОГОС, 2004. 13 с.

31. Лемеза Н.А. Иммунитет растений: практикум для студентов биол. фак. Минск: БГУ, 2008. 96 с.

32. Методы экспериментальной микологии / Дудка И.А. и др. К.: Наукова думка, 1982. 548 с.

33. Казаков Е.Д. Методы оценки качества зерна. М.: Агропромиздат, 1987. 215 с.

34. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови [Чинний від 2019.07.13]. Вид. офіц. Київ: ДП "Укр НДНЦ", 2019. 19 с.

35. Волощук О.П., Воробйова Ю.В. Зниження хіміко-технологічних показників якості зерна сортів пшениці озимої під впливом ензимо-мікозного виснаження зерна. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2011, Вип. 53 (II). С. 17–22.

REFERENCES

1. Dankevych, Ye., Dankevych, V., Chaikin O. (2016). Ecologically certified agricultural production management system development. Agricultural and Resource Economics. Vol. 2, no. 4, pp. 5–16.

2. Furdychko, O.I. (2014). Ahroekolohiya – fundamentalna osnova formuvannya zbalansovanoi ahrosfery [Agroecology is the fundamental basis for the formation of a balanced agrosphere]. Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal], no. 3, pp. 7–13.

3. Markelova, T.S. (2015). Fitosanitarnaya situatsiya v agrotsenoze zlakovykh kultur Povolzhya [Phytosanitary Situation in the Agrocenosis of Grain Crops of the Volga Region]. Zashchita i karantin rasteniy [Plant protection and quarantine], no. 5, pp. 22–23.

4. Dyakov, YU.T. (2018). Invazii fitopatogennykh gribov [Invasions of phytopathogenic fungi]. Moscow, URSS, 260 p.

5. Mostovyak, I.I., Demyanyuk, O.S., Boroday, V.V. (2020). Osoblyvosti formuvannya fitopatohennoho fonu mikromitsetiv – zbudnykiv khvorob v ahrotsenozakh zernovykh zlakovykh kultur Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of phytopathogenic background formation of micromycetes – pathogens in agrocenoses of grain cereals of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal], no. 1, pp. 28–38.

6. Sokolova, G.D. (2005). Patogennost *Fusarium graminearum*, *F. culmorum* i rezistentnost zernovykh kultur [Pathogenicity of *Fusarium graminearum*, *F. culmorum* and resistance of cereals]. Mikologiya i fitopatologiya [Mycology and phytopathology]. Vol. 39, Issue 5, pp. 1–11.

7. Dighton, J. (2003). Fungi in ecosystem processes. Marcel Deccer Inc. pp. 22–26.

8. Gilbert, J., Haber, S. (2013). Overview of some recent research developments in fusarium head blight of wheat. Plant Pathol. Vol. 35, pp. 149–174.

9. Markov, I.L., Bashta, O.V., Hentosh, D.T. (2017). Silskohospodarska fitopatolohiya [Agricultural phytopathology]. Kyiv, Interservis, 574 p.

10. Hovmoller, M.S., Walter, S., Bayles, R.A. (2015). Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. Plant Pathol. Vol. 65, pp. 402–411. Available at: <https://doi.org/10.1111/ppa.12433>

11. Holyachuk, Y.U. (2015). Rozvytok osnovnykh hrybnykh khvorob pshenytsi ozymoyi v umovakh Navchalno-naukovodoslidnoho tsentru Lvivskoho natsionalnoho aharnoho universytetu [Development of the main fungal diseases of winter wheat in the conditions of the Educational and Research Center of Lviv National Agrarian University]. Visnyk Lvivskoho natsionalnoho aharnoho universytetu [Bulletin of Lviv National Agrarian University], no. 19, pp. 165–168.

12. Shvartau, V.V., Mykhalska, L.M., Zozulya, O.L. (2017). Poshyrennya fuzarioziv v Ukraini [Distribution of fusarium wilt in Ukraine]. Ahronom [Agronomist], no. 4, pp. 40–43.

13. Levitin, M.M. (2012). Izmeneniye klimata i prognoz razvitiya bolezney rasteniy [Climate change and forecast of development of plant diseases]. Mikologiya i fitopatologiya [Mycology and phytopathology], no. 46, pp. 14–19.

14. Retman, S.V., Kyslykh, T.M., Shevchuk, O.V. (2018). Mikozy zerna pshenytsi ozymoyi [Mycoses of winter wheat grain]. Karantyn i zakhyst Roslyn [Quarantine and plant protection], no. 11–12, pp. 1–3.

15. Markevich, I.M., Bushtevich, V.N. (2013). Rezultaty izucheniya iskhodnogo materiala dlya seleksii yarovoy myagkoy pshenytsy v usloviyakh Belarusi [Results of the study of the source material for the selection of spring soft wheat in the conditions of Belarus]. Zemledeliye i selektsiya v Belarusi [Agriculture and breeding in Belarus]. Issue 49, pp. 282–291.

16. Li, S.Q., Tang, H.P., Zhang, H., Mu, Y., Lan, X.J., Ma, J. (2020). A 1BL/1RS translocation contributing to ker-

nel length increase in three wheat recombinant inbred line populations. *Czech J. Genet. Plant Breed.* no. 56, pp. 43–51. Available at: <https://doi.org/10.17221/79/2019-CJGPB>

17. Jianyong, Chen, Yuqing, Tang, Lesha, Yao, Hao, Wu, Xinyu, Tu, Lifang, Zhuang, Zengjun, Qi. (2019). Cytological and molecular characterization of *Thinopyrum bessarabicum* chromosomes and structural rearrangements introgressed in wheat. *Molecular Breeding.* no. 39, pp. 10–11. Available at: <https://doi.org/10.1139/gen-2016-0095>

18. Lacko-Bartocova, M., Otepka, P. (2001). Evaluation of chosen yield components of spelt wheat cultivars. *J. Central Eur. Agric.* no. 2, pp. 279–284.

19. Parfenyuk, A.I. (2012). Metodolohichni pidkhody do otsinyuvannya sortu roslin za stiykisty do fitopatohennykh hrybiv ta vplyvom na intensyvniost' utvorenniya yikh propahul [Methodological approaches to the evaluation of plant varieties for resistance to phytopathogenic fungi and the impact on the intensity of their propagating]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*, no. 3, pp. 90–93.

20. Parfenyuk, A.I. (2009). Sorty silskohospodarskykh kultur, yak faktor biokontrolyu fitopatohennykh mikroorganizmiv v ahrofitotsenozakh [Crop varieties as a factor of biocontrol of phytopathogenic microorganisms in agrophytocenoses]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*, pp. 248–250

21. Parfenyuk, A.I. (2017). Sort roslin yak chynnyk biolohichnoyi bezpeky v ahrotsenozakh Ukrayiny [Plant variety as a factor of biological safety in agrocenoses of Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*, no. 2, pp. 155–163.

22. Parfenyuk, A.I., Horhan, T.M., Sterlikova, O.M., Beznosko, I.V. (2015). Ekolohichne otsinyuvannya kul'turnykh roslin za vplyvom na formuvannya populatsiy fitopatohennykh hrybiv: metodychni rekomendatsiyi [Ecological assessment of cultivated plants by influence on the formation of populations of phytopathogenic fungi]. *Kyiv, 40 p.*

23. DSTU 4138-2002. Nasinnyia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennya yakosti. [Chynnyy vid 2004.01.01] [DSTU 4138-2002. Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality. [Effective from 01.01.2004]]. *Kyiv, Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2003, 173 p.*

24. DSTU 2240-93. Nasinnyia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti: tekhnichni umovy. [Chynnyy vid 1997.07.01] [DSTU 2240-93. Seeds of agricultural crops. Varietal and sowing qualities: technical conditions. [Effective from 07.01.1997]]. *Kyiv, Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 1994, 73 p.*

25. Bilay, V.I. (1982). *Metody eksperimentalnoy mikologii [Experimental mycology methods]*. *Kyiv, Scientific thought, 550 p.*

26. Pidoplichko, N.M., Milko, A.A. (1971). *Atlas mukorovykh gribov [Atlas of mucor mushrooms]*. *Moscow, Scientific Thought, 115 p.*

27. Pidoplichko, N.M. (1977, 1978). *Griby-parazyty kul'turnykh rastenyi [Parasitic fungi of cultivated plants]*. *Moscow, Scientific Thought, Vol. 1, 295 p., Vol. 2, 299 p., Vol. 3, 230 p.*

28. Kirk, P.M., Cannon, P.F., Davidand, P.M. (2001). *Ainswort hand Bisbys Dictionary of the Fungi*. *Wallingford: CAB International. pp. 655–656.*

29. Mirchink, T. (1988). *Pochvennaya mikologiya [Soil mycology]*. *Moscow, Publishing House MGU, 205 p.*

30. Petyukh, H.P. (2004). *Vyznachennya stymulyatsiyi rostu diazotrofnnykh bakteriy eksudatamy prorostkiv yachmenyu: metod. rekomendatsiyi [Determination of stimulation of growth of diazotrophic bacteria by exudates of barley seedlings]*. *Kyiv, LOHOS, 13 p.*

31. Lemeza, N.A. (2008). *Immunitet rastenyi: praktikum dlya studentov biol. fak. [Plant immunity]*. *Minsk, BGU, 96 p.*

32. Dudka, I.A., Vasser, S.P., Ellanskaya, I.A. (1982). *Metody eksperimentalnoy mikologii [Experimental mycology methods]*. *Kyiv, Scientific Thought, 548 p.*

33. Kazakov, Ye.D. (1987). *Metody otsenki kachestva zerna [Grain quality assessment methods]*. *Moscow, Agropromizdat, 215 p.*

34. DSTU 3768:2019. Pshenytsya. Tekhnichni umovy [Chynnyy vid 2019.07.13]. *Vyd. ofits. [DSTU 3768: 2019. Wheat. Technical conditions [Effective from 2019.07.13]]. Kyiv, DP "Ukr NDNTS", 2019, 19 p.*

35. Voloshchuk, O.P., Vorobyova, YU.V. (2011). *Znyzhennya khimiko-tekhnolohichnykh pokaznykiv yakosti zerna sortiv pshenytsi ozymoi pid vplyvom enzymo-mikoznoho vysnazhennya zerna [Reduction of chemical-technological indicators of grain quality of winter wheat varieties under the influence of enzymatic-mycosis depletion of grain]*. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynyystvo [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry]*. *Issue 53 (II), pp. 17–22.*

Екологічне значення сортів пшениці озимої у фітосанітарній оптимізації агроєкосистем

Безноска І.В., Парфенюк А.І., Горган Т.М., Гаврилюк Л.В., Туровнік Ю.А.

Мікобіота насіння пшениці озимої сортів Подолянка і Поліська 90 представлена переважно грибами родів: *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Trichothecium*, що характеризуються різним рівнем патогенності, залежно від фізіолого-біохімічних властивостей сорту-живителя. Значне підвищення температури повітря і відносної вологості в період цвітіння пшениці і молочної сплості зерна сприяло поширенню мікроміцетів роду *Alternaria* Nees. (50 %). Насіння, уражене альтернаріозом, було фізіологічно недорозвинене, мало низьку енергію проростання і схожість, що становила в середньому 40 %. Рослини з такого насіння відставали у рості і розвитку.

Встановлено, що фізіолого-біохімічний механізм рослин сорту пшениці озимої Подолянка стимулює радіальний ріст міцелію та інтенсивність споруляції культур гриба *Alternaria*. Це свідчить про швидке розмноження мікроміцетів, що спричиняє забруднення агрофітоценозів пропативними структурами патогену. Водночас, на насінні сорту Поліська 90 інтенсивність спорування і швидкість радіального росту міцелію була істотно нижчою. Це дає підстави вважати, що фізіолого-біохімічний механізм рослин сорту Поліська 90 здатний стримувати інтенсивність спорування мікроміцету роду *Alternaria* на екологічно безпечному рівні.

Доведено, що насіння сортів пшениці озимої Подолянка та Поліська 90 характеризується низьким вмістом білка та високою вологістю. За вмістом сирої клейковини вони належать до третьої групи якості. Ізоляти грибів роду *Alternaria* інтенсивніше розвивалися на зерні пше-

ниці озимої сорту Подолянка, яке характеризується нижчим вмістом білка і клейковини. Водночас, на зерні сорту Поліська 90, яке характеризується дещо вищим вмістом білка і клейковини, розвиток грибів був істотно нижчим.

Системно-екологічний підхід до оздоровлення агро-екосистем в умовах органічного землеробства можливий завдяки використанню показників взаємодії фізіолого-біохімічних властивостей сорту із фізіологічними властивостями фітопатогенних грибів, а саме інтенсивність споруляції та швидкість радіального росту мицелію. Це дасть змогу підвищити рівень біобезпеки в агроекосистемах та покращить якість рослинної сировини.

Ключові слова: частота трапляння, радіальний ріст мицелію, інтенсивність споруляції, фітосанітарна оптимізація, агрфітоценози пшениці озимої.

Экологическое значение сортов пшеницы озимой в фитосанитарной оптимизации агроэкосистем

Безноско И.В., Парфенюк А.И., Горган Т.М., Гаврилюк Л.В., Туровник Ю.А.

Микобиота семян пшеницы озимой сортов Подолянка и Полесская 90 представлена грибами родов: *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Trichothecium*, характеризующимися различным уровнем патогенности, в зависимости от физиолого-биохимических свойств сорта-хозяина. Значительное повышение температуры воздуха и относительной влажности в период цветения пшеницы и молочной спелости зерна способствовало распространению микромицетов рода *Alternaria* Nees. (50 %). Семена, пораженные грибами родов *Alternaria*, были физиологически недоразвитыми, имели низкую энергию прорастания и всхожесть, которая составляла в среднем 40 %. Растения из таких семян отставали в росте и развитии.

Установлено, что физиолого-биохимический механизм растений сорта пшеницы озимой Подолянка сти-

мулирует радиальный рост мицелия и интенсивность споруляции культур гриба *Alternaria*. Это свидетельствует о скором размножения микромицетов, что способствует загрязнению агрофитоценозов пропатогенными структурами патогена. В то же время, на семенах сорта Полесская 90 интенсивность спорообразования и скорость радиального роста мицелия была существенно ниже. Это дает основания полагать, что физиолого-биохимический механизм растений сорта Полесская 90 способен сдерживать интенсивность спорообразования микромицетов рода *Alternaria* на экологически безопасном уровне.

Доказано, что семена сортов пшеницы озимой Подолянка и Полесская 90 характеризуются низким содержанием белка и высокой влажностью. По содержанию сырой клейковины они принадлежат к третьей группе качества. Изоляты грибов рода *Alternaria* интенсивнее развивались на зерне пшеницы озимой сорта Подолянка, характеризующимся низким содержанием белка и клейковины. В то же время, на зерне сорта Полесская 90, характеризующимся несколько более высоким содержанием белка и клейковины, развитие грибов было существенно ниже.

Системно-экологический подход к оздоровлению агроэкосистем в условиях органического земледелия возможен за счет использования показателей взаимодействия физиолого-биохимических свойств сорта с физиологическими свойствами фитопатогенных грибов, а именно интенсивность споруляции и скорость радиального роста мицелия. Это позволит повысить уровень биобезопасности в агроэкосистемах и улучшить качество растительного сырья.

Ключевые слова: частота встречаемости, радиальный рост мицелия, интенсивность споруляции, фитосанитарная оптимизация, агрфітоценози пшениці озимої.




Copyright: Beznosko I. et al. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Beznosko I.
Parfenyuk A.
Gorgan T.
Gavrilyuk L.
Turovnik Y.

<https://orcid.org/0000-0002-2217-5165>
<https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>
<https://orcid.org/0000-0001-8980-7895>
<https://orcid.org/0000-0001-6901-0766>
<https://orcid.org/0000-0003-3437-4660>

UDC 631.9:631.147:592.3

Effect of organic farming on the ladybird beetle diversity (Coleoptera: Coccinellidae)Grabovska T.¹ , Jelínek M.² , Shevchenko V.¹ ¹ Bila Tserkva National Agrarian University² Czech University of Life Sciences Prague Grabovska T. E-mail: grabovskatatiana@gmail.com

Grabovska T., Jelínek M., Shevchenko V. Effect of organic farming on the ladybird beetle diversity (Coleoptera: Coccinellidae) Zbirnyk naukovykh prac' «Агробіологія», 2021. no. 1, pp. 188–197.

Рукопис отримано: 19.04.2021 р.

Прийнято: 04.05.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-188-197

Coccinellidae perform the function of biological control of pests in nature, they eat aphids and other insects, which is important in organic agriculture. The aim of the work was to establish the distribution and species composition of the family Coccinellidae in the organic agro-landscape. The research was conducted at the Skvyra research station of organic production (Kyiv region, Ukraine). Insects were collected by entomological mowing with a net in four stages of plant development. The organic agro-landscape included crops of buckwheat, oats, soybeans and winter wheat. Data from neighbor conventional soybean and winter wheat ecosystems were used for comparison. The agroecosystems of these crops, which included fields, ecotones "field – field protective forest shelter belt", field protective forest shelter belts, were studied. The study identified 10 species of the family Coccinellidae, the number of species ranged from 1 to 89/100 waves, the largest in the ecosystem of organic winter wheat. *H. axiridis* belonged to the recedents and was found in five agroecosystems in the amount of 1-7 individuals / 100 waves. The most common species were *C. septempunctata*, *T. sedecimpunctata* and larvae of Coccinellidae, which were eudominant in the organic agro-landscape. Species *Vibidia sp.* was found only in organic agroecosystems of buckwheat and oats. The variety of ladybugs in organic winter wheat was higher than in conventional. Organic soybeans, in contrast, had less variety of Coccinellidae than conventional soybeans, as confirmed by cluster analysis. Species richness in crop ecosystems ranged from 3 to 8 in different study periods. High correlations of insect numbers were found between fields, ecotones and forest shelter belts, as well as between neighbor ecotones and neighbor forest belts, which indicates the migration of insects between these areas. Thus, the diversity and prevalence of Coccinellidae in the organic agro-landscape, compared to the traditional one, has been established.

Key words: ladybugs, organic farming, agrolandscape, agroecosystem, crops, species.

Problem statement and analysis of recent research. Coccinellidae (also referred to as ladybird beetle or ladybugs) are one of the most diverse beetles family of about 4,200–6,000 species distributed throughout the world [1, 2], inhabiting all types of terrestrial ecosystems [3]. The family Coccinellidae is divided into eight subfamilies: Sticholotidinae, Chilocorinae, Scymninae, Coccidulinae, Coccinellinae, Epilachninae, Hyperaspidae and Microweiseinae. Many of the species are characterized by a specific appearance of yellow, orange, and red and dark spots or stripes on wings covers. The size of adults varies between 0.8 and 18 mm long. The body is mostly

elliptical, dome-shaped with six short legs. Due to their scientific and economic importance, coccinellids are the subject of many studies of the last decades [1, 3].

About 90 % of coccinellids are carnivores [2], their preferred prey are small soft bodied insects such as aphids (Aphididae), mealy bugs (Pseudococcidae), whiteflies (Aleyrodidae), thrips (Thripidae), jassids (Cicadellidae) and psyllids (Psyllidae) [3, 4]. The insect-eating coccinellids play an important role as major predators of pests and in biological control strategies [5]. The preferred diet of larval and adult stages is generally the same [2], though larvae show lower consump-

tion rates than adults [6]. Most of the species lay eggs in the nearby location of their prey, to provide better access of larvae to nutrients.

Some species of Coccinellidae are phytophagous, feeding on plant tissue and pollen; or mycophagous, feeding on fungal spores. Phytophagous species can become a significant pest of fruit and wine production [7].

Many species of Coccinellidae are aphidophagous, feeding as larvae and adults on aphids, but some species also feed on other hemipterous insects (i.e., heteropterans, psyllids, whiteflies), beetle and moth larvae, pollen, fungal spores, and even plant tissue [8, 9]. The coccinellid has been introduced into at least 64 countries/territories to control more than 16 pest species [10].

Coccinellid beetles are effective natural enemies for biological control of pests, which are injurious to agricultural and forest plantations. These are environmentally friendly bugs and more effective without any harmful effects on non-target organisms. They can be used in classical, augmentative and conservation biological control programmes, and possesses a tremendous potential in these regards [10].

Intensive use of natural resources, construction, agricultural and other activities have significantly changed the vegetation of natural landscapes. This has led to disruption of the habitats of many biota species, including the number of Coccinellidae. In the temperate zone, dominant species are most often associated with large populations of prey on crops, weeds and trees as a result of human activity [11].

A variety of plant protection products and other agrochemicals are used in agro-ecosystems. Products approved for integrated pest management or organic farming should have minimal negative side effects on beneficial insects [12]. Coccinellidae are of high priority in organic cropping and integrated pest management systems. They are nature's own pest controllers and more effective than poisonous chemicals [10].

Insecticides used in crop production, such as dimethoate, lambda-cyhalothrin, deltamethrin, bifenthrin and, to a lesser degree, imidacloprid and acetamiprid, can be harmful to ladybugs, which are natural enemies of pests [12–15]. Thus, there are more these beetles in ecosystems untreated with pesticides [10].

Invasive species of coccinellides can threaten natural species through intra-guild predation or competition for resources, but their expected serious adverse effects on native species can vary widely [11]. Several species are biological control agents or widespread invasive species [8]. *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 (Coleop-

tera, Coccinellidae) is a globally invasive ladybird. It has been intentionally introduced in many countries as a biological control agent. As a predatory insect, *H. axyridis* plays a major role in natural pest control by regulating the population of their density [16]. However, the introduction of this species into unexplored ecosystems can cause unpredictable and undesirable effects. *H. axyridis* competes with native predators and parasitoids for common food resources and is effective in the predatory domestic guild. This has become a problem because with increasing population density of *H. axyridis*, local diversity is under pressure [17]. Nowadays its spread still poses a threat for the native Coccinellidae species in different regions, including Latvia, western and central Ukraine [18, 19]. Unlike other alien ladybirds, *H. axyridis* had higher potential dispersal ability [16].

The aim of the research was to establish the distribution and species composition of Coccinellidae family in the organic agro-landscape.

Material and methods of research. The research was carried out on organic and conventional fields of Skvyra research station of organic production (Kyiv region, Ukraine) in 2020 in the phases of plant development during the growing season: I – 24.05, II – 14.06, III – 29.06, IV – 17.07. The structural components of the crops agroecosystem were considered to be the field, the field protective forest shelter belts surrounding it, and the adjacent ecotones “field – forest shelter belt”. Insects were counted by entomological mowing per 100 waves of the net with a standard net diameter of 35 cm. The counts were carried out at equidistant sections in fields, adjacent ecotones “field – forest shelter belt”, field protective forest shelter belts. The area of organic fields was 5.30–8.62, the area of conventional fields – 2.0 hectares. The organic agro-landscape included agroecosystems of buckwheat, oats, soybeans, winter wheat, and the conventional agro-ecosystems included soybeans and winter wheat (they were used for comparison). The predecessor of soybeans was winter wheat, oats – buckwheat, winter wheat – milk thistle, buckwheat – oats.

Vegetation of field protective forest shelter belts is presented in the literature [20]. Weather conditions during the study period were arid. Technology used in organic fields included peeling stubble, autumn plowing, harrowing, disking area, pre-sowing plowing, spring harrow treatment once before sowing, once after sowing before germination, 3–4 times during the growing season with an interval of 4–5 days. Conventional technology: peeling stubble, autumn

plowing, harrowing, disking area, application of mineral fertilizers nitroammophoska 100 kg/ha before sowing, pre-sowing plowing, application of herbicides in the phase of 1–3 trifoliolate leaves against dicotyledonous annual weeds with “bazagan” 2.0–2.5 l/ha, application of herbicides at the height of cereal weeds 10–15 cm with “fusilade forte” 1.0–2.0 l/ha.

Statistical data processing was performed using Excell and IBM SPSS Statistics 26. The probability level was taken as 95 % ($p > 0.05$). Domination coefficient was calculated by the formula from Kasprzak & Niedbała [21]:

$$D_i (\%) = (n_i \times 100)/N, \quad (1)$$

where D_i – domination coefficient of particular species in percent; n_i – number of particular species; N – total number of all species collected.

There were five classes of domination coefficient: eudominants (EU) – more than 30 % of the total number of individuals recorded; dominants (D) – 20–30%; subdominants (SD) – 10–20 %; recedents (R) – 1–10 %; subrecedents (SR) – less than 1 %.

The frequency (F) provided information about the distribution of one species in the sampled area and was calculated according to Mühlenberg et al. [22]:

$$F = (G_i \times 100)/S, \quad (2)$$

where G_i = number of site records for a species i ; S = number of all sites surveyed.

The correlation coefficient was calculated by Pearson and the dendrogram using the method of Between-groups linkage by squared Euclidean distance.

Research results and discussion. Species of the family Coccinellidae, order Coleoptera, such

as *Adonia (Hippodamia) variegata* Goeze, 1777; *Coccinella septempunctata* L., 1758; *Propylea quatuordecimpunctata* L., 1758; *Thea vigintiduopunctata* L., 1758; *Tytthaspis sedecimpunctata* L., 1758; *Scymnus sp.*; *Harmonia axyridis* Pallas, 1773; *Vibidia sp.* were found in organic and conventional agrolandscapes. The largest number of individuals in the agroecosystem of buckwheat during the growing season had species *C. septempunctata* (31.7 % – EU), *P. quatuordecimpunctata* (21.7 % – D), as well as larvae of Coccinellidae (Table 1). In the agroecosystem of oats eudominants were larvae of the family Coccinellidae (40 %), other species were 0.8–20.8 %. In the agroecosystem of organic soybeans species *Scymnus sp.*, *H. axyridis*, *Vibidia sp.* were absent; sixteen-spot ladybird was eudominant – 39.7 %. There were no eudominants in organic winter wheat, but seven-spotted and 14-spotted ladybirds and family larvae were dominant. In conventional winter wheat, *C. septempunctata* and larvae Coccinellidae occupied a dominant position. According to Soares et al. (2018) [23], *C. septempunctata* are generally abundant in agricultural habitats. Makwela (2019) [24] considers the species *A. variegata* and *C. septempunctata* as the most common. The invasive species *H. axyridis* in the presented ecosystems occupied 2.1–3.9 %.

On average, in the field of buckwheat there were 18 individuals of ladybugs (Fig. 1), the maximum value – 57 individuals of the species *C. septempunctata*. In the agroecosystem of oats, the median was 5.5, the average value of individuals of species – 12. In agroecosystems of soybeans, the median in both cases was 3, the average value for organic soybeans – 6.3, for conventional – 9.5 individuals. In the ecosystem of organic winter wheat the largest number

Table 1 – Dominance of insect species in crops agroecosystems, %

Species	Buckwheat (organic)	Oats (organic)	Soybean (organic)	Soybean (conventional)	Winter wheat (organic)	Winter wheat (conventional)
<i>Adonia variegata</i>	R	R	R	R	R	SD
<i>Coccinella septempunctata</i>	EU	SD	SD	SD	D	D
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	D	D	SD	EU	D	SD
<i>Thea vigintiduopunctata</i>	R	R	R	R	R	SR
<i>Tytthaspis sedecimpunctata</i>	R	R	EU	R	R	R
<i>Scymnus sp.</i>	R	SR	–	R	R	R
<i>Harmonia axyridis</i>	R	R	–	R	R	R
<i>Vibidia sp.</i>	SR	R	–	–	–	–
Other Coccinellidae	R	SR	–	–	SR	SD
Larvae Coccinellidae	D	EU	SD	EU	D	D

of individuals of ladybugs (306) was recorded; *C. septempunctata* and *P. quatuordecimpunctata* had 88 and 89 individuals, respectively. These data are confirmed by Makwela (2019), who indicates that the adult *C. septempunctata* prefers aphids feeding on wheat [24]. Pushnya et al. (2020) [25] proved that the abundance of this species on wheat is sufficient to control aphids, even without pesticide tillage. On average, in our studies, 30.6 individuals of species were found in this agroecosystem. In the ecosystem of conventional winter wheat, an average of 10.9 individuals were recorded, a total 109. As a result of studies conducted by Grinko (2018) [26], such species of ladybugs as *C. septempunctata*, *A. variegata*, *P. quatuordecimpunctata* are stable present in crops wheat. In the early spring there is a mycetophage *T. vigintiduopunctata*.

According to the frequency of occurrence, *A. variegata*, *C. septempunctata*, *P. quatuordecimpunctata*, *T. vigintiduopunctata*, *T. sedecimpunctata* and larvae were found during the growing season in all (6) agroecosystems – in organic and conventional landscapes (Table 2). *Vibidia sp.* was recorded only in the organic agro-landscape in the I (buckwheat, oats) and II (oats) study period in single specimens. Therefore, according to Makwela (2019) [24] it can be considered as an indicator species. *H. axiridis* gradually occupied a smaller area with the development of plant vegetation, its frequency decreased from 66.7 % in the first period of the study to 0 % in the fourth period, although it was recorded in five agroecosystems (1–7 individuals/100 waves). As in the Medvid (2017) studies [27], the peak in the number of Coccinellidae larvae was observed in the second decade of June.

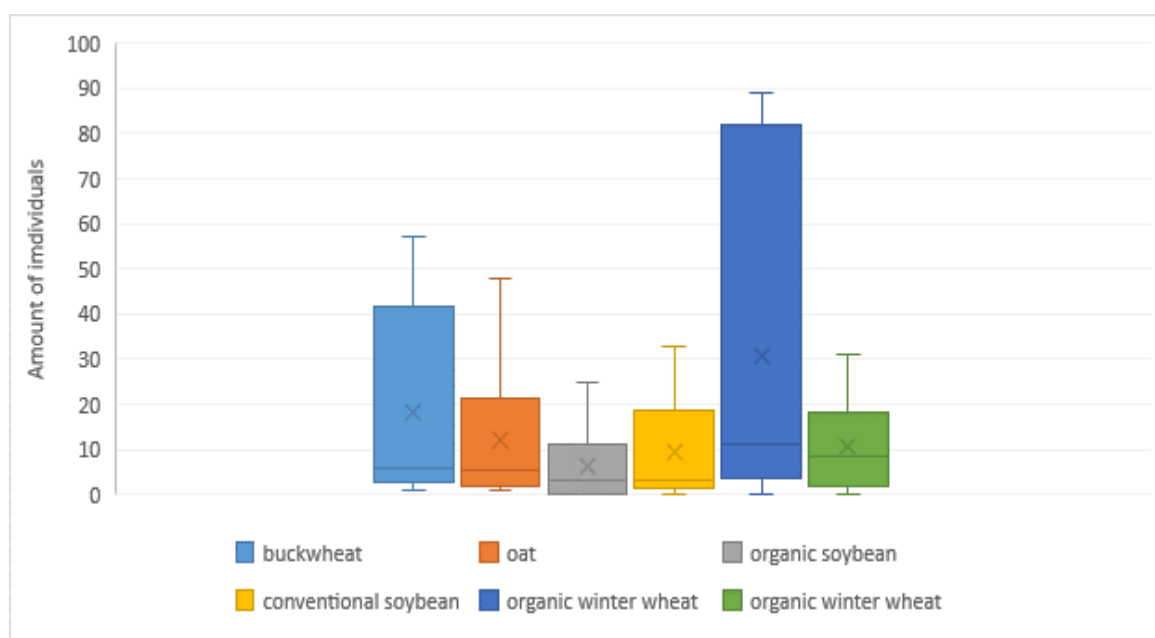


Fig. 1. The number of species individuals during the growing season in crops

Table 2 – Frequency of Coccinellidae species recorded during the vegetation study period in the crops agroecosystems, %

Species	I	II	III	IV	Total for the growing season
<i>Adonia variegata</i>	16.7	66.7	66.7	50.0	100.0
<i>Coccinella septempunctata</i>	66.7	100.0	100.0	83.3	100.0
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<i>Thea vigintiduopunctata</i>	16.7	66.7	83.3	50.0	100.0
<i>Tytthaspis sedecimpunctata</i>	33.3	16.7	50.0	83.3	100.0
<i>Scymnus sp.</i>	50.0	50.0	33.3	66.7	83.3
<i>Harmonia axiridis</i>	66.7	50.0	33.3	0.0	83.3
<i>Vibidia sp.</i>	0.0	0.0	66.7	16.7	66.7
Other Coccinellidae	33.3	16.7	0.0	0.0	33.3
Larvae Coccinellidae	16.7	100.0	0.0	0.0	100.0

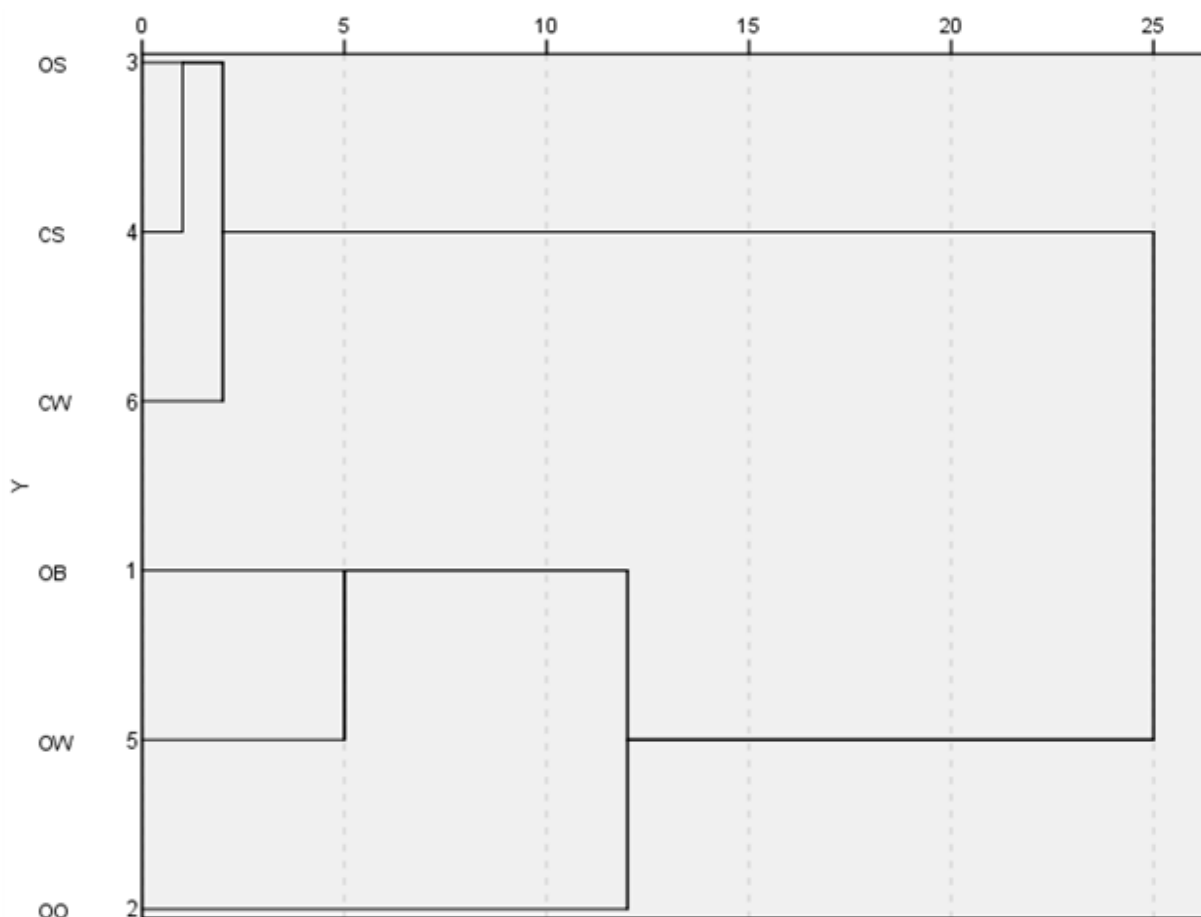
The number of species in agroecosystems varied during the growing season from 2 to 8 (Table 3). The greatest species richness and peaks in the number of Coccinellidae insects were observed in the second and third periods of the study. During the entire study period, the largest species richness was in agroecosystems of buckwheat and oats (10 species each), as well as winter wheat (9 species in organic and conventional).

These data are confirmed by cluster analysis (Fig. 2), because in both agroecosystems of soybean there was the lowest number of species, as well as in conventional winter wheat during the growing season. Organic winter wheat, buckwheat and oats are allocated to a separate group. This indicates a significant species diversity of these agroecosystems.

Table 3 – Species richness of ladybugs in crops agroecosystems*

Research period	Buckwheat (organic)	Oats (organic)	Soybean (organic)	Soybean (conventional)	Winter wheat (organic)	Winter wheat (conventional)
I	6	6	2	3	4	3
II	5	6	5	5	7	6
III	8	6	3	3	7	5
IV	6	3	3	5	6	4
Total for the growing season	10	10	6	8	9	9

*Note: For calculations, larvae and other Coccinellidae were taken as separate species.



OB – buckwheat, OO – oats, OS – organic soybeans, CS – conventional soybeans, OW – organic winter wheat, CW – conventional winter wheat.

Fig. 2. Dendrogram of the cluster analysis results by the number of species of the family Coccinellidae.

For each agroecosystem, the correlations between the experimental plots were characterized. In the organic agroecosystem of buckwheat, the highest correlation ($r = 0.85$) was found between the ecotones adjacent to the field (Table 4). In the oat agroecosystem, the most significant correlations were between field and ecotone 2 ($r = 0.98$), and a negative correlation between ecotone 1 and forest shelter belt 1, which may indicate that insects moved to different areas, reducing there its number. Organic soybeans had only one forest shelter belt nearby, so no significant correlations were observed there, only the average between the field and the ecotone ($r = 0.59$). However, in the agroecosystem of

conventional soybeans, a correlation between field and ecotone 1 ($r = 0.96$), field and forest shelter belt 1 ($r = 0.97$), forest shelter belt 2 ($r = 0.93$), ecotone 1 and forest shelter belt 1 ($r = 0.94$), slightly smaller between ecotone 1 and forest shelter belt 2 ($r = 0.80$) and forest shelter belts between them ($r = 0.88$) was revealed. This indicates the migration of insects and growth of their number in these parts of the ecosystem. Also significant correlations were found in the agroecosystem of organic winter wheat – between field and ecotone 1 ($r = 0.76$), field and forest shelter belt 1 ($r = 0.82$), field and forest shelter belt 2 ($r = 0.88$), ecotone 1 and forest shelter belt 1 ($r = 0.96$), ecotone 2 and forest shel-

Table 4 – Correlation between the studied areas of the agro-landscape

Buckwheat					
Plot	field	ecotone 1	forest shelter belt 1	ecotone 2	forest shelter belt 2
Field	1.00				
Ecotone 1	0.19	1.00			
Forest shelter belt 1	-0.35	0.69	1.00		
Ecotone 2	0.56	0.85	0.57	1.00	
Forest shelter belt 2	-0.39	-0.48	0.26	-0.26	1.00
Oat					
Plot	field	ecotone 1	forest shelter belt 1	ecotone 2	forest shelter belt 2
Field	1.00				
Ecotone 1	-0.30	1.00			
Forest shelter belt 1	-0.27	-0.71	1.00		
Ecotone 2	0.98	-0.42	-0.10	1.00	
Forest shelter belt 2	-0.67	0.30	0.45	-0.58	1.00
Organic soybean					
Plot	field	ecotone 1	forest shelter belt 1	–	–
Field	1.00				
Ecotone 1	0.59	1.00			
Forest shelter belt 1	-0.03	-0.41	1.00		
Conventional soybean					
Plot	field	ecotone 1	forest shelter belt 1	ecotone 2	forest shelter belt 2
Field	1.00				
Ecotone 1	0.96	1.00			
Forest shelter belt 1	0.97	0.94	1.00		
Ecotone 2	-0.42	-0.49	-0.22	1.00	
Forest shelter belt 2	0.93	0.80	0.88	-0.34	1.00
Organic winter wheat					
Plot	field	ecotone 1	forest shelter belt 1	ecotone 2	forest shelter belt 2
Field	1.00				
Ecotone 1	0.76	1.00			
Forest shelter belt 1	0.82	0.96	1.00		
Ecotone 2	0.56	-0.09	0.12	1.00	
Forest shelter belt 2	0.88	0.37	0.45	0.81	1.00
Conventional winter wheat					
Plot	field	ecotone 1	forest shelter belt 1	ecotone 2	forest shelter belt 2
Field	1.00				
Ecotone 1	0.91	1.00			
Forest shelter belt 1	0.78	0.46	1.00		
Ecotone 2	0.87	0.89	0.45	1.00	
Forest shelter belt 2	0.36	0.00	0.85	-0.08	1.00

ter belt 2 ($r = 0.81$). There is a dependence of the number of insects in the field and neighboring areas of the agroecosystem. A similar correlation was observed in the agroecosystem of conventional winter wheat – a positive significant correlation between field and ecotone 1 ($r = 0.91$), forest shelter belt 1 ($r = 0.78$) and ecotone 2 ($r = 0.87$). In addition, there is a relationship between ecotones ($r = 0.89$) and forest shelter belts ($r = 0.85$).

Conclusions. 10 species of the family Coccinellidae insects were found on the experimental organic landscape, the number of individuals within the species ranged from 1 to 89. The invasive species *H. axyridis* belonged to the recedents in all agroecosystems where it was recorded. Eudominants of organic agrolandscape included species of *C. septempunctata*, *T. sedecimpunctata* and Coccinellidae larvae. Compared to conventional ecosystems, organic winter wheat was more diverse, but soybeans – less diverse. Significant correlations were found between the fields and adjacent areas of agroecosystems – ecotones “field – forest belt” and forest shelter belts.

Acknowledgements. Authors are thankful to the Czech government support provided by the Ministry of Foreign Affairs of the Czech Republic, which allowed this scientific cooperation to start within the project “AgriSciences Platform for Scientific Enhancement of HEIs in Ukraine”.

LIST OF REFERENCES

1. Bieńkowski A.O. Key for identification of the ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) of European Russia and the Russian Caucasus (native and alien species). *Zootaxa*, 4472(2), 2018. P. 233–260. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4472.2.2>.
2. Roy H., Migeon A. Ladybeetles (Coccinellidae). Chapter 8.4. *BioRisk*, 4(July), 2010. P. 293–313. DOI: <https://doi.org/10.3897/biorisk.4.49>.
3. Kundoo A.A., Khan A.A. Coccinellids as biological control agents of soft bodied insects: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(5 R), 2017. P. 1362–1373.
4. Honěk A. Distribution and Habitats. *Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae)*, Chapter 4, 2012. P. 110–140. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118223208.ch4>.
5. Ponnusamy N., Biwash G., Suprakash P. Faunistics and diagnostics of predaceous Coccinellids in Terai region of West Bengal. 81(4), 2019. P. 896–899.
6. Spatial and temporal changes in the abundance and composition of ladybird (Coleoptera: Coccinellidae) communities, *Current Opinion in Insect Science*. / Honek A. et al. Volume 20, 2017. P. 61–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.04.001>.
7. Koch R.L., Galvan T.L. Bad side of a good beetle: The North American experience with *Harmonia axyridis*. *BioControl*, 53(1), 2008. P. 23–35. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9121-1>.
8. Molecular phylogeny reveals food plasticity in the evolution of true ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae:

Coccinellini) / Escalona H.E. et al. *BMC Evol Biol.* 17, 151. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12862-017-1002-3>

9. Evaluation of *Scymnus nubilus* (Coleoptera: Coccinellidae) as a biological control agent against *Aphis spiraeicola* and *Cinara juniperi* (Hemiptera: Aphididae) / Rosagro R.M. et al. *Pest. Manag. Sci.*, 76, 2020. P. 818–826. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5585>.

10. Kundoo A.A., Khan A.A. Coccinellids as biological control agents of soft bodied insects: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5(5), 2017. P. 1362–1373.

11. Lumbierres B., Madeira F., Pons Prey X. Acceptability and Preference of *Oenopia conglobata* (Coleoptera: Coccinellidae), a Candidate for Biological Control in Urban Green Areas. *Insects*. 9(1), 2018. 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects9010007>.

12. Effects of so-called “environmentally friendly” agrochemicals on the harlequin ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) Eur. J. Entomol / Niedobová J. et al. 116, 2019. P. 173–177. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2019.018>.

13. Toxicity of selected insecticides to the two-spot ladybird *Adalia bipunctata* / Jalali M.A. et al. *Phytoparasitica*, 37(4), 2009. P. 323–326. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-009-0051-6>.

14. Effect of synthetic insecticides on the larvae of *Coccinella septempunctata* from Greek populations / Skouras P.J. et al. *Phytoparasitica* 45(2), 2017. P. 165–173. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-017-0577-y>.

15. Effect of intra-guild predation and sub lethal concentrations of insecticides on the predation of coccinellids / Afza R. et al. *Pakistan Journal of Zoology* 51(2), 2019. P. 611–617. DOI: <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2019.51.2.611.617>.

16. Koch R.L., Costamagna A.C. Reaping benefits from an invasive species: role of *Harmonia axyridis* in natural biological control of *Aphis glycines* in North America. *BioControl* 62, 2017. P. 331–340. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9749-9>.

17. Hiller T., Haelewaters D. A case of silent invasion: Citizen science confirms the presence of *Harmonia axyridis* (Coleoptera, Coccinellidae) in Central America. *PLoS ONE* 14(7), 2019. e0220082. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220082>.

18. Ukrainsky A.S., Orlova-Bienkowskaja M.J. Expansion of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) to European Russia and adjacent regions. *Biological Invasions*, 16(5), 2014. P. 1003–1008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0571-3>.

19. Viktor M., Gabor P. Aharlekinkatica (*Harmonia Axyridis* Pallas, 1773) (Coleoptera, Coccinellidae) Elterjedése Magyarországon És Megjelenése Romániában, Ukrajnában. *Növényvédelem*. 45 (9), 2009. P. 481–490.

20. Порівняльний аналіз екологічної структури фіторізноманіття полезахисних лісосмуг на полях органічного та традиційного виробництва / Мірошник Н.В. та ін. *Екологічні науки*. Випуск 3 (30), 2020. P. 64–72.

21. Kasprzak K., Niedbała W. Wskaźniki biocenotyczne stosowane przy porządkowaniu i analizie danych w badaniach ilościowych. In: Górny M., Grüm L., eds. *Metody Stosowane w Zoologii Gleby*. PWN, Warszawa, 1981. P. 379–416.

22. Mühlenberg M., Behre G.F., Bogenrieder A. *Freilandökologie*. 3rd ed. UTB Quelle & Meyer Verlag; Heidelberg, Germany: 1993.

23. Can Native Geographical Range, Dispersal Ability and Development Rates Predict the Successful Establishment of Alien Ladybird (Coleoptera: Coccinellidae) Species in Europe, *Front. Ecol. Evol.* / Soares A.O. et al. 6:57. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00057>.

24. Makwela M.M. Biodiversity of predatory beetle groups, carabidae and coccinellidae and their role as bioindicators in wheat agroecosystems. 2019 Dissertation. Master of science in the subject agriculture at the University of South Africa. 99 p. URL: <http://hdl.handle.net/10500/26902>.

25. Регулирующая роль энтомофагов доминантных вредителей озимой пшеницы в системах органического земледелия / Пушня М.В. и др. Достижения науки и техники АПК. 2020. № 7. С. 49–55. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reguliruyuschaya-rol-entomofagov-dominantnyh-vrediteley-ozimoy-pshenitsy-v-sistemah-organicheskogo-zemledeliya>.

26. Гринько А.В. Энтомофаги вредителей озимой пшеницы в условиях Нижнего Дона. Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. № 3(19). 2018. URL: https://alley-science.ru/domains_data/files/12March18/ENTOMOFAGI%20VREDITELEY%20OZIMOY%20PSHENICY%20V%20USLOVIYA%20NIZhNEGO%20DONA.pdf.

27. Medvid Y. Fauna and Station Distribution of Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in the Right-Bank Forest Steppe. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Plant Protection and Quarantine.* (63), 2017. P. 123–128. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2017.63>

REFERENCES

1. Bieńkowski, A.O. (2018). Key for identification of the ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) of European Russia and the Russian Caucasus (native and alien species). *Zootaxa*, 4472(2), pp. 233–260. Available at: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4472.2.2>.

2. Roy, H., Migeon, A. (2010). Ladybeetles (Coccinellidae). Chapter 8.4. *BioRisk*, 4(July). pp. 293–313. Available at: <https://doi.org/10.3897/biorisk.4.49>.

3. Kundoo, A.A., Khan, A.A. (2017). Coccinellids as biological control agents of soft bodied insects: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies.* 5(5 R), pp. 1362–1373.

4. Honěk, A. (2012). Distribution and Habitats. *Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae)*, Chapter 4, pp. 110–140. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781118223208.ch4>.

5. Ponnusamy, N., Biwash, G., Suprakash, P. (2019). Faunistics and diagnostics of predaceous Coccinellids in Terai region of West Bengal. 81(4), pp. 896–899.

6. Honek, A., Dixon, A.F.G., Soares, A., Skuhrovec, J., Martinkova, Z. (2017). Spatial and temporal changes in the abundance and composition of ladybird (Coleoptera: Coccinellidae) communities, *Current Opinion in Insect Science.* Vol. 20, pp. 61–67. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.04.001>.

7. Koch, R.L., Galvan, T.L. (2008). Bad side of a good beetle: The North American experience with *Harmonia axyridis*. *BioControl.* 53(1), pp. 23–35. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9121-1>.

8. Escalona, H.E., Zwick, A., Li, H.S. (2017). Molecular phylogeny reveals food plasticity in the evolution of

true ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae: Coccinellini). *BMC Evol Biol.* 17, 151. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12862-017-1002-3>

9. Rosagro, R.M., Borges, I., Vieira, V., Solé, G.P., Soares, A.O. (2020). Evaluation of *Scymnus nubilus* (Coleoptera: Coccinellidae) as a biological control agent against *Aphis spiraeicola* and *Cinara juniperi* (Hemiptera: Aphididae). *Pest. Manag. Sci.* 76, pp. 818–826. Available at: <https://doi.org/10.1002/ps.5585>.

10. Kundoo, A.A., Khan, A.A. (2017). Coccinellids as biological control agents of soft bodied insects: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies.* 5(5), pp. 1362–1373.

11. Lumbierres, B., Madeira, F., Pons Prey, X. (2018). Acceptability and Preference of *Oenopia conglobata* (Coleoptera: Coccinellidae), a Candidate for Biological Control in Urban Green Areas. *Insects.* 9(1), 7. Available at: <https://doi.org/10.3390/insects9010007>.

12. Niedobová, J., Skalský, M., Fric, Z.F., Hula, V., Brtnický, M. (2019). Effects of so-called “environmentally friendly” agrochemicals on the harlequin ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Eur. J. Entomol.* 116, pp. 173–177. Available at: <https://doi.org/10.14411/eje.2019.018>.

13. Jalali, M.A., Van Leeuwen, T., Tirry, L., De Clercq, P. (2009). Toxicity of selected insecticides to the two-spot ladybird *Adalia bipunctata*. *Phytoparasitica.* 37(4), pp. 323–326. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12600-009-0051-6>.

14. Skouras, P.J., Stathas, G.J., Voudouris, C.C., Darras, A.I., Tsitsipis, J.A., Margaritopoulos, J.T. (2017). Effect of synthetic insecticides on the larvae of *Coccinella septempunctata* from Greek populations. *Phytoparasitica* 45(2), pp. 165–173. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12600-017-0577-y>.

15. Afza, R., Afzal, M., Majeed, M.Z., Riaz, M.A. (2019). Effect of intra-guild predation and sub lethal concentrations of insecticides on the predation of coccinellids. *Pakistan Journal of Zoology* 51(2), pp. 611–617. Available at: <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2019.51.2.611.617>.

16. Koch, R.L., Costamagna, A.C. (2017). Reaping benefits from an invasive species: role of *Harmonia axyridis* in natural biological control of *Aphis glycines* in North America. *BioControl* 62, pp. 331–340. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9749-9>.

17. Hiller, T., Haelewaters, D. A case of silent invasion: Citizen science confirms the presence of *Harmonia axyridis* (Coleoptera, Coccinellidae) in Central America. *PLoS ONE* 14(7), 2019. e0220082. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220082>.

18. Ukrainsky, A.S., Orlova-Bienkowskaja, M.J. (2014). Expansion of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) to European Russia and adjacent regions. *Biological Invasions*, 16(5), pp. 1003–1008. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0571-3>.

19. Viktor, M., Gabor, P. (2009). *Aharlekinkatica (Harmonia Axyridis Pallas, 1773) (Coleoptera, Coccinellidae) Elterjedése Magyarországon És Megjelenése Romániában, Ukrajnában. Növényvédelem.* 45 (9), pp. 481–490.

20. Miroshnyk, N.V., Lavrov, V.V., Grabovsky, M.B., Grabovskaya, T.O., Teslenko, I.K. (2020). Porivnjal'nyj analiz ekologichnoi' struktury fitoriznomanit'ja polezhahysnyh lisosmug na poljah organichnogo ta tradytsijnogo vyrobnytstva [Comparative analysis of the ecological structure of phyto-diversity of field protective forest belts in fields of organic and

traditional production]. *Ekologichni nauky* [Environmental sciences]. Issue 3 (30), pp. 64–72.

21. Kasprzak, K., Niedbała, W. (1981). Wskaźniki biocenotyczne stosowane przy porządkowaniu i analizie danych w badaniach ilościowych. In: Górny M., Grüm L., eds. *Metody Stosowane w Zoologii Gleby*. PWN, Warszawa. pp. 379–416.

22. Mühlberg, M., Behre, G.F., Bogenrieder, A. (1993). *Freilandökologie*. 3rd ed. UTB Quelle & Meyer Verlag; Heidelberg, Germany.

23. Soares, A.O., Honěk, A., Martinkova, Z., Brown, P.M.J., Borges, I. (2018). Can Native Geographical Range, Dispersal Ability and Development Rates Predict the Successful Establishment of Alien Ladybird (Coleoptera: Coccinellidae) Species in Europe, *Front. Ecol. Evol.* 6:57. Available at: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00057>.

24. Makwela, M.M. (2019). Biodiversity of predatory beetle groups, carabidae and coccinellidae and their role as bioindicators in wheat agroecosystems. Dissertation. Master of science in the subject agriculture at the University of South Africa. 99 p. Available at: <http://hdl.handle.net/10500/26902>.

25. Pushnya, M.V., Rodionova, E.Yu., Sneseva, E.G., Ismailov, V.Ya. (2020). Reguliruyushhaya rol' jentomofagov dominantnyh vreditel' ozimoy pshenicy v sistemah organicheskogo zemledelija [Regulatory role of entomophages of dominant pests of winter wheat in organic farming systems]. *Dostizheniya nauki i tehniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex], no. 7, pp. 49–55. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/reguliruyuschaya-rol-entomofagov-dominantnyh-vreditel-ozimoy-pshenicy-v-sistemah-organicheskogo-zemledeliya>.

26. Grin'ko, A.V. (2018). Jentomofagi vreditel' ozimoy pshenicy v uslovijah Nizhnego Dona [Entomophagous pests of winter wheat in the conditions of the Lower Don]. *Nauchno-prakticheskij jelektronnyj zhurnal Alleja Nauki* [Scientific and practical electronic journal Alley of Science], no. 3(19). Available at: https://alley-science.ru/domains_data/files/12March18/ENTOMOFAGI%20VREDITELEY%20OZIMOY%20PSHENICY%20V%20USLOVIYA%20NIZHNEGO%20DONA.pdf.

27. Medvid, Y. (2017). Fauna and Station Distribution of Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in the Right-Bank Forest Steppe. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Plant Protection and Quarantine*. (63), pp. 123–128. Available at: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2017.63>

Вплив органічного землеробства на різноманітність жуків-сонечок (Coleoptera: Coccinellidae)

Гравовська Т.О., Єлінек М., Шевченко В.О.

Coccinellidae у природі виконують функцію біологічного контролю шкідників, вони поїдають попелиць та інших комах, що важливо в органічному сільському господарстві. Метою роботи було встановити поширення та видовий склад родини Coccinellidae в органічному агроландшафті. Дослідження проводили на Сквирській дослідній станції органічного виробництва (Київська область, Україна). Комах збирали методом ентомологічного косіння сачком у чотирьох фазах розвитку рослин. Органічний агроландшафт містив сільськогосподарські культури: гречку, овес, сою та пшеницю озимую. Для порівняння використовували дані з сусідніми традиційними екосистемами сої та пшениці озимої. Досліджували

агроекосистеми зазначених культур, які включали поля, екотони «поле – полезахисна лісосмуга», полезахисні лісосмуги. В результаті дослідження було виявлено 10 видів родини Coccinellidae, чисельність видів становила від 1 до 89/100 п.с., найбільше в екосистемі органічної пшениці озимої. *H. axiridis* належав до рецедентів і був знайдений у п'яти агроекосистемах у кількості 1–7 особин/100 п.с. Найчастіше зустрічалися види *C. septempunctata*, *T. sedecimpunctata* та личинки Coccinellidae, які були еудомінантами в органічному агроландшафті. Вид *Vibidia sp.* зустрічався лише в органічних агроекосистемах гречки та вівса. Різноманіття сонечок в органічній пшениці озимій було вище, ніж у традиційній. Органічна соя, навпаки, мала менше різноманіття Coccinellidae, ніж традиційна, що підтверджено кластерним аналізом. Кількість видів у екосистемах культур варіювала від 3 до 8 у різних періодах дослідження. Знайдено високі кореляційні залежності чисельності комах між полями, екотонами та лісосмугами, а також між сусідніми екотонами та сусідніми лісосмугами, що вказує на міграцію комах між цими ділянками. Отже, встановлено різноманіття та поширеність сонечок в органічному агроландшафті порівняно з традиційним.

Ключові слова: сонечки, органічне сільське господарство, агроландшафт, агроекосистема, сільськогосподарські культури, вид.

Влияние органического земледелия на разнообразие божьих коровок (Coleoptera: Coccinellidae)

Гравовская Т.А., Елинек М., Шевченко В.А.

Coccinellidae в природе выполняют функцию биологического контроля вредителей, они поедают тлей и других насекомых, что важно в органическом сельском хозяйстве. Целью работы было установить распространение и видовой состав семьи Coccinellidae в органическом агроландшафте. Исследования проводили на Сквирской опытной станции органического производства (Киевская область, Украина). Насекомых собирали методом энтомологического кошения сачком в четырех фазах развития растений. Органический агроландшафт включал сельскохозяйственные культуры: гречку, овес, сою и пшеницу озимую. Для сравнения использовали данные с соседними традиционными экосистемами сои и пшеницы озимой. Исследовали агроэкосистемы указанных культур, которые включали поля, экотон «поле – полезащитная лесополоса», полезащитные лесополосы. В результате исследования было выявлено 10 видов семейства Coccinellidae, численность видов составляла от 1 до 89/100 в.с., больше всего в экосистеме органической пшеницы озимой. *H. axiridis* принадлежал к рецедентам и был найден в пяти агроэкосистемах в количестве 1–7 особей/100 в.с. Чаще всего встречались виды *C. septempunctata*, *T. sedecimpunctata* и личинки Coccinellidae, которые были эудоминантами в органическом агроландшафте. Вид *Vibidia sp.* встречался только в органических агроэкосистемах гречки и овса. Многообразие божьих коровок в органической пшенице озимой было выше, чем в традиционной. Органическая соя, наоборот, имела меньше разнообразия Coccinellidae, чем традиционная, что подтверждается кластерным анализом. Количество видов в экосистемах культур варьировало от 3 до 8 в разных периодах исследования. Найденны

высокие корреляционные зависимости численности насекомых между полями, экотонами и лесополосами, а также между соседними экотонами и соседними лесополосами, что указывает на миграцию насекомых между этими участками. Таким образом, установлено многообразие

и распространенность божьих коровок в органическом агроландшафте в сравнении с традиционным.

Ключевые слова: божьи коровки, органическое сельское хозяйство, агроландшафт, агроэкосистема, сельскохозяйственные культуры, вид.



Copyright: Grabovska T., Jelínek M., Shevchenko V. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Grabovska T.
Jelínek M.
Shevchenko V.

<https://orcid.org/0000-0001-6995-9314>
<https://orcid.org/0000-0003-1765-3684>
<https://orcid.org/0000-0002-1035-9290>

UDC 504.61:621.039.5- 046.55/- 047.37

Investigations of radiation exposures in the aftermath of the Chernobyl accident

Michel R.¹ , Romanchuk L.² 

¹ Institute for Radioecology and Radiation Protection, Leibniz University Hannover, Germany

² State University of Agriculture and Ecology, Zhitomir, Ukraine



Michel R., Romanchuk L. Investigations of radiation exposures in the aftermath of the Chernobyl accident. Zbirnyk naukovykh prac' «Агробіологія», 2021. no. 1, pp. 198–205.

Рукопис отримано: 20.04.2021 р.

Прийнято: 05.05.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-198-205

Long-term assessment of the aftermath of the Chernobyl and Fukushima accidents deals with the study of radionuclide emissions and radiation exposure in heavily polluted regions.

A significant difference in the composition and nature of radionuclide emissions during accidents at nuclear power plants is considered in the study - a large-scale radioactive fallout transfer and precipitation over the USSR and Europe took place in Chernobyl due to the uncovered core of the reactor while at Fukushima a massive emission of inert gases occurred.

It is noted that based on the density of precipitation, the data indicating that the vital doses of ¹³⁷Cs remain significantly lower or within the range of natural radiation exposure were obtained. However, due to a short half-life (8.0 days) of ¹³¹I, there are no available comprehensive measurements of ¹³¹I exposure after the accident. It is noted that retrospective dosimetry of the effect of ¹³¹I on the thyroid gland through ¹²⁹I with a half-life of 15.7 Ma allows to fill the gap in this issue.

¹³⁷Cs precipitation was analyzed by gamma spectrometry, ¹²⁹I was studied by accelerating mass spectrometry in soil samples from 60 places in zones II and III in the north of Ukraine and the thyroid gland radiation dose in the population.

Critical comparing of the results obtained with those of rare direct measurements of ¹³¹I activity in the human thyroid gland reveal that the doses are at the lower limit. The actual radiation exposure in the contaminated regions of Northern Ukraine was considered by estimating the exposure dose in returnees in the village of Khrystynivka where 30 families live and consume locally produced products in the evacuated zone II, 75 km from the Chernobyl NPP.

The results show that the additional irradiation with ¹³⁷Cs the returnees received was low. The possibility of safe living in heavily polluted areas is noted. Under the normal way of life, the total radiation exposure of Khrystynivka village residents was within the natural radiation exposure range.

Key words: radioactive fallout, radiation exposure, radiation pollution, irradiation of returnees.

Problem statement and analysis of recent research. Acknowledging three decades of research on the consequences of the Chernobyl accident a short review is given on the accident, the releases of radionuclides and the radiation exposures in the highly contaminated regions. The Chernobyl accident has provided a wealth of information about the consequences of a nuclear reactor accident (UNSCEAR 2000, 2008, 2018). The past experiences provided heuristic guidelines to estimate the consequences of large scale contaminations with Cs-137, Sr-90 and actinides; e.g. Michel (2006) and were extremely helpful for first estimates of the consequences of the

Fukushima accident. In this presentation, I look back – after a general survey on the Chernobyl and Fukushima accidents – to our joint work with the State University of Agriculture and Ecology, Zhitomir, in particular to the collaboration with L.D. Romantschuk.

The reactor accidents at Chernobyl and Fukushima. The accidents at Chernobyl and Fukushima occurred 25 years ago on April 26, 1986 and March 11, 2011. At Chernobyl, a graphite-moderated, water-cooled pressure tube reactor without containment exploded. After an uncontrolled power excursion a graphite fire and melting of the core occurred as a consequence of design

deficits and human malpractice. At Fukushima, 3 cores of water-moderated, water-cooled boiling water reactors with reactor pressure vessels and containments melted and 4 hydrogen explosions as well as multiple venting occurred as a consequence of design deficits and station blackout due to an earthquake and a tsunami.

At Chernobyl, there was no retention of radionuclides because of the uncovered reactor core. Large amounts ($5.3 \cdot 10^{18}$ Bq) of radionuclides were released depending on their volatility; Strontium-90 and Plutonium-isotopes remained mostly in the close proximity of the plant. Large-scale transport and fallout of radioactivity over the USSR and Europe happened. At Fukushima, many radionuclides were kept inside the reactors due to the suppression chambers and containments. Massive release of rare gases occurred. In addition, I-131 ($> 10^{17}$ Bq) and $^{134,137}\text{Cs}$ ($> 10^{16}$ Bq) were released into the atmosphere and the Pacific. ^{90}Sr and Pu-isotopes were not released in dose relevant amounts. Small-scale (about 20 %) fall-out occurred over Northern Japan; large-scale transport and fall-out happened mostly over the Pacific. At Chernobyl, about one order of magnitude more radioactivity was released than in Fukushima; both accidents having completely different compositions of radionuclide releases.

The radiological consequences of the Chernobyl accident were (UNSCEAR 2000, 2008, 2018): 134 first responders suffered from acute radiation syndrome; 28 of them died. A total of 114.511 persons were immediately evacuated. They received thyroid doses up to a few Sievert and effective doses up to a few times 10 Millisievert. Of more than 500.000 liquidators, about 300.000 persons received mean effective doses of 146 mSv in 1986, about 138.000 persons 96 mSv in 1987. The not evacuated population in the highly contaminated areas received the highest radiation exposures: thyroid doses up to some 10 Sieverts for children, 26.000 persons received effective doses of more than 100 mSv from long-lived radionuclides during 1986–2005.

At Fukushima (UNSCEAR 2013, 2021), no deterministic effects and no acute radiation syndrome occurred, neither in workers nor in the public. Early evacuation of about 80.000 persons was performed; later extended the evacuations to a total of 146.520 persons. The thyroid doses of 1.080 children from Kawamata – one of the most highly affected towns – remained below 200 mSv, for 95 % of the children below 50 mSv. The external radiation exposure during the first 4 months of 9.747 persons in Namie, Iitate and Kawamata was: 58 % below 2 mSv, 92 % below 5 mSv, 99 % below 10 mSv, maximum 23 mSv. The internal

radiation exposure remained below 0,1 mSv/a (on the basis of foodstuff from October/November 2011); whole body measurements of 4.745 persons in Minami Soma between October and December 2011 showed 0,035 mSv/a – 0,070 mSv/a.

Lifetime doses in Fukushima city were estimated to remain below 20 mSv, external exposure being dominating. The predominant majority of the population of Eastern Japan received thyroid doses of children below 10 mSv and effective doses below 1mSv. In the metropolitan area of Tokyo thyroid doses of children were below 1 mSv and effective doses below 0,1 mSv. There was no significant radiation exposure in Hokkaido and Western Japan. Also the occupational exposure of the workers at Fukushima during and after the accident was comparably low. 171 workers received more than 100 mSv, 139 workers between 100 mSv – 150 mSv, 23 workers between 150 mSv – 200 mSv, 3 workers 200 mSv – 250 mSv, and 6 workers more than 250 mSv (309 mSv – 678 mSv).

Research results and discussion. Radiation exposures in Ukraine and elsewhere. General. A method to judge about the radiological consequences of the Chernobyl accident was developed in the former USSR. The method was based on a classification into 4 contamination zones. Table 1 shows the zones, the conservatively expected lifetime doses due to ^{137}C as well as the extent of the contamination in the various countries. Zone I is what later on was called the exclusion zone. This zone I also includes the areas which are highly contaminated with ^{90}Sr and Actinides and which will be excluded for a long time from human habitation. Zone II became the evacuated zone and zone III that of voluntary relocation. Zone IV was estimated to be of low radiological concern. This system of contamination zones was at that time in agreement with international recommendations for emergency situations.

The population that was not evacuated from the highly contaminated areas received the highest radiation exposures: thyroid doses up to some 10 Sieverts for children, 26.000 persons received effective doses of more than 100 mSv from long-lived radionuclides during 1986–2005 (UNSCEAR 2000).

In zone 2 of Ukraine 35 villages and towns with 30.908 inhabitants were immediately evacuated and 8 further settlements were evacuated between May 10 and May 28, 1986. In the course of the Perestroika, in the late 1980s, the people in the USSR for the first time obtained more detailed knowledge about the accident and its radiological consequences. This caused the public to demand protection standards based on an additional effec-

Table 1 – Areas contaminated with ^{137}Cs and the definition of contamination zones according to the expected lifetime doses of a self-sustained rural population without countermeasures; without thyroid doses

Zones	Regions with ^{137}Cs deposition densities in km^2			
	Zone 4: 37–185 kBq m^{-2}	Zone 3: 185–555 kBq m^{-2}	Zone 2: 555–1.480 kBq m^{-2}	Zone 1: 1.480–3.700 kBq m^{-2}
Expected lifetime dose	5–30 mSv	30–100 mSv	100–350 mSv	> 350 mSv
Russian Federation	49.800	5.700	2.100	300
Belarus	29.900	10.200	4.200	2.200
Ukraine	37.200	3.200	900	600
Western Europe	45.260	^{137}Cs deposition densities > 185 kBq m^{-2} exist only in small areas in Sweden near Gävle and in Austria near Salzburg. ^{137}Cs contains 2 - 4 kBq m^{-2} from global fall-out of atmospheric nuclear weapons explosions in the 1960ties.		

tive dose of 1 mSv per year, a limit which is worldwide only used for nuclear installations during normal operation but not for emergency situations. As a consequence, the inhabitants of 27 villages in Ukraine were resettled in zone II between 1989 and 2004 and those of 25 villages and towns in zone 3. These late resettlements were not reasonable from a radiological point of view, since the resettled people had already received the major share of the exposure from the accident and then, in addition, their lives were disrupted by the resettlement with severe social consequences. As a rule of thumb, the lifetime doses will be a factor of 2 or 3 higher than the dose one receives without countermeasures in the first year. For example, the doses during the period 1986 to 1995 make up $66 \pm 5\%$ of the total 70 years committed dose (table 2).

Based on the deposition densities reliable estimates of the expected lifetime doses can be made (Fig. 1). It turns out that the lifetime doses due to ^{137}Cs remain well below or within the range of the natural radiation exposure. This, however, does not hold true for the exclusion zone where high contaminations with ^{90}Sr and Actinides add to this exposure.

Retrospective dosimetry of ^{131}I exposure using ^{129}I . Regarding the health effects as a consequence of the Chernobyl accident in the general public, up

to now no increase of solid tumors, leukemia, genetic defects and unfavorable pregnancy outcome was observed (UNSCEAR 2000, 2008, 2018). There was, however, an increase of other health problems for which a causal connection to radiation could not be found. They are estimated to be connected to the severe social consequence of the accident and the emergency measures. The latter also applies to Fukushima, where severe mental health consequences due to the emergency measures were observed.

But, 5 years after the accident a marked increase of thyroid cancer was observed in the former USSR in those which were aged less than 15 years at the time of the accident. Up to 1998, 1.036 cases of childhood thyroid cancer were observed and the increase is still going on. Up to 2005, about 4.000 cases and about 6.000 cases up to 2015 were observed. Until 2005, 15 of them passed away from thyroid cancer. These thyroid cancers were caused by the high exposures of the thyroids due to ^{131}I either by inhalation during the transition of the radioactive cloud or by ingestion of contaminated leafy vegetables and milk. Since no countermeasures were ordered such as staying in home and a ban the consumption of fresh vegetables and milk, the thyroid doses of the children were excessively high.

Table 2 – Exposure of the population in contaminated regions with ^{137}Cs > 37 kBq m^{-2} during 1986 to 2005 without thyroid doses (UNSCEAR 2000)

Region	Population	Mean individual effective dose in mSv			
		1986 – 1995			1986 – 2005
		external	internal	total	total
Belarus	1.880.612	5,1	2,9	8,0	9,8
Russian Federation	1.983.275	4,3	2,5	6,8	8,3
Ukraine	1.295.800	4,7	6,1	10,8	12,9

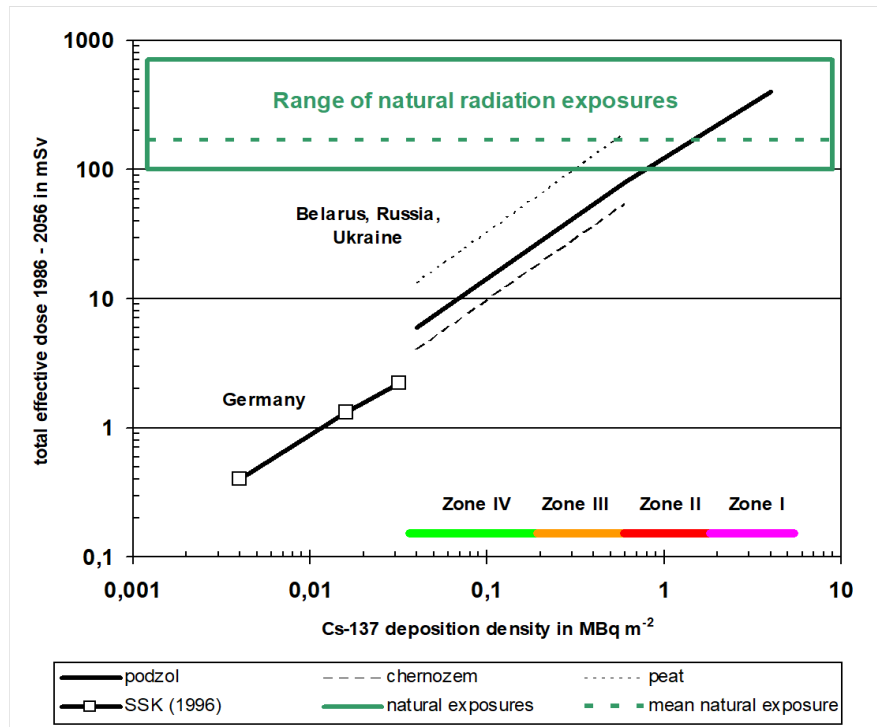


Fig. 1. Average total effective 70-years dose (without thyroid doses) due to the Chernobyl accident in areas with ¹³⁷Cs Fallout of more than 37 kBq m⁻² for a rural population without countermeasures. (Michel 2006)

Since there is generally a lack of comprehensive measurements of the ¹³¹I exposure after an accident due to the short half-life of 8,0 days of ¹³¹I, the retrospective dosimetry of the ¹³¹I thyroid exposure via ¹²⁹I with a half-life of 15,7 Ma offers an opportunity to fill the gap of knowledge. The retrospective dosimetry has gained large interest after the Fukushima accident where due to the consequences of the earth quake and the tsunami direct measurements of the thyroid exposure are rare and one has to rely for the estimation of thyroid doses on model calculations and on the retrospective dosimetry. In a joint project we have investigated the feasibility of this method in a large area of Northern Ukraine (Michel et al. 2005, 2015). The retrospective dosimetry of the ¹³¹I thyroid exposure via ¹²⁹I is done via the formula

$$H_{\text{thy}} = (D(^{129}\text{I}) - D_{\text{pre-Ch.}}(^{129}\text{I})) \cdot \frac{A_{131}}{A_{129}} \cdot DC_{131}$$

with H_{thy} being the thyroid equivalent dose due to ¹³¹I, $D(^{129}\text{I})$ the measured ¹²⁹I deposition density, $D_{\text{pre-Ch.}}(^{129}\text{I}) = 44 \pm 24 \text{ mBq m}^{-2}$ the pre-Chernobyl deposition, DC_{131} the aggregated dose factor for ¹³¹I (Krajewski 1996). The ¹²⁹I/¹³¹I isotopic ratio of the Chernobyl fall-out was 12 ± 3 , i.e. $A(^{131}\text{I})/A(^{129}\text{I}) = 5,9 \cdot 10^7$. It has to be emphasized that the dose factor DC_{131} has to be derived from model calculations which need detailed knowledge about the habits of the population in question.

After an initial investigation of the feasibility of the method (Michel et al. 2005) we analyzed the deposition of ¹³⁷Cs by gamma-spectrometry and of ¹²⁹I by accelerator mass spectrometry in soil samples from 60 locations in zones II and III in Northern Ukraine and derived from them estimates of the thyroid doses received by the inhabitants (Michel et al. 2015). The results obtained for 5-years-old children are shown in Fig. 2. The doses were partially excessively high, up to 30 Gy. The doses could have been significantly lowered by the emergency measure “staying in house during the transition of the cloud” and ban of the consumption of leafy vegetables and of milk. But this was not done.

In a critical comparison of our results with the results of the rare direct measurements of ¹³¹I activities in the human thyroids (Michel et al. 2015) we saw that the retrospective dosimetry gave dose estimates which were at the lower end of the observed doses. This depended mainly on the dose factor due to the lack of knowledge of the individual habits of the inhabitants. In conclusion, we saw that ¹²⁹I retrospective dosimetry is feasible. But it needs an adequate radioecological modeling which takes into account the actual exposure conditions. It is only the second quality compared to direct measurements after an accident.

Exposures of returnees into the evacuated zones. After the fall of the iron curtain, joint projects between Ukrainian and Western European sci-

entists became possible. We started collaboration with the State University of Agriculture and Ecology at Zhitomir in the 1990ties. Our joint research on the consequences of the Chernobyl accident dealt with the inhabitants of areas with ¹³⁷Cs deposition densities of more than 37 kBq m⁻². The actual radiation exposures in the highly contaminated regions of Northern Ukraine were addressed by evaluating the exposures of returnees into the evacuated zone. The references below give a survey on our joint research projects with the State University of Agriculture and Ecology, Zhitomir. Besides Cs-137 also the exposure to Sr-90 and actinides was taken into account. We concentrated our work on Christinovka which is a typical village in the evacuated zone II, 75 km away from Chernobyl NPP, Narodici rayon. All inhabitants were evacuated in 1989/90. Since 1995, about 30 families returned to their homes. Except for bread, all foodstuffs are locally produced.

The deposition of ¹³⁷Cs, the ambient dose rates and the contamination of foodstuffs were analyzed beforehand (Beltz 2000, Botsch et al. 1999a, 1999b, 2000, Filß et al. 1998). However, it turned out that for reliable estimates of the exposure of the returnees we had to know more about their habits. In particular, it became clear that the ¹³⁷Cs in mushrooms dominated the internal exposure and that a reliable estimate of the consumed

amounts were not possible. Moreover, the external exposure strongly depended on the time a person spend in the forests which were much higher contaminated than the open country side. Therefore, we equipped the inhabitants with personal dose-meters for the duration of an entire year and we organized measurements of the whole body activities of the inhabitants with a mobile body counter. The results of this investigations are summarized in Table 3 (Handl et al. 2003).

The results in table 3 clearly demonstrate that the additional exposure the returnees received from ¹³⁷Cs were small, both for those concerned of radiation with a cautious behavior and those with a normal behavior. However, we observed also two extreme cases. Person no. 18 spent a lot of time in the forests and lived mainly on potatoes and mushrooms. These habits caused a dose of more than 20 mSv in that year. His companion (no. 17) got also comparably high doses because of the particular life-style. These observations demonstrated that the feasibility to life safely in the highly contaminated zones depends on the personal behavior rather than on the mere deposition densities of ¹³⁷Cs. With normal behavior, the total radiation exposure of the inhabitants of Christinovka was below that in not-contaminated areas of Finland and should not be a matter of concern.

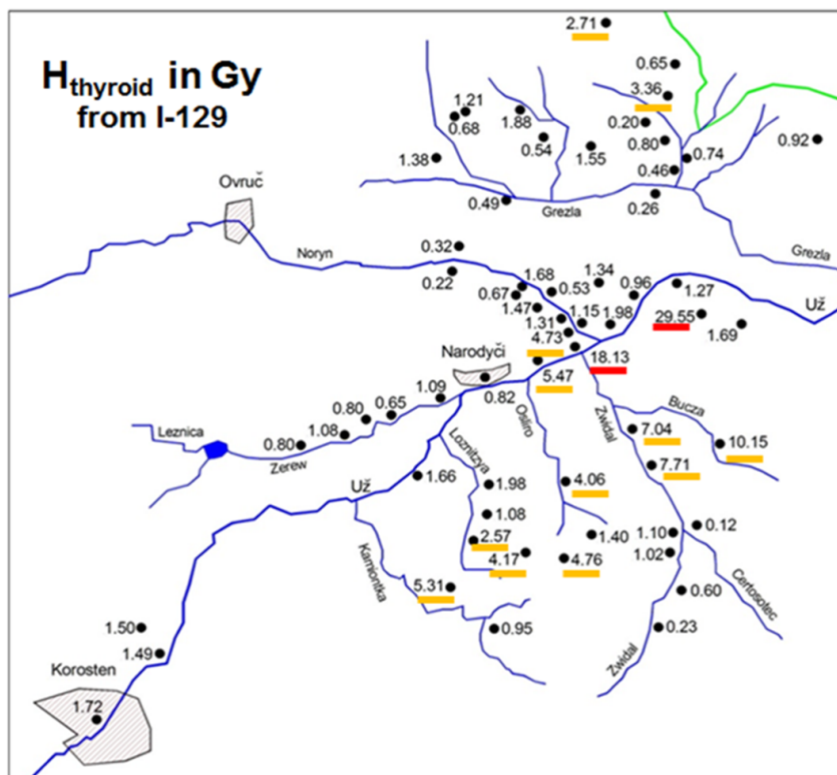


Table 3 – External and internal exposure for different groups of the population of Christinovka 7/1997 to 7/1998

	groups of inhabitants of Christinovka					
	concerned		normal	Extreme		total
type of exposure	no. 9	no. 10	nos. 1 - 16	no. 17	no. 18	nos. 1 - 18
external	0,8	1,1	$0,7 \times 1,3^{\pm 1}$	2,7	4,3	$0,8 \times 1,7^{\pm 1}$
internal	0,2	0,3	$0,3 \times 1,9^{\pm 1}$	10	17,3	$0,4 \times 3,4^{\pm 1}$
due to mushrooms	-	-	0,1	9,7	17	0,2
due to other food	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2
total	1	1,4	$1,0 \times 1,3^{\pm 1}$	13	21,6	$1,3 \times 2,4^{\pm 1}$

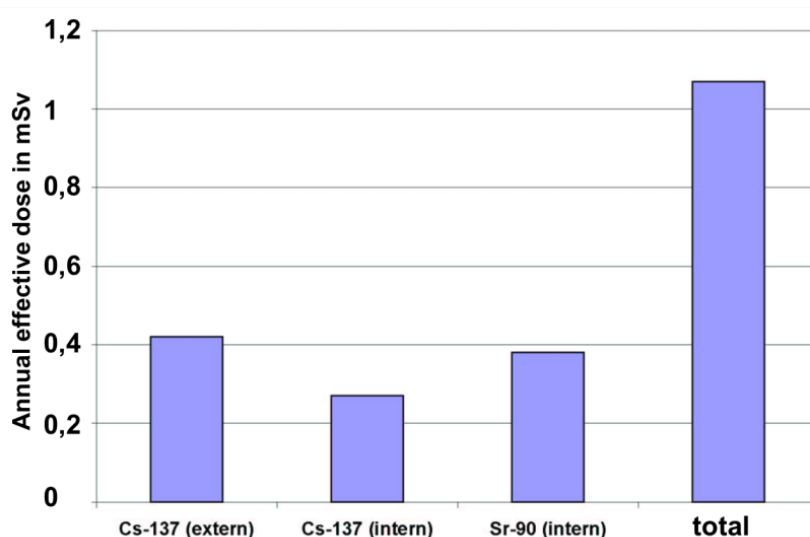


Fig. 3. Radiation exposure in Christinovka 2002

In later years, we developed methods for realistic assessments of the radiation exposure on the basis of environmental data and we extended our investigations to the exposure due to ^{90}Sr and actinides. In total, from 1996 to 2007 we investigated soil profiles of agricultural soils, plants, meat, fish, and other foodstuffs for ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{238}U , ^{235}U , ^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am , and ^{244}Cm . The results of these investigations in Christinovka for the year 2002 are shown in Fig. 3. While the expo-

sure due to ^{90}Sr was not negligible, that due to the actinides was negligible (less than 2 Sv per year) even for smokers of self-grown tobacco. The latter received about 40 Sv per year more exposure due to actinide radioisotopes. In summary, the total exposure of the inhabitants in Christinovka is well within the range of worldwide natural radiation exposures and not a matter of concern. The open question about the way back to normality in zone 2 should soon be answered.

REFERENCES

1. Beltz, D., Botsch, W., Handl, J., Michel, R. (2000). Die Nachbarn von Tschernobyl. Physikal. Blätter 56, Heft 10. pp. 55–57.
2. Botsch, W., Romantschuk, L.D., Beltz, D., Handl, J., Michel, R. (1999). Untersuchungen zur Strahlenexposition der Bevölkerung in hochkontaminierten Gebieten der nördlichen Ukraine. in: E. Wirth, H. Pohl, Hrsg., Kolloquium Radioökologische Strahlenschutzforschung. ISH, Oberschleißheim, 3.- 4.5., BfS-ISH-187/99. pp. 93–96.
3. Botsch, W., Romantschuk, L.D., Beltz, D., Handl, J., Michel, R. (1999). Untersuchungen zur Strahlenexposition der Bevölkerung in hochkontaminierten Gebieten der nördlichen Ukraine. Atomwirtschaft atw XLIV/11. pp. 638–640.

4. Botsch, W., Romantschuk, L.D., Handl, J., Beltz, D., Michel, R. (2000). Experimental Investigations on the Radiation Exposure of Inhabitants of Contaminated Areas in Northern Ukraine. Proc. IRPA10, Hiroshima, May 14–19, pp. 11–254.

5. Filß, M., Handl, J., Michel, R., Slavov, V.P., Borschtschenko, V.V. (1998). A Fast Method for the Determination of Strontium-89 and Strontium-90 in Environmental Samples and its Application to the Analysis of Strontium-90 in Ukrainian Soils. Radiochimica Acta 83. pp. 81–92.

6. Handl, J., Beltz, D., Botsch, W., Harb, Jakob D.S., Michel, R., Romantschuk, L.D. (2003). Fallout and Transfer into the Human Food Chain of Cesium-137 and the Radiation Exposure of Inhabitants of Contaminated Areas in Northern Ukraine. Health Physics 84. no. 4, pp. 502–517.

7. Krajewski, P. (1996). CLRP Version 4.2 MANUAL. BIOMOVs II Technical Report No 7. Uncertainty and validation effect of user interpretation on uncertainty estimates. BIOMOVs Steering Committee, Stockholm. 1996. CLRP #

8. Michel, R. (2005). Iodine-129 in Soils from Northern Ukraine and the Retrospective Dosimetry of the Iodine-131 Exposure after the Chernobyl Accident. Science of the Total Environment. 340. pp. 35–55.

9. Michel, R. (2006). In: 20 Jahre nach Tschernobyl – Eine Bilanz aus der Sicht des Strahlenschutzes, Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK), Heft 50, pp. 43–63.

10. Michel, R., Daraoui, A., Gorny, M., Jakob, D., Sachse, R., Romantschuk, L.D., Alfimov, V., Synal, H-A. (2015). Retrospective dosimetry of Iodine-131 exposures using Iodine-129 and Caesium-137 inventories in soils – a critical evaluation of the consequences of the Chernobyl accident in parts of Northern Ukraine. Journal of Environmental Radioactivity. 150. pp. 20–35. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.07.023>.

11. UNSCEAR. Report to the General Assembly. Annex J. Exposures and effects of the Chernobyl accident. 2000. Vol. II Available at: <http://www.unscear.org/docs/reports/annexj.pdf>.

12. UNSCEAR. Report to the General Assembly. Annex D. Health effects due to radiation from the Chernobyl accident. 2008. Vol. II Available at: www.unscear.org.

13. UNSCEAR. Report, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 2013 Report to the General Assembly, with scientific annexes: Report to the General Assembly, Scientific Annex A Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. 2013. Volume I. Available at: www.unscear.org.

14. UNSCEAR. White Paper, Evaluation of data on thyroid cancer in regions affected by the Chernobyl accident. A White Paper to guide the Scientific Committee's future programme of work. 2018. Available at: www.unscear.org.

15. UNSCEAR. Levels and effects of radiation exposure due to the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, Implications of information since the UNSCEAR 2013 Report. 2021. Available at: www.unscear.org.

Дослідження радіаційного впливу після аварії на Чорнобильській АЕС

Мишель Р., Романчук Л.Д.

Довгострокове оцінювання наслідків аварій на Чорнобильській АЕС та на Фукусімі пов'язане з вивченням

викидів радіонуклідів і радіаційного опромінення в сильно забруднених регіонах.

Розглянуто істотну різницю в складі і характері викидів радіонуклідів під час аварій на атомних станціях – в Чорнобилі через непокриту активну зону реактора відбулося широкомасштабне перенесення і випадання радіоактивних опадів над СРСР і Європою; на Фукусімі стався масовий викид інертних газів.

Відзначено, що на основі щільності випадіння було отримано дані, які свідчать про те, що життєві дози ^{137}Cs залишаються значно нижче або в межах діапазону природного радіаційного опромінення. Однак через короткий період напіврозпаду ^{131}I , що становить 8,0 діб, відсутні комплексні вимірювання впливу ^{131}I після аварії. Зазначено, що ретроспективна дозиметрія впливу ^{131}I на щитовидну залозу через ^{129}I з періодом напіврозпаду 15,7 Ма дає змогу заповнити прогалину в цих знаннях.

Проаналізовано випадання ^{137}Cs за допомогою гамма-спектрометрії та ^{129}I за допомогою прискорювальної мас-спектрометрії в зразках ґрунту з 60 місяць у зонах II і III на півночі України і дози опромінення щитовидної залози, отриманого населенням.

За критичного порівняння отриманих даних з результатами рідкісних прямих вимірювань активності ^{131}I у щитовидній залозі людини доведено, що дози знаходяться на нижній межі. Фактичне радіаційне опромінення в забруднених регіонах Північної України було розглянуто оцінюванням опромінення репатріантів у селищі Христинівка в евакуйованій зоні II, за 75 км від Чорнобильської АЕС, де проживає 30 сімей, які вживають продукти місцевого виробництва.

За даними дослідження додаткове опромінення, отримане репатріантами, було невеликим від ^{137}Cs . Зазначено можливість безпечного життя в сильно забруднених районах. За нормального способу життя загальне радіаційне опромінення жителів Христинівки було в межах діапазону природного радіаційного опромінення.

Ключові слова: радіоактивні опади, радіаційне опромінення, радіаційне забруднення, опромінення репатріантів.

Исследования радиационного воздействия после аварии на Чернобыльской АЭС

Мишель Р., Романчук Л.Д.

Долгосрочная оценка последствий аварий на Чернобыльской АЭС и на Фукусиме связана с изучением выбросов радионуклидов и радиационного облучения в сильно загрязненных регионах.

Рассмотрена существенная разница в составе и характере выбросов радионуклидов во время аварий на атомных станциях – в Чернобыле из-за непокрытой активной зоны реактора были широкомасштабный перенос и выпадение радиоактивных осадков над СССР и Европой; на Фукусиме произошел массовый выброс инертных газов.

Отмечено, что на основе плотностей выпадений были получены данные, которые свидетельствуют о том, что жизненные дозы ^{137}Cs остаются значительно ниже или в пределах диапазона естественного радиационного облучения. Однако, из-за короткого периода полураспада ^{131}I , составляющего 8,0 суток, отсутствуют комплексные

измерения воздействия ^{131}I после аварии. Указано, что ретроспективная дозиметрия воздействия ^{131}I на щитовидную железу через ^{129}I с периодом полураспада 15,7 Ма позволяет восполнить пробел в этих знаниях.

Проанализировано выпадение ^{137}Cs с помощью гамма-спектрометрии и ^{129}I с помощью ускорительной масс-спектрометрии в образцах почвы из 60 мест в зонах II и III на севере Украины и дозы облучения щитовидной железы, полученного населением.

При критическом сравнении полученных данных с результатами редких прямых измерений активности ^{131}I в щитовидной железе человека доказано, что дозы находятся на нижнем пределе. Фактическое радиационное облучение в загрязненных регионах Северной Украины

было рассмотрено путем оценки облучения репатриантов в поселке Кристиновка в эвакуированной зоне II, в 75 км от Чернобыльской АЭС, где проживает 30 семей, которые употребляют продукты местного производства.

По данным исследования дополнительное облучение, полученное репатриантами, было небольшим от ^{137}Cs . Как итог, можно не исключать возможность безопасной жизни в сильно загрязненных районах. При нормальном образе жизни общее радиационное облучение жителей Кристиновки было в пределах диапазона естественного радиационного облучения.

Ключевые слова: радиоактивные осадки, радиационное облучение, радиационное загрязнение, облучение репатриантов.



Copyright: Michel R., Romanchuk L. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Michel R.
Romanchuk L.

<https://orcid.org/0000-0002-7855-6063>
<https://orcid.org/0000-0003-4790-8414>

УДК 582.091/.097:711.57:378.4

Дендроценоз внутрішнього двору головного корпусу Білоцерківського національного аграрного університету: різноманіття, вікова структура та життєвий стан

Марченко А.Б. , Хрик В.М., Масальський В.П. , Роговський С.В. ,Олешко О.Г. , Крупа Н.М. , Жихарева К.В. , Бойко В.М.

Білоцерківський національний аграрний університет

✉ E-mail: allafialko76@ukr.net; nkrupa32@gmail.com; vladbts@mail.ru;
olena-ole@ukr.net; naukaspg@gmail.com

Марченко А.Б., Хрик В.М., Масальський В.П., Роговський С.В., Олешко О.Г., Крупа Н.М., Жихарева К.В., Бойко В.М. Дендроценоз внутрішнього двору головного корпусу Білоцерківського національного аграрного університету: різноманіття, вікова структура та життєвий стан. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 206–216.

Marchenko A.B., Hryk V.M., Masal's'kyj V.P., Rogov's'kyj S.V., Oleshko O.G., Krupa N.M., Zhyhareva K.V., Bojko V.M. Dendrocenoz vnutrishn'ogo dvoru holovno-go korpusu Bilocerkyivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu: riznomanittja, viko-va struktura ta zhyttjevyj stan. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 206–216.

Рукопис отримано: 25.01.2021 р.

Прийнято: 09.02.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-206-216

Наведено результати таксономічного оцінювання, фітосанітарного моніторингу та загального стану дендроценозу внутрішнього двору головного корпусу БНАУ. Встановлено, що вікова структура насаджень від 10 до 80 років, де вік 60 років, становить 12 %. Найчисельнішою є група деревних рослин від 41 до 50 років (33 % від загальної кількості дерев), кущів – 16–20 років (6 %). Структуру дендроценозу внутрішнього двору формують види деревних рослин, частка їх участі становить 5,8–15 % від загальної кількості дерев: *Aesculus hippocastanum* L. (15 %), *Acer platanoides* (9,2 %), *Catalpa bignonioides* Walt. (7,5 %), *Populus tremula* L. (6,7 %), *Juglans cinerea* L. (6,7 %), *Ulmus glabra* Huds. (6,7 %), *Tilia platyphyllos* Scop. (5,8 %). За життєвими формами рослин дендроценоз представлений деревами (81,7 %) та кущами (18,3 %). У результаті таксономічного оцінювання дендроценозу встановили що 120 екземплярів дерево-кущових рослин представлені 27 видами, які об'єднані у 23 роди 17 родин 12 порядків 2 відділів. За кількістю екземплярів, якими представлені родини, їх можна ранжувати наступним чином: *Sapindaceae* Juss. > *Juglandaceae* DC. ex *Perleb* > *Malvaceae* Juss. > *Bignoniaceae* Juss. > *Ulmaceae* Mirb. > *Salicaceae* Mirb. > *Oleaceae* Hoffmanns. & Link > *Anacardiaceae* R. Br. > *Fabaceae* Juss. > *Adoxaceae* E. Mey. > *Paeoniaceae* Raf. За видовим різноманіттям переважає відділ Magnoliophyta, який представлений 24 видами із 20 родів 16 родин 11 порядків. Індекс стану дендроценозу становить 75 %, що характеризує ослаблений стан деревостану внутрішнього двору головного корпусу БНАУ. Найкращий життєвий стан демонструють 46 % дерев, а саме *Picea abies* L., *Pinus sylvestris* L., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Fraxinus excelsior* L., *Styphnolobium japonicum* L., *Carpinus betulus* L., *Rhus typhina* L., *Acer negundo* L., *Tilia cordata* Mill. Під дією різних біотичних та абіотичних чинників 26 % дерево-кущових рослин знаходяться у ослабленому стані, 17 % – сильно ослабленому, 11 % – всохли.

Ключові слова: дендроценоз, дерево-кущова рослинність, вид, рід, родина, життєвий стан.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Оптимальна організація міського простору передбачає загальне, обмежене та спеціальне призначення зелених насаджень, про що свідчить досвід європейських країн та сучасна концепція озеленення міст України. Останніми роками вчені всебічно вивчають

стан зелених насаджень в умовах урбанізації, як один з провідних чинників покращення урбоєкосистем [1–4]. Проблеми озеленення урбанізованих екосистем обґрунтовані у численних працях вітчизняних та зарубіжних науковців [5–10].

Озеленені території урбоєкосистеми є обов'язковою умовою екологічного благопо-

луччя населеного пункту та його архітектурно-художньої виразності [11–12], і території вищих навчальних закладів (ВНЗ) не є винятком. Сучасні ВНЗ є потужними наукоємними і соціально-культурними центрами, що формують висококваліфікований кадровий потенціал різних галузей. Будівлі закладів також є поліфункціональними динамічними містобудівними комплексами, які часто виконують функції архітектурно-планувальних акцентів у структурі міст. Території ВНЗ виконують не лише функції навчальних просторів, а й є важливою частиною спадковості в розвитку культури, визначають духовний потенціал нації. Отже, до ландшафтно-архітектурних ансамблів закладів освіти висувають особливі вимоги щодо рівня благоустрою. Насадження біля ВНЗ є багатофункціональними територіями, які поєднують рекреаційні, санітарно-гігієнічні, фітонцидні і мікрокліматичні показники.

Мета дослідження – здійснити комплексне оцінювання дендроценозу внутрішнього двору головного корпусу Білоцерківського національного аграрного університету.

Матеріал і методи дослідження. Інвентаризацію та визначення стану насаджень на території внутрішнього двору головного корпусу Білоцерківського національного аграрного університету здійснювали відповідно до Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України під час польових маршрутних досліджень [13] та за методикою [14]. Таксономічний склад дерево-кущових рослин вивчали з використанням атласів та довідників [15–21], таксономічні назви наводили за Мосякіним [22] та WFO (2019): World Flora Online. Належність до певної життєвої форми – за класифікаціями І.Г. Серебрякова та К. Раункієра [23, 24].

Для діагностики життєвого стану дендроценозу користувалися шкалою категорій В.А. Алексєєва [25]. Під час розрахунку індексу стану дендроценозу за кількістю дерев застосовували таку формулу:

$$L_n = (100 n_1 + 70 n_2 + 40 n_3 + 5 n_4) / N,$$

де L_n – відносний життєвий стан дендроценозу, розрахований за кількістю дерев; n_1 – кількість здорових, n_2 – ослаблених, n_3 – сильно ослаблених, n_4 – дерев, що відмирають на пробній площі; N – загальна кількість дерев (враховуючи сухостій) на пробній площі.

За показника 100–80 % життєвий стан деревостану оцінювали як здоровий, 79–50 % – деревостан вважається ослабленим, 49–20 % – сильно ослабленим, за 19 % і нижче – повністю зруйнованим.

Білоцерківський національний аграрний університет знаходиться в м. Біла Церква, яке розташоване майже в центрі України, у Київській області, на відстані 80 км від Києва, площа території міста – 6318,96 га, або 63,19 км². Згідно з генеральним планом міста, сучасна просторова організація міста, визначена р. Рось, залізницею та магістральними вулицями, характеризується наявністю чотирьох планувальних утворень: Центральне, Південне (мікрорайон Заріччя), Північне (мікрорайон Залізничного селища) та Східне [26]. У Центральному знаходиться головний корпус Білоцерківського національного аграрного університету (рис. 1). У межах м. Біла Церква виділяють типові функціональні зони: селітебна, промислово-комунальна, транспортна та ландшафтно-рекреаційна, а на його території знаходиться понад 20 об'єктів зеленої зони міста (парки, сквери, алеї, бульвари тощо), а також Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України [27]. Згідно з чинним генеральним планом м. Біла Церква територія внутрішнього двору за функціональним використанням належить до зелених насаджень загального користування. Площа земельної ділянки внутрішнього двору головного корпусу БНАУ становить 0,85 га.

За фізико-географічним районуванням України місто розташоване в межах Білоцерківсько-Богуславського району Північно-Східної Придніпровської височинної області Подільсько-Придніпровського краю Лісостепової зони Східноєвропейської рівнинної ландшафтно-країни [27, 28]. За геоботанічним районуванням України територія м. Біла Церква належить до Північного Правобережно-придніпровського (Старокостянтинівсько-Білоцерківського) округу Української лісостепової (Подільсько-Середньо-придніпровської) підпровінції Східно-Європейської лісостепової провінції Євразійської степової (Європейсько-Сибірської лісостепової) області Голарктичного домініону [29]. Сучасний склад урбанofлори Білої Церкви налічує 994 види судинних рослин з 520 родів і 109 родин [30, 31].

Клімат міста характеризується як помірно континентальний з теплим літом та м'якою з частими відлигами зимою. Середня багаторічна температура повітря становить +8,9 °С, багаторічний абсолютний максимум температури – +34,4 °С, абсолютний мінімум – 24,7 °С. Середня багаторічна температура поверхні ґрунту становить +10,8 °С, абсолютний максимум – +34,2 °С, мінімум – -27,6 °С. Багаторічна кількість днів із замороженим ґрунтом становить 146, середня глибина промерзання пере-

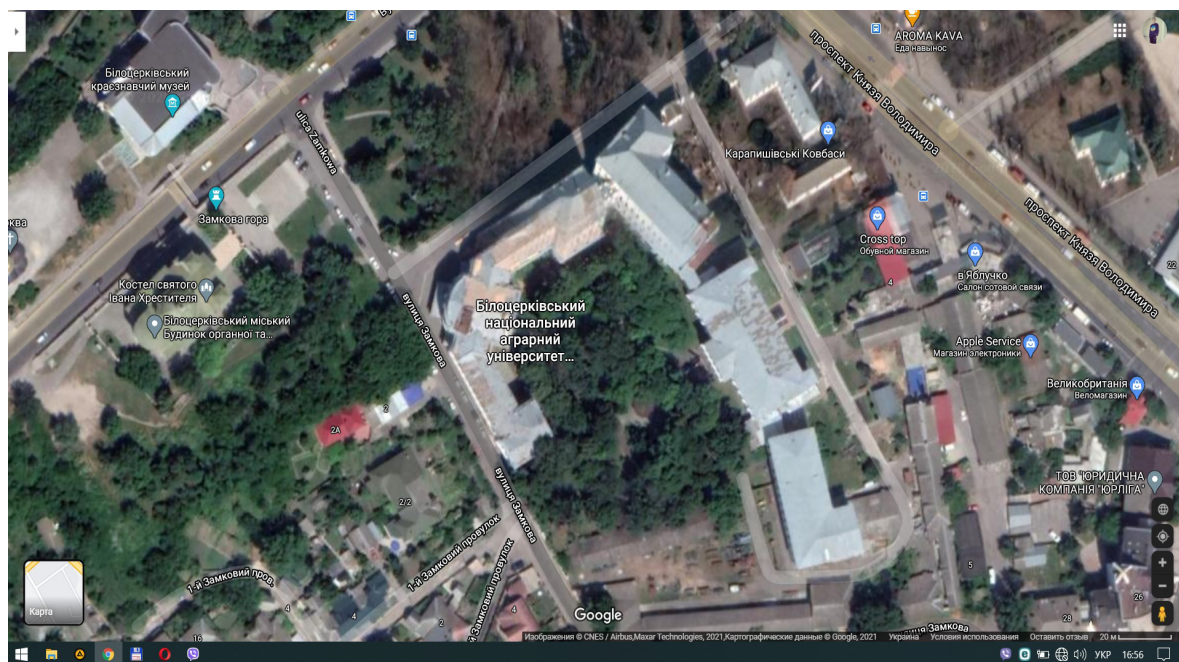


Рис. 1. План місцерозміщення головного корпусу БНАУ, м. Біла Церква, Київська область на космічному знімку Google Maps.

важаючих суглинистих ґрунтів – 80 см, максимальна – 152 см, супіщаних та піщаних – 96 та 180 см, відповідно. Зона морозостійкості USDA 5b. Середній багаторічний показник відносної вологості повітря становить 74 %. Сумарна багаторічна кількість опадів – 549 мм на рік.

Результати дослідження та обговорення. Дендроценоз внутрішнього двору головного корпусу БНАУ формувався тривалий період у 30–60-ті роки ХХ ст. Саме тоді було закладено алейні та групові насадження вздовж основних пішохідних доріжок та біля фонтана, і наразі їх вік становить понад 60 років. З огляду на це, важливо оцінити стан дерев і кущів у внутрішньому дворі головного корпусу БНАУ, щоб виявити сучасний стан зростаючих видів дерево-кущової рослинності, їх функціональну спроможність, фітосанітарний стан з метою подальшої роботи щодо заходів з догляду та утримання зелених насаджень в умовах урбоекосистеми м. Біла Церква. Серед дерев насаджень внутрішнього двору виявлено рослини віком

від 10 до 80 років (табл. 1). Екземпляри, вік яких перевищує 60 років, становлять лише 12 %, серед них дерева *Acer platanoides* L., *Ulmus glabra* Huds., *Populus tremula* L., *Carpinus betulus* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Picea abies* L.

У віковій структурі деревних насаджень внутрішнього двору головного корпусу БНАУ найчисельнішою є вікова група від 41 до 50 років – 33 % від загальної кількості дерев (рис. 2).

До цієї групи належить значна кількість дерев *Aesculus hippocastanum* L., *Acer platanoides* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Ulmus glabra* Huds., *Populus tremula* L., *Juglans regia* L., *Juglans cinerea* L., *Robinia pseudoacacia*. Досить значна частка дерев (26 %) належить до вікової групи 51–60 років. Серед цієї вікової категорії трапляються дерева *Aesculus hippocastanum* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus glabra* Huds., *Populus tremula* L. Молоді дерева віком до 10 років становлять лише 0,8 % від загальної кількості дерев, серед яких відзначено види *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Pinus sylvestris* L.

Таблиця 1 – Вікова структура дерево-кущової рослинності дендроценозу внутрішнього двору головного корпусу Білоцерківського національного аграрного університету

Вік, років	Дерева, %	Вік, років	Кущі, %
≤ 10	0,8	≤ 5	–
11–20	13	6–10	–
21–30	18	11–15	2,5
31–40	10	16–20	6,0
41–50	33	21–25	4,6
51–60	26	26–30	4,2
>60	12	–	–

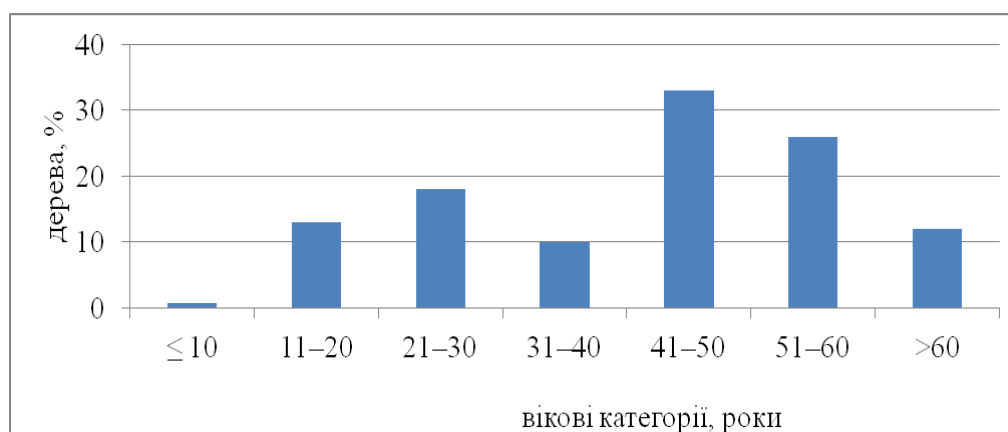


Рис. 2. Вікові категорії основних видів деревних рослин дендрофлори внутрішнього двору головного корпусу БНАУ.

За результатами аналізу вікової структури кущів у насадженнях внутрішнього двору встановлено, що найбільше рослин мають вік 16–20 років – 6 % (табл. 1), а саме *Paeonia suffruticosa*, *Mahonia aquifolium*. Значна кількість рослин кущів належить до вікових груп 21–25 років (4,6 %) та 26–30 років (4,2 %), а саме *Syringa vulgaris*, *Philadelphus coronarius* L., *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra* L., *Weigela praecox* (Lemoine) L. Bailey. У структурі насаджень внутрішнього двору молодих кущів віком до 10 років немає, тобто висаджування молодих рослин декоративних кущів не проводили.

Окрім вікової структури, проаналізовано основні деревні породи за видовими категоріями, до таких видів належать рослини, які у насадженнях внутрішнього двору трапляються найчастіше. Структуру дендроценозу внутрішнього двору головного корпусу БНАУ формують види деревних рослин, частка яких становить від 5,8 до 15 % від загальної кількості дерев: *Aesculus hippocastanum* L. (15 %), *Acer platanoides* (9,2 %), *Catalpa bignonioides* Walt.

(7,5 %), *Populus tremula* L. (6,7 %), *Juglans cinerea* L. (6,7 %), *Ulmus glabra* Huds. (6,7 %), *Tilia platyphyllos* Scop. (5,8 %).

За життєвими формами рослин дендроценоз представлений деревами (81,7 %) та кущами (18,3 %), водночас переважають дерева відділу *Magnoliophyta* – 79,2 % (табл. 2). Серед кущів перевагу мають гарноквітучі форми (11,6 %) із 4 родів та 4 родин, які представлені видами *Paeonia suffruticosa*, *Syringa vulgaris*, *Philadelphus coronarius* L., *Weigela praecox* (Lemoine) L. Bailey.

На основі проведених маршрутних досліджень встановили, що у складі дендроценозу внутрішнього двору головного корпусу БНАУ зростає 120 екземплярів дерево-кущових рослин (рис. 3), які представлені 27 видами, що об'єднані у 23 роди 17 родин (табл. 3). За кількістю екземплярів, якими представлені родини, їх можна ранжувати наступним чином: *Sapindaceae* Juss. > *Juglandaceae* DC. ex Perleb > *Malvaceae* Juss. > *Bignoniaceae* Juss. > *Ulmaceae* Mirb. > *Salicaceae* Mirb. > *Oleaceae* Hoffmanns. & Link > *Anacardiaceae*

Таблиця 2 – Розподіл рослин дендрофлори у внутрішньому дворі головного корпусу БНАУ за життєвими формами

Життєва форма	Родина	Рід	Вид	К-сть екземплярів	
				шт	%
<i>Pinophyta</i>					
Дерева	1	3	3	3	2,5
Кущі	–	–	–	–	–
<i>Magnoliophyta</i>					
Дерева	11	13	17	95	79,2
Кущі, з них:	6	7	7	22	18,3
вічнозелені	1	1	1	3	2,5
гарноквітучі	4	4	4	14	11,6
декоративно-листяні	1	2	2	5	4,2

R.Br. > *Fabaceae* Juss. > *Adoxaceae* E. Mey. > *Paeoniaceae* Raf. Родини *Betulaceae* Gray, *Rosaceae* Juss., *Caprifoliaceae* Juss., *Hydrangeaceae* Dumort., *Berberidaceae* Juss., *Pinaceae* Spreng. ex Rudolphi у дендрофлорі внутрішнього двору представлені від 1 до 3 екземплярів дерево-кущової рослинності.

Дендроценоз території внутрішнього скверу представлений 2 відділами 12 порядків 17 родин 23 родів 27 видів, водночас переважають дерево-кущові рослини відділу *Magnoliophyta* – 97,5 % (табл. 3).

За видовим різноманіттям переважає *Magnoliophyta*, який представлений 24 видами із 20 родів 16 родин 11 порядків: *Malvales* Juss., *Sapindales* Juss. ex Bercht. & J. Presl, *Rosales* Bercht. & J. Presl, *Malpighiales* Juss. ex Bercht. & J. Presl, *Fagales* Engl., *Fabales* Bromhead, *Saxifragales* Bercht. & J. Presl, *Ranunculales* Juss. ex Bercht. & J. Presl, *Lamiales* Bromhead, *Cornales* Link, *Dipsacales* Juss. ex Bercht. & J. Presl. За кількісним показником переважають порядки: *Sapindales* (30,8 % екземплярів від загальної кількості асортименту), *Lamiales* (13,3 %), *Fagales*

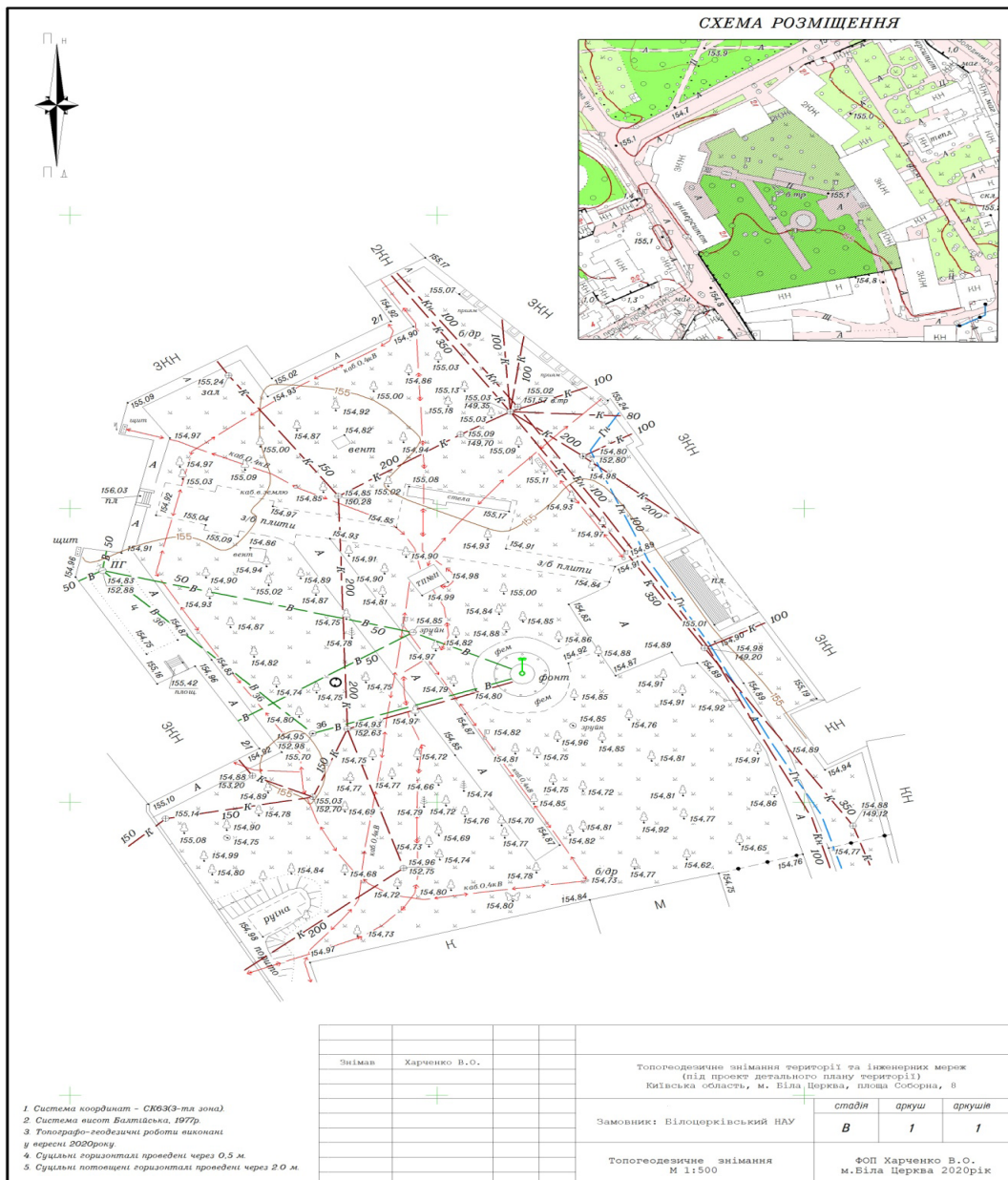


Рис. 3. Топогеодезичне знімання території, інженерних мереж та інвентаризації зелених насаджень внутрішнього двору головного корпусу БНАУ, м. Біла Церква, Київська область, 2020 р.

(11,6%), *Malvales* та *Rosales* (по 8,3%). Порядок *Sapindales* має значну перевагу (37 екземплярів) і представлений 5 видами деревних рослин *Aesculus hippocastanum* L., 1753, *Acer saccharum* Marsh., *Acer platanoides*, *Acer negundo* L., *Rhus typhina* із 3 родів 2 родин. Порядок *Lamiales* представлений 16 екземплярами дерево-кущових рослин видів *Catalpa bignonioides* Walt., *Fraxinus excelsior* L., *Syringa vulgaris* із 3 родів 2 родин. Порядок *Fagales* представлений 14 екземплярами деревних рослин 3 видів *Juglans regia* L., *Juglans cinerea* L., *Carpinus betulus* L. із 2 родів 2 родин. Порядок *Malvales* представлений 10 екземплярами деревних рослин 2 видів *Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. із роду *Tilia* L. родини *Malvaceae* Juss. Порядок *Rosales* представлений 10 екземплярами деревних рослин 2 видів *Ulmus glabra* Huds., *Pyrus pyraeaster* (L.) Burgsd. із 2 родів 2 родин.

Порядки *Malpighiales*, *Fabales*, *Saxifragales*, *Ranunculales*, *Cornales*, *Dipsacales* в садово-парковому рішенні внутрішнього двору головного корпусу БНАУ представлені 2–8 екземплярами дерево-кущових рослин: *Populus tremula* L., *Robinia pseudoacacia*, *Styphnolobium japonicum*, *Paeonia suffruticosa* Andr., *Mahonia aquifolium*, *Philadelphus coronarius* L., *Viburnum*

opulus, *Sambucus nigra* L., *Weigela praecox* (Lemoine) L. Bailey. із 9 родів 7 родин.

За видовим різноманіттям *Pinophyta* представлений деревними рослинами із видів *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* із родів *Pseudotsuga* Carrière, *Pinus* L., *Picea* A. Dietr. підродин *Laricoideae*, *Pinoideae*, *Piceoideae* родини *Pinaceae* Spreng. Ex Rudolphi порядку *Pinales* Gorozh.

За кількістю деревних рослин показник відносного життєвого стану дендроценозу становить 75%, що характеризує ослаблений стан деревостану внутрішнього двору головного корпусу БНАУ. Найкращий життєвий стан деревостану має 46% видів, а саме *Picea abies* L., *Pinus sylvestris* L., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Fraxinus excelsior* L., *Styphnolobium japonicum* L., *Carpinus betulus* L., *Rhus typhina* L., *Acer negundo* L., *Tilia cordata* Mill. (рис. 4).

В ослабленому стані під дією різних біотичних та абіотичних чинників (морозобійні тріщини, сніговали, пригнічення сусідніми деревами, ураження омелою та ін.) знаходяться 25,8% дерево-кущових рослин: *Juglans cinerea* L. (4,2% від загальної кількості дерев), *Juglans regia* L. (3,4%), *Tilia platyphyllos* Scop. (3,4%),

Таблиця 3 – Таксономічна структура дендроценозу у внутрішньому дворі головного корпусу БНАУ

Відділ	Кількість, од.				Загальна кількість рослин	
	порядок	родин	родів	видів (форм)	шт.	%
<i>Pinophyta</i>	1	1	3	3	3	2,5
<i>Magnoliophyta</i>	11	16	20	24	117	97,5
Всього	12	17	23	27	120	100

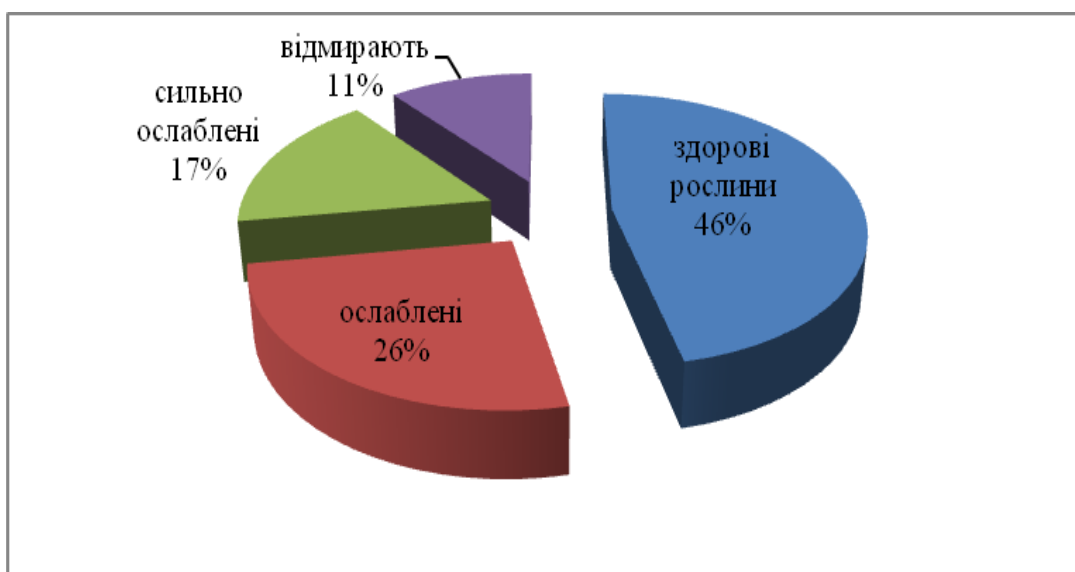


Рис. 4. Життєвий стан дендроценозу внутрішнього двору головного корпусу БНАУ, розрахований за кількістю дерев.

Aesculus hippocastanum L. (2,5 %), *Sambucus nigra* L. (2,5 %), *Syringa vulgaris* (2,5 %), *Acer platanoides* (2,5 %), *Catalpa bignonioides* Walt. (1,6 %), *Robinia pseudoacacia* (1,6 %), *Mahonia aquifolium* (0,8 %), *Philadelphus coronarius* L. (0,8 %). Упродовж вегетаційного періоду відмічали ураження *Acer platanoides* збудниками *Sawadaia bicornis* Miyabe apud Homma, Y., *Rhytisma acerinum* Fr., (1819); *Syringa vulgaris* – *Erysiphe syringae* Schwein; *Juglans regia* L. та *Juglans cinerea* L. – *Ophiognomonina leptostyla* (Fr.). Унаслідок щорічного заселення та пошкодження рослин шкідливими комахами, ураження вегетуючої частини фітопатогенними організмами, деревини – дереворуйнівними грибами, омолою білою, 17 % дендрофлори перебуває у стані сильного ослаблення (рис. 4). До цієї категорії належать такі види як *Aesculus hippocastanum* L. (4,2 % від загальної кількості дерев), *Populus tremula* L., 1753 (3,4 %), *Acer platanoides* (2,5 %), *Paeonia suffruticosa* Andr. (1,6 %), *Catalpa bignonioides* Walt. (0,8 %), *Robinia pseudoacacia* (0,8 %), *Pyrus pyraister* (L.) Burgsd. (0,8 %). Щороку спостерігали розвиток патологій на *Populus tremula* L., зумовлених збудниками *Venturia macularis* E. Müll. & Arx, *Melampsora laricis-tremulae* Kleb., *Melampsora pinitorqua* Rostr., *Valsa sordida* Nitschke, на *Pyrus pyraister* – *Venturia pirina* Aderh. Унаслідок дії біотичних чинників відмерли 11 % дендрофлори, а саме *Ulmus glabra* Huds. (6,7 % від загальної кількості дерев), *Populus tremula* L., 1753 (1,6 %), *Aesculus hippocastanum* L. (1,6 %), *Catalpa bignonioides* Walt. (0,8 %). Головною причиною загибелі *Ulmus glabra* Huds. є ураження збудника *Ophiostoma ulmi* Nannf. та пошкодження *Scolytus scolytus*.

На ослаблених і мертвих деревах листяних порід щорічно спостерігали розвиток дереворуйнівних грибів *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Quel., *Phellinus igniarius* Qué., (1886), *Phellinus tremulae* Bondartsev & Borissov, *Fomes fomentarius* J. Kickx f., (1867), *Ganoderma lipsiense* G.F. Atk., *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Bond. et Sing). Щороку відмічали розвиток збудника *Nectria cinnabarina* Fr., (1849) як сапротрофа на відмерлих гілках, так і як паразита на ослаблених екземплярах дерев: *Ulmus glabra* Huds., *Aesculus hippocastanum* L.), *Populus tremula* L. На вегетуючих органах деревних рослин щорічно спостерігали пошкодження *Aceria tristriata* (Nalepa, 1890), *Aceria varia* (Nalepa, 1892), *Eriophyes tiliae* (Pagenstecher, 1857), *Cameraria ohridella* (Deschka & Dimic, 1986), *Eucalipterus tiliae* L., *Pemphigus spyrothecae* (Passerini, 1856).

Значні ураження напівпаразитом *Viscum album* L. мають *Robinia pseudoacacia*, *Acer platanoides*, *Acer saccharum*.

В окремі роки спостерігали пошкодження *Euproctis chrysorrhoea* L., *Ocneria dispar* L., *Malacosoma neustria* L., *Phalera bucephala* L., *Erannis defoliaria* Cl., *Hyphantria cunea* Drury, *Aporia crataegi* L., *Vanessa cardui* (Linnaeus, 1758), *Sciaphobus squalidus* Gyll., *Zeuzera pyrina*, *Operophtera brumata*, *Dasychira pudibunda*, *Chrysomela populi*, *Trichiocampus viminalis*. На ослаблених і старих екземплярах у деревині зафіксовано ходи *Scolytus mali* Bechstein, *Hylesinus fraxini* Panzer, *Agrilus viridis* L., *Cossus cossus* L., *Aegeria apiformis* Cl.

Висновки. За результатами моніторингу стану дендроценозу внутрішнього двору головного корпусу БНАУ встановлено вікову структуру дерево-кущової рослинності, їх таксономічний склад та головні причини зниження життєздатності рослин. Дендроценоз представлений рослинами віком від 10 до 80 років, перевагу має вікова група дерев від 41 до 50 років (33 % від загальної кількості дерев) та кущів 16–20 років (6 %).

Структуру дендроценозу формують види деревних рослин: *Aesculus hippocastanum* L. (15 % від загальної кількості дерев), *Acer platanoides* (9,2 %), *Catalpa bignonioides* Walt. (7,5 %), *Populus tremula* L. (6,7 %), *Juglans cinerea* L. (6,7 %), *Ulmus glabra* Huds. (6,7 %), *Tilia platyphyllos* Scop. (5,8 %).

За життєвими формами рослин дендроценоз представлений деревами (81,7 %) та кущами (18,3 %), водночас переважають дерева відділу *Magnoliophyta* – 79,2 %.

Дендроценоз території внутрішнього скверу представлений 2 відділами 12 порядків 17 родів 23 родів 27 видів, водночас переважають дерево-кущові рослини відділу *Magnoliophyta* (97,5 %). За кількістю екземплярів, якими представлені родини, їх можна ранжувати наступним чином: *Sapindaceae* Juss. > *Juglandaceae* DC. ex Perleb > *Malvaceae* Juss. > *Bignoniaceae* Juss. > *Ulmaceae* Mirb. > *Salicaceae* Mirb. > *Oleaceae* Hoffmanns. & Link > *Anacardiaceae* R.Br. > *Fabaceae* Juss. > *Adoxaceae* E.Mey. > *Paeoniaceae* Raf.

Життєвий стан дендроценозу становить 75 %, що характеризує його як ослаблений. Найкращий життєвий стан демонструють 46 % дерев, а саме *Picea abies* L., *Pinus sylvestris* L., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Fraxinus excelsior* L., *Styphnolobium japonicum* L., *Carpinus betulus* L., *Rhus typhina* L., *Acer negundo* L., *Tilia cordata* Mill. Під дією різних біотичних та абіотичних чинників 26 % дерево-кущових рослин знаходяться в ослабленому стані, 17 % – сильно ослабленому, 11 % – всохли.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бухарина І.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г. Городские насаждения: экологический аспект. Ижевск: Удмурский университет, 2012. 206 с.
2. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. Москва: Наука, 1974. 124 с.
3. Кучерявий В.П. Фітомеліорація: навч. посіб. Львів: Світ, 2003. 540 с.
4. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитондикации: монография. Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. 220 с.
5. Екологічний потенціал наземних екосистем / М.А. Голубець та ін. Львів: Поллі, 2003. 180 с.
6. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць: підручник. Львів: Світ, 2005. 456 с.
7. Трансформаційні процеси в лісопаркових і паркових насадженнях урбанізованих екосистем Заходу України / Генік Я.В. та ін. Науковий вісник НЛТУ України. Львів, 2017. Вип. 27 (10). С. 9–15.
8. Каспрук О.І. Садово-паркові насадження старовинної частини міста Львова і шляхи підвищення їх фітомеліоративної ефективності: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Львів, 2003. 18 с.
9. Mansor M., Said I., Mohamad I. Experiential contacts with green infrastructure's diversity and well-being of urban community. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*. 2012. 49. P. 257–267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.07.024>.
10. Kuo F.E. Parks and Other Green Environments: Essential Components of a Healthy Human Habitat. Belmont: National Recreation and Park Association, 2010. 48 p.
11. Боговая И.О., Теодоронский В.С. Озеленение населенных мест: учеб. пособие для вузов. Москва: Агропромиздат, 1990. 239 с.
12. Ерохина В.И., Жеребцова Г.П., Вольфтруб Т.И. Озеленение населенных мест: справочник. Москва: Стройиздат, 1987. 432 с.
13. Про затвердження Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України: наказ Держбуду України від 24.12.2001 р. № 226. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0182-02>
14. Теодоронський В.С., Баговая И.О. Объекты ландшафтной архитектуры: учебное пособие. Москва: МГУЛ, 2003. 330 с.
15. Дендрофлора України. Дикорослі і культивовані дерева і кущі. Голонасінні: довідник / М.А. Кохно та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 207 с.
16. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні: довідник. ч.1. / М.А. Кохно та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2003. 451 с.
17. Дендрофлора України. Дикорослі і культивовані дерева і кущі. Покритонасінні: довідник. ч.2. / М.А. Кохно та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. 716 с.
18. Каталог різновидів, культиварів та форм деревних та кущових рослин, ч.І Голонасінні (Полісся, Лісостеп, Карпати України) / С.І. Кузнецов та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2002. 35 с.
19. Каталог видів, різновидів, форм, сортів деревних та кущових рослин. Ч. III. Красиво квітучі дерева та кущі (Полісся та Лісостеп України) / Н.М. Трофименко та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2003. 24 с.
20. Каталог видів, різновидів, форм та культиварів паркоутворюючих деревних рослин. Покритонасінні (Полісся, Лісостеп та Карпати України) / Л.І. Пархоменко та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2003. Ч. IV. 24 с.
21. Інфекційні хвороби деревних порід: посібник для студентів вищих навчальних закладів агрономічного факультету за напрямом підготовки лісове та садово-паркове господарства / А.Б. Марченко, В.С. Хахула. Біла Церква, 2014. 160 с.
22. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular Plants of Ukraine: A nomenclatural Checklist. Kyiv, 1999. 345 p.
23. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений (Жизненные формы покрытосеменных и хвойных). Просвещение, 1962. 378 с.
24. Гришко-Богменко Б.К., Морозюк С.С., Оляницька Л.Г. Географія рослин з основами ботаніки: навч. посібник. Київ: Вища школа, 1991. 255 с.
25. Алексеев В.А. Диагностика поврежденных деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 38–53.
26. Генеральний план м. Біла Церква Київської області. Управління містобудування та архітектури Білоцерківської міської ради Київської області. ДП «НДПІ Містобудування» Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України. Київ: ДП «НДПІ Містобудування», 2016. 50 с.
27. Комплексний атлас Київської області / О.В. Онищак та ін. Київ: ДНВП «Картографія», 2009. 80 с.
28. Физико-географическое районирование Украинской ССР / под общ. ред. В.П. Попова. Киев: Изд-во Киев. ун-та. 1968. 684 с.
29. Дідух Я.П., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Геоботаничне районування України та суміжних територій. Український ботанічний журнал. 2003. Т. 60, № 1. С. 6–17.
30. Білявський С. Аналіз дендрофлори зелених зон міста Біла Церква. Інтродукція та збереження рослинного різноманіття. 2012. Т. 30. С. 11–13.
31. Білявський С.М. Структурні особливості урбанофлори Білої Церкви (Київська область). Синантропізація рослинного покриву України. III Всеукр. наук. конф. (м. Київ, 26–27 верес. 2019 р.): зб. наук. ст. Київ: Наш формат, 2019. С. 10–15.

REFERENCES

1. Buharina, I.L., Zhuravleva, A.N., Bolyshova, O.G. (2012). *Gorodskie nasazhdenija: jekologicheskij aspekt [Urban areas: ecological aspect]*. Izhevsk, Udmursky University, 206 p.
2. Kulagin, Ju.Z. (1974). *Drevesnye rastenija i promyshlennaja sreda [Woody plants and industrial environment]*. Moscow, Science, 124 p.

3. Kucherjavyj, V.P. (2003). Fitomelioracija: navch. posib. [Phytomelioration]. Lviv, World, 540 p.
4. Nikolaevskij, V.S. (2002). Jekologicheskaja ocenka zagrjaznenija sredi i sostojanija nazemnyh jekosistem metodami fitoindikacii: monografija [Environmental assessment of environmental pollution and the state of terrestrial ecosystems by phytoindication methods]. Pushkino, VNIILM, 220 p.
5. Golubec', M.A., Mariskevich, O.G., Krok, B.O., Kozlovs'kij, M.P., Bashta, A.T.V., Gnativ, P.S., Grinchak, M.M., Shpakivs'ka, I.M., Javornic'kij, V.I. (2003). Ekologichnyj potencial nazemnyh ekosystem [Ecological potential of terrestrial ecosystems]. Lviv, Polli, 180 p.
6. Kucherjavyj, V.P. (2005). Ozelenennja naselennyh misc': pidruchnyk [Landscaping of settlements]. Lviv, World, 456 p.
7. Genyk, Ja.V., Dudyn, R.B., Dyda, A.P., Marutjak, S.B. (2017). Transformacijni procesy v lisoparkovyh i parkovyh nasadzhenjah urbanizovanyh ekosystem Zahodu Ukrai'ny [Transformation processes in forest-park and park plantations of urbanized ecosystems of the West of Ukraine]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrai'ny [Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine]. Lviv, Issue 27 (10), pp. 9–15.
8. Kaspruk, O.I. (2003). Sadovo-parkovi nasadzhenja starovynnoi' chastyny mista L'vova i shljahy pidvyshhennja i'ih fitomelioratyvnoi' efektyvnosti: avtoref. dys.... kand. s.-g. nauk: 06.03.01 [Garden and park plantings of the ancient part of the city of Lviv and ways to increase their phytomeliorative efficiency: author's ref. dis. Cand. of Agricultural Sciences: 06.03.01]. Lviv, 18 p.
9. Mansor, M., Said, I., Mohamad, I. (2012). Experiential contacts with green infrastructure's diversity and well-being of urban community. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*. 49. pp. 257–267. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro>.
10. Kuo, F.E. (2010). Parks and Other Green Environments: Essential Components of a Healthy Human Habitat. Belmont: National Recreation and Park Association. 48 p.
11. Bogovaja, I.O., Teodoronskij, V.S. (1990). Ozelenenie naselennyh mest: ucheb. posobie dlja vuzov [Greening of populated areas]. Moscow, Agropromizdat, 239 p.
12. Erohina, V.I., Zherebcova, G.P., Vol'ftrub, T.I. (1987). Ozelenenie naselennyh mest: spravochnik [Greening of populated areas]. Moscow, Strojizdat, 432 p.
13. Pro zatverdzhennja Instrukcii' z inventaryzacii' zelenyh nasadzen' u naselennyh punktah Ukrai'ny: nakaz Derzhbudu Ukrai'ny vid 24.12.2001 p. № 226 [About the statement of the Instruction on inventory of green plantings in settlements of Ukraine: the order of the State Construction Committee of Ukraine from 12/24/2001 № 226]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0182-02>
14. Teodorons'kij, V.S., Bagovaja, I.O. (2003). Obekty landsaftnoj arhitektury: uchebnoe posobie [Objects of landscape architecture]. Moscow, MGUL, 330 p.
15. Kohno, M.A., Kuznjecov, S.I., Gordijenko, V.I., Zaharenko, G.S. (2001). Dendroflora Ukrai'ny. Dykorosli i kul'tyvovani dereva i kushhi. Golonasinni: dovidnyk [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms]. Kyiv, Fitosociocentr, 207 p.
16. Kohno, M.A., Parhomenko, L.I., Zarubenko, A.U., Vahnovs'ka, N.G., Gorelov, O.M. (2003). Dendroflora Ukrai'ny. Dykorosli j kul'tyvovani dereva i kushhi. Pokrytonasinni: dovidnyk [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms]. Kyiv, Fitosociocentr, Part 1, 451 p.
17. Kohno, M.A., Trofymenko, N.M., Parhomenko, L.I., Demchenko, O.O. (2005). Dendroflora Ukrai'ny. Dykorosli i kul'tyvovani dereva i kushhi. Pokrytonasinni: dovidnyk [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms]. Kyiv, Fitosociocentr, Part 2, 716 p.
18. Kuznjecov, S.I., Marynych, I.S., Pohyl'chenko, O.O., Klymenko, Ju.O. (2002). Katalog riznovydiv, kul'tyvariv ta form derevnyh ta kushhovyh roslyn. Golonasinni (Polissja, Lisostep, Karpaty Ukrai'ny) [Catalog of varieties, cultivars and forms of woody and shrubby plants. Bare-seeded (Polissya, Forest-steppe, Carpathians of Ukraine)]. Kyiv, Fitosociocentr, Part 1, 35 p.
19. Trohymenko, N.M., Gorb, V.K., Parhomenko, L.I., Schepic'ka, T.S., Klymenko, Ju.O. (2003). Katalog vydiv, riznovydiv, form, sortiv derevnyh ta kushhovyh roslyn. Krasyyvo kvituchi dereva ta kushhi (Polissja ta Lisostep Ukrai'ny) [Catalog of species, varieties, forms and cultivars of park-forming woody plants. Angiosperms (Polissya, Forest-Steppe and Carpathians of Ukraine)]. Kyiv, Fitosociocentr, Part 3, 24 p.
20. Parhomenko, L.I., Trofymenko, N.M., Doroshenko, O.K., Gorb, V.K., Gorjelov, O.M., Pylypchuk, V.F., Klymenko, S.V., Balabushka, V.K., Klymenko, Ju.O., Harchyshyn, V.T., Chernjak, V.M. (2003). Katalog vydiv, riznovydiv, form ta kul'tyvariv parkoutvorjujuchyh derevnyh roslyn. Pokrytonasinni (Polissja, Lisostep ta Karpaty Ukrai'ny) [Catalog of species, varieties, forms and cultivars of park-forming woody plants. Angiosperms (Polissya, Forest-Steppe and Carpathians of Ukraine)]. Kyiv, Fitosociocentr, Part 4, 24 p.
21. Marchenko, A.B., Hahula, V.S. (2014). Infekcijni hvoroby derevnyh porid: Posibnyk dlja studentiv vyshhyh navchal'nyh zakladiv agronomichnogo fakul'tetu za naprjamom pidgotovky lisove ta sadovo-parkove gospodarstva [Infectious diseases of tree species]. Bila Tserkva, 160 p.
22. Mosyakin, S.L., Fedoronchuk, M.M. (1999). Vascular Plants of Ukraine: A nomenclatural Checklist. Kyiv, 345 p.
23. Serebrjakov, I.G. (1962). Jekologicheskaja morfologija rastenij (Zhiznennye formy pokrytosemennyh i hvojnnyh) [Ecological morphology of plants (Life forms of angiosperms and conifers)]. Prosveshhenie [Education], 378 p.
24. Gryshko-Bogmenko, B.K., Morozjuk, S.S., Oljanyc'ka, L.G. (1991). Geografija roslyn z osnovamy botaniky: navch. posibnyk [Geography of plants with the basics of botany]. Kyiv, High school, 255 p.

25. Alekseev, V.A. (1990). Diagnostika povrezhdenij derev'ev i drevostoev pri atmosferom zagrijaznenii i ocenka ih zhiznennogo sostojanija [Diagnosis of damage to trees and forest stands during atmospheric pollution and assessment of their life state]. Lesnye jekosistemy i atmosfernoe zagrijaznenie [Forest ecosystems and air pollution]. Lviv, Science, pp. 38–53.

26. General'nyj plan m. Bila Cerkva Kyi'vs'koi' oblasti. Upravlinnja mistobuduvannja ta arhitektury Bilocerktiv's'koi' mis'koi' rady Kyi'vs'koi' oblasti. DP «NDPI Mistobuduvannja» Ministerstva regional'nogo rozvytku, budivnyctva ta zhytlovoekonomal'nogo gospodarstva Ukrai'ny [General plan of the city of Bila Tserkva, Kyiv region. Department of Urban Planning and Architecture of Bila Tserkva City Council of Kyiv Region. SE "MDPI Urban Development" of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine]. Kyiv, NDPI Urban Planning, 2016, 50 p.

27. Onyshhak, O.V. (2009). Kompleksnyj atlas Kyi'vs'koi' oblasti [Comprehensive atlas of Kyiv region]. Kyiv, DNVP «Kartografija», 80 p.

28. Popova, V.P. (1968). Fiziko-geograficheskoe rajonirovanie Ukrainskoj SSR [Physical and geographical zoning of the Ukrainian SSR]. Kyiv, Kiev University Press, 684 p.

29. Diduh, Ja.P., Sheljag-Sosonko, Ju.R. (2003). Geobotanichne rajonuvannja Ukrai'ny ta sumizhnyh terytorij [Geobotanical zoning of Ukraine and adjacent territories]. Ukrai'ns'kyj botanichnyj zhurnal [Ukrainian Botanical Journal]. Vol. 60, no. 1, pp. 6–17.

30. Biljavs'kyj, S. (2012). Analiz dendroflory zelenyh zon mista Bila Cerkva [Analysis of the dendroflora of the green areas of Bila Tserkva]. Introdukcija ta zberezhennja roslynnoho riznomanittja [Introduction and preservation of plant diversity]. Vol. 30, pp. 11–13.

31. Biljavs'kyj, S.M. (2019). Strukturni osoblyvosti urbanoflory Biloi' Cerkvy (Kyi'vs'ka oblast'). Synanthropizacija roslynnoho pokryvu Ukrai'ny [Structural features of the urban flora of Bila Tserkva (Kyiv region). Synanthropization of vegetation of Ukraine]. III Vseukr. nauk. konf. (m. Kyi'v, 26–27 veres. 2019 r.): zb. nauk. st. [III All-Ukrainian Scientific Conference (Kyiv, September 26–27, 2019): a collection of scientific articles]. Kyiv, Our format, pp. 10–15.

Дендроценоз во внутреннем дворе главного корпуса Белоцерковского национального аграрного университета: разнообразие, возрастная структура и жизненное состояние

Марченко А.Б., Хрык В.Н., Масальский В.П., Роговский С.В., Олешко А.Г., Крупа Н.Н., Жихарева К.В., Бойко В.Н.

Приведены результаты таксономической оценки, фитосанитарного мониторинга и общего состояния дендроценоза внутреннего двора главного корпуса БНАУ. Установлено, что возрастная структура насаждений от 10 до 80 лет, где возраст 60 лет, составляет 12 %. Самой многочисленной является группа древесных растений от 41 до 50 лет (33 % от общего количества деревьев), кустов

– 16–20 лет (6 %). Структуру дендроценоза внутреннего двора формируют виды древесных растений, доля их участия составляет 5,8 – 15 % от общего количества деревьев: *Aesculus hippocastanum* L. (15 %), *Acer platanoides* (9,2 %), *Catalpa bignonioides* Walt. (7,5 %), *Populus tremula* L. (6,7 %), *Juglans cinerea* L. (6,7 %), *Ulmus glabra* Huds. (6,7 %), *Tilia platyphyllos* Scop. (5,8 %). По жизненным формам растений дендроценоз представлен деревьями (81,7 %) и кустами (18,3 %). В результате таксономической оценки дендроценоза установили, что 120 экземпляров дерево-кустарниковых растений представлены 27 видами, объединенных в 23 рода 17 семей 12 порядков 2 отделов. По видовому разнообразию преобладает *Magnoliophyta*, который представлен 24 видами из 20 родов 16 семей 11 порядков. По количеству экземпляров, которыми представлены семьи, их можно ранжировать следующим образом: *Sapindaceae* Juss. > *Juglandaceae* DC. ex Perleb > *Malvaceae* Juss. > *Bignoniaceae* Juss. > *Ulmaceae* Mirb. > *Salicaceae* Mirb. > *Oleaceae* Hoffmanns. & Link > *Anacardiaceae* R.Br. > *Fabaceae* Juss. > *Adoxaceae* E. Mey. > *Paeoniaceae* Raf. По количеству древесных растений показатель относительного жизненного состояния дендроценоза составляет 75 %, что характеризует ослабленное состояние древостоя во внутреннем дворе главного корпуса БНАУ. Лучшее жизненное состояние демонстрируют 46 % древостоя, такие виды как *Picea abies* L., *Pinus sylvestris* L., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Fraxinus excelsior* L., *Styphnolobium japonicum* L., *Carpinus betulus* L., *Rhus typhina* L., *Acer negundo* L., *Tilia cordata* Mill. Под действием различных биотических и абиотических факторов 26 % дерево-кустарниковых растений находятся в ослабленном состоянии, 17 % – сильно ослабленном, 11 % – усохли.

Ключевые слова: дендроценоз, дерево-кустарниковая растительность, вид, род, семья, жизненное состояние.

Dendrocenosis of the Bila Tserkva national agricultural university main building courtyard: diversity, age and condition

Marchenko A., Khryk V., Masalskyi V., Rogovskiy S., Oleshko O., Krupa N., Zhykhareva K., Boyko V.

The paper reveals the results of taxonomic assessment, phytosanitary monitoring and general condition of the dendrocenosis the BNAU main building the courtyard. It is established that the age structure of plantations ranges from 10 to 80 years, with 60 years old plants to make 12 %. The group of woody plants aged from 41 to 50 years is most numerous (33 % of the total number of trees); the largest number of shrubs ages 16–20 years (6 %). The structure of the dendrocenosis of the courtyard is formed by species of woody plants, the share of their participation ranges from 5.8 to 15 % of the total number of trees: *Aesculus hippocastanum* L. (15 %), *Acer platanoides* (9.2 %), *Catalpa bignonioides* Walt. (7.5 %), *Populus tremula* L. (6.7 %), *Juglans cinerea* L. (6.7 %), *Ulmus glabra* Huds. (6.7 %), *Tilia platyphyllos* Scop. (5.8 %). According to the life forms of plants, the dendrocenosis is represented by trees (81.7 %) and shrubs

(183.%). The taxonomic assessment of the dendrocenosis reveals that that 120 specimens of shrubs are represented by 27 species, grouped into 23 genera of 17 families of 12 orders of 2 divisions. *Magnoliophyta* predominates in terms of species diversity, which is represented by 24 species from 20 genera of 16 families of 11 orders. According to the number of specimens represented by families, they can be ranked as follows: *Sapindaceae* Juss. > *Juglandaceae* DC. ex Perleb > *Malvaceae* Juss. > *Bignoniaceae* Juss. > *Ulmaceae* Mirb. > *Salicaceae* Mirb. > *Oleaceae* Hoffmanns. & Link > *Anacardiaceae* R.Br. > *Fabaceae* Juss. > *Adoxaceae* E.Mey. > *Paeaniaceae* Raf. According to the number of woody plants,

the relative living condition of the dendrocenosis is 75 %, which characterizes the weakened condition of the stand of the BNAU main building courtyard. The best living condition was observed in 46 % of the species stand such as *Picea abies* L., *Pinus sylvestris* L., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Fraxinus excelsior* L., *Styphnolobium japonicum* L., *Carpinus betulus* L., *Rhus typhina* L., *Acer negundo* L., *Tilia cordata* Mill. Under the influence of various biotic and abiotic factors, 26 % of shrubs are in a weakened state, 17 % are severely weakened, 11 % are withered.

Key words: dendrocenosis, tree-shrub vegetation, species, genus, family, living condition.



Copyright: Марченко А.Б. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Марченко А.Б.
Масальський В.П.
Роговський С.В.
Олешко О.Г.
Крупа Н.М.
Жихарева К.В.

<https://orcid.org/0000-0002-1753-7782>
<https://orcid.org/0000-0001-8001-2631>
<https://orcid.org/0000-0001-6600-3974>
<https://orcid.org/0000-0001-5263-1347>
<https://orcid.org/0000-0002-5299-3580>
<https://orcid.org/0000-0001-8705-0630>

ЕКОЛОГІЯ

УДК 631.95

Екологічна оцінка ступеня забруднення чорнозему опідзоленого радіоактивними нуклідами за тривалого землекористуванняНікітіна О.В. 

Уманський національний університет садівництва

 oooolga@ukr.net

Нікітіна О.В. Екологічна оцінка ступеня забруднення чорнозему опідзоленого радіоактивними нуклідами за тривалого землекористування. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 217–222.

Nikitina O.V. Ekologichna ocinka stupenja zabrudnennja chornozemu opidzolenogo radioaktyvnymy nuklidamy za tryvalogo zemlekorystuvannja. Zbirnyk naukovyh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 217–222.

Рукопис отримано: 31.03.2021 р.

Прийнято: 15.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-217-222

Нині розвиток сільського господарства неможливий без застосування добрив, які сприяють підвищенню родючості ґрунту, збільшенню врожайності, підвищенню якості сільськогосподарської продукції. Завдяки їх застосуванню забезпечується приріст врожаю на 50 %. Тривале систематичне застосування мінеральних добрив сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, однак це може призвести до значних змін складу, властивостей і формування режимів орних ґрунтів.

Негативний вплив удобрювальних матеріалів на навколишнє природне середовище пов'язаний, насамперед, з їх хімічним складом та наявністю баластних речовин. У галузі сільського господарства, поряд з поліпшенням якості продукції та підвищенням урожайності, актуальними є дослідження, спрямовані на охорону та збереження навколишнього природного середовища.

Встановлено, що в результаті застосування мінеральних добрив вміст радіоактивних нуклідів у ґрунті змінюється. Дослідження проводили в умовах тривалого стаціонарного польового досліду із застосуванням різних рівнів мінеральних добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{135}P_{135}K_{135}$. Питому активність радіонуклідів визначали методом спектрометричного аналізу. На основі проведених досліджень було встановлено, що різні дози мінеральних добрив за тривалого (50 років) їх застосування мають вплив на зміну питомої активності радіоактивних ізотопів (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{90}Sr) у ґрунті. Поглинання ґрунтом радіоактивних елементів перешкоджає їх пересуванню його профілем і подальшому потраплянню в ґрунтові води. Так, на глибині 40–60 см їх питома активність була у два рази нижчою порівняно з шаром ґрунту 0–20 см. Це свідчить про те, що радіоізотопи закріплюються у верхніх шарах ґрунту, що збільшує імовірність потрапляння їх у продукцію рослинництва.

Ключові слова: радіоактивні ізотопи, радій, торій, калій, цезій, стронцій, питома активність радіоактивних нуклідів.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Застосування удобрювальних матеріалів має активний вплив на навколишнє природне середовище. Наявність у них різних токсичних домішок, незадовільна якість, а також можливі порушення технології застосування можуть призвести до значних негативних наслідків. Недотримання науково обґрунтованих заходів застосування удобрювальних матеріалів, недосконалість способів їх внесення може мати негативний вплив на стан навколишнього природного середовища загалом, окремі складові біосфери та на людину.

Нині антропогенний тиск на навколишнє природне середовище є досить істотним. Зокрема, застосування удобрювальних матеріалів, як складової інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, породжує чимало нових проблем, основною з яких є екологічна. Численні дослідження довели, що різні удобрювальні матеріали неоднаково впливають на властивості ґрунту. З ґрунтом вони вступають у складні взаємодії – відбуваються різноманітні перетворення, які залежать від низки чинників: властивостей удобрювальних матеріалів і ґрунту, погодних умов, агротехнології, виро-

щуваних культур тощо [1, 2]. Встановлено, що тривалий період інтенсивного сільськогосподарського використання територій з високим, часто необґрунтованим, техногенним навантаженням призвело до значних змін складу, властивостей і формування режимів орних ґрунтів [1, 3].

Однак негативна дія удобрювальних матеріалів часто перебільшена. В екологічному розумінні їх не можна ставити в один ряд з пестицидами або техногенними забрудниками. Розроблення раціональних систем живлення рослин має включати обов'язкове оцінювання можливого негативного впливу на агроценози і розроблення способів його мінімізації. Знання особливостей процесів сорбції, міграції та транслокації токсикантів у ґрунті допомагає уникнути небажаних явищ і забезпечити високу ефективність удобрення [3,4].

Нині розвиток сільського господарства неможливий без застосування добрив, які сприяють підвищенню родючості ґрунту, збільшенню врожайності, підвищенню якості сільськогосподарської продукції. Завдяки їх застосуванню забезпечується приріст врожаю на 50 % [4, 5, 6].

Негативний вплив удобрювальних матеріалів на навколишнє природне середовище пов'язаний, насамперед, з їх хімічним складом та наявністю баластних речовин [6, 7, 8]. У разі застосування удобрювальних матеріалів під кожен культуру варто враховувати гранично допустимі концентрації хімічних елементів, що можуть бути присутні у ґрунті.

Отже, у галузі сільського господарства, поряд з поліпшенням якості продукції та підвищенням урожайності, актуальними є дослідження, спрямовані на охорону та збереження навколишнього природного середовища від антропогенного забруднення. Важливе значення має впровадження природоохоронних ресурсоощадних технологій, які сприятимуть збереженню чистоти ґрунту, води та повітря [8, 9].

Для калійних добрив характерна присутність двох природних радіоактивних нуклідів: ^{226}Ra і ^{40}K , основним радіонуклідом є ^{40}K [10]. Серед природних радіоактивних ізотопів найбільше розповсюджений радіоактивний калій (^{40}K). Загальна активність його в земній корі більша, ніж активність усіх інших ізотопів, разом узятих. Він широко розсіяний у ґрунтах, особливо глинистих, де міцно утримується внаслідок процесів сорбції. Один грам природного калію через вміст у ньому ^{40}K (0,0119 %) характеризується активністю $0,8 \cdot 10^{-9}$ кюрі [11, 12].

Застосування калійних добрив із залишковою природною радіоактивністю не призво-

дить до істотного підвищення радіоактивності сільськогосподарських культур, однак інколи вона зростає у кілька разів. Таке явище зазвичай спостерігається у молодих рослин за внесення високих доз калійних добрив [13, 14].

Розміри накопичення радіонуклідів – обернено пропорційні рівню родючості ґрунту: чим вища родючість, тим менша резистентність ґрунту до радіонуклідного забруднення [10, 11].

У літературі майже відсутні дані про рівні радіоактивності калійних добрив. Радіоактивний ізотоп калію (^{40}K) має період напіврозпаду $1,2 \cdot 10^9$ років. Характеризується бета-негативним типом розпаду з енергією 1,32 Мев (88,4 %) та частковим гама-випромінюванням (К-захват) з енергією 1,46 Мев (11,6 %) [13, 15]. Вміст у ґрунтах радіоактивного ізотопу калію може змінюватися в широких межах (100–750 Бк/кг). Ізотопи калію зазвичай знаходяться в ґрунті в міцно зв'язаній формі та мають невисоку швидкість переходу в рослини. У природі калій знаходиться у вигляді трьох ізотопів: ^{39}K (93,1 %), ^{41}K (6,9 %) і радіоактивний ^{40}K (0,012 %). Із загальної кількості ^{40}K 88 % припадає на «м'яке» і лише 12 % на «жорстке» випромінювання. На загальному фоні природних джерел випромінювання ^{40}K становить лише 12 % [14, 16].

До одних із найнебезпечніших радіонуклідів, через активне включення їх у колообіг за трофічним ланцюгом, належать ^{137}Cs і ^{90}Sr . Міграція цих радіонуклідів у системі ґрунт–рослина призводить до накопичення їх у продукції рослинництва. Для зменшення переходу ^{137}Cs у рослинницьку продукцію необхідно вносити мінеральні (особливо калійні) та органічні добрива, а також обов'язково проводити вапнування ґрунтів [17, 18]. Аналіз питомої активності ^{137}Cs і ^{90}Sr у вегетативній масі гречки показав, що на рівень їх концентрації впливає кислотність ґрунту, а також система удобрення. Так, за застосування орґано-мінеральної системи удобрення спостерігається зниження питомої активності у зерні пшениці озимої ^{137}Cs на 18–30 %, відбувається це переважно через зв'язування його органічною речовиною [15, 19, 20].

Мета дослідження – вивчити вплив застосування удобрювальних матеріалів на забруднення чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу України радіоактивними нуклідами за тривалого землекористування.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальну роботу виконували в тривалому стаціонарному досліді у польовій сівозміні зерно-бурякового виду з набором традиційних для регіону культур. Дослід закладений в 1964 р. М.І. Делеменчуком і І.М. Карасюком і нині продовжуються. Він являє собою 10-пільну сіво-

зміну, що розгорнута у часі та просторі і реалізується на 10 фонах: без внесення добрив та з органічною, мінеральною і органо-мінеральною системами удобрення трьох рівнів застосування добрив. Розміщення полів і варіантів систематичне. Схема досліду розроблена так, що дає змогу оцінити високі дози добрив з погляду екології, низькі – з погляду економічної ефективності, а поєднання різних доз і видів добрив дає змогу оцінити потенційні можливості вирощування культур (табл. 1).

Площа посівної ділянки становить 170 м², облікова площа – 100 м², повторність досліду триразова, розміщення варіантів послідовне. У досліді застосовували такі добрива: аміачну селітру, калій хлористий, суперфосфат гранульований, напівперепрілий підстилковий солом'яний гній великої рогатої худоби. В I і II ротаціях сівозміни калійні добрива вносили у вигляді калійної солі змішаної. Норми мінеральних добрив визначали за кількістю основних елементів живлення (NPK), що містилися у відповідних дозах гною і, з врахуванням культури, диференційовано розміщували у полях.

Відбір та оброблення ґрунтових зразків проводили відповідно до ДСТУ 4287:2004 та ДСТУ ISO 11464:2007. Для визначення в ґрунті основних показників калійного стану його зразки відбирали на ділянці після збирання врожаю конюшини в шарі 0–60 см через кожні 20 см.

Дослідження питомої активності радіонуклідів визначали методом спектрометричного аналізу. Статистичне оброблення даних здійснювали дисперсійним методом аналізу, використовуючи комп'ютерні технології (ПК «Agrostat», MS Office Excel).

Результати дослідження та обговорення. Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням дози внесених добрив у ґрунті зростає питома активність радіоактивних ізотопів (табл. 2). Застосування потрібних доз добрив підвищувало, порівнюючи з варіантом без добрив, вміст у ґрунті радіонуклідів: ²²⁶Ra – на 26 %, ²³²Th – 118, ⁴⁰K – 30, ¹³⁷Cs – 26, і ⁹⁰Sr – 6 %.

Повнота поглинання радіонуклідів (сорбція) а також міцність їх закріплення в погли-

Таблиця 1 – Схема тривалого (з 1965 р.) польового досліду

Варіант досліду	Насиченість на 1 га сівозміної площі			
	Гній, т	Мінеральні добрива, кг д. р.		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	–	–	–	–
N ₄₅ ⁴⁵ P ₄₅ ⁴⁵ K ₄₅ ⁴⁵	–	45,0	45,0	45,0
N ₉₀ ⁹⁰ P ₉₀ ⁹⁰ K ₉₀ ⁹⁰	–	90,0 (135,0)	90,0 (135,0)	90,0 (135,0)
N ₁₃₅ ¹³⁵ P ₁₃₅ ¹³⁵ K ₁₃₅ ¹³⁵	–	135,0	135,0	135,0
Гній 9 т	9,0	–	–	–
Гній 13,5 т	13,5	–	–	–
Гній 18 т	18,0 (13,5)	–	–	–
Гній 4,5 т + N ₂₇ ²⁷ P ₃₄ ³⁴ K ₁₈ ¹⁸	4,5	22,0	34,0	18,0
Гній 9 т + N ₄₅ ⁴⁵ P ₆₈ ⁶⁸ K ₃₆ ³⁶	9,0 (6,8)	45,0 (101,0)	68,0 (118,0)	36,0 (95,0)
Гній 13,5 т + N ₆₈ ⁶⁸ P ₁₀₁ ¹⁰¹ K ₅₄ ⁵⁴	13,5	68,0	101,0	54,0

Примітка. У дужках – у I і II ротаціях сівозміни.

Таблиця 2 – Питома активність радіонуклідів у ґрунті після тривалого (50 років) вирощування польових культур за різного удобрення, Бк/кг

Варіант досліду	Шар ґрунту, см	Радіонуклід				
		²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Без добрив	0–20	25,8	20,4	105,1	8,4	3,1
	20–40	20,1	20,6	77,3	7,2	2,0
	40–60	14,9	20,1	52,3	4,2	1,8
N ₄₅ ⁴⁵ P ₄₅ ⁴⁵ K ₄₅ ⁴⁵	0–20	28,6	30,4	118,0	9,0	3,2
	20–40	22,3	20,6	81,2	7,4	2,0
	40–60	15,2	19,6	56,4	4,6	1,8
N ₉₀ ⁹⁰ P ₉₀ ⁹⁰ K ₉₀ ⁹⁰	0–20	30,7	38,6	128,1	9,9	3,1
	20–40	24,8	26,3	95,9	7,6	2,2
	40–60	15,2	20,1	58,7	4,6	1,9
N ₁₃₅ ¹³⁵ P ₁₃₅ ¹³⁵ K ₁₃₅ ¹³⁵	0–20	32,6	44,6	136,2	10,6	3,3
	20–40	27,1	30,6	110,0	7,8	2,4
	40–60	15,1	20,8	61,2	4,5	1,9

неному стані є вагомими кількісними показниками. Якщо порівняти міцність закріплення в поглиненому стані ізоотопів ^{90}Sr і ^{137}Cs , то ^{90}Sr витісняється легше, ніж ^{137}Cs (тобто поглинений цезій закріплюється міцніше). Про це свідчать і дані проведених досліджень. На різних типах ґрунтів міцність закріплення радіоактивних нуклідів неоднакова. На чорноземах вони закріплюються міцніше.

Загалом стронцій, на відміну від цезію, сорбується (закріплюється) мінералами слабше. А це означає, що радіаційна небезпека від цезію у 6 разів нижча, ніж від стронцію, за умови однакової щільності забруднення ґрунту. Для зменшення ступеня міграції проводять низку агрохімічних заходів: вапнування кислих, бідних на обмінний кальцій ґрунтів, внесення органічних добрив – перегною, торфу, гною. Для того, щоб знизити надходження у рослини стронцію застосовують фосфорні, а цезію – калійні добрива.

Калійні добрива містять радіоактивні ізотопи калію та радію. Їх питома активність у ґрунті залежала від дози калійних добрив. Питома активність ^{40}K збільшувалась залежно від дози внесених добрив від 12 до 30 %, а ^{226}Ra – від 11 до 26 %. Униз профілем ґрунту їх питома активність знижувалась і на глибині 40–60 см була у 2 рази меншою, ніж у шарі 0–20 см.

У тривалому польовому досліді встановлено безпечність калійних добрив як носія радіоактивності, що створюється ^{40}K . Випромінювання калію, що створює природний радіаційний фон, не обмежується діючими нормами, і не є небезпечним для здоров'я людини.

Тривале внесення калійних добрив підвищує радіоактивність ґрунту через вміст ^{40}K та ^{226}Ra . Однак відома важлива екологічна функція калію – антагонізм до радіоактивних ^{137}Cs і ^{90}Sr . Про вагоме значення калійних добрив у зниженні інтенсивності та переміщення радіоактивних ізоотопів у системі ґрунт–рослина відмічають багато вчених. Калій інгібує потрапляння ^{137}Cs у культури агроценозів. Найбільший ефект досягається за внесення високих доз калійних добрив.

Висновки. 1. Поглинання ґрунтом радіоактивних елементів перешкоджає їх пересуванню його профілем і подальшому потраплянню в ґрунтові води. Так, на глибині 40–60 см їх питома активність була у два рази нижчою порівняно з шаром ґрунту 0–20 см. Це свідчить про те, що радіоізоотопи закріплюються у верхніх шарах ґрунту, що збільшує імовірність потрапляння їх у продукцію рослинництва.

2. Тривале внесення калійних добрив підвищує радіоактивність ґрунту через вміст ^{40}K

та ^{226}Ra , однак це випромінювання є безпечним для здоров'я людини. Крім того, калій виконує важливу екологічну функцію – є антагоністом до радіоактивних ^{137}Cs і ^{90}Sr .

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. On-Farm Assessment of Soil Quality in California's Central Valley / Andrews S. et al. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94. Issue. 1. P. 12–23.
2. Clark M., Horwath W., Shennan C., Scow K. Changes in Soil Chemical Properties Resulting from Organic and Low-Input Farming Practices. *Agronomy Journal*. 1998. Vol. 90. Issue. 5. P. 662–671.
3. Фатеев А.И., Захарова М.А. Основы применения микроудобрений. Харьков: Типографія № 13, 2005. 134 с.
4. Господаренко Г.М. Агрохімія. Київ: СІК ГРУП УКРАЇНА, 2015. 376 с.
5. Берег С.В., Шувар І.Ш. Екологічне землеробство. Львів: Новий Світ-2000, 2007. 428 с.
6. Trace Element Contaminants and Radioactivity from Phosphate Fertiliser / Taylor M. et al. *Phosphorus in Agriculture: 100 % Zero*. 2016. P. 231–266. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-7612-7_12
7. Boukhenfouf W., Boucenna A. The radioactivity measurements in soils and fertilizers using gamma spectrometry technique. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2011. Vol. 102. Issue 4. P. 336–339.
8. Alshahri F., Alqahtani M. Chemical fertilizers as a source of ^{238}U , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{222}Rn , and trace metal pollutant of the environment in Saudi Arabia. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015. Vol. 22. Issue 11. P. 8339–8348.
9. Howard B. The concept of radioecological sensitivity. *Radiat. Prot. Dosim.* 2000. Vol. 92. P. 29–34.
10. Comparative analysis of the relationship between Cs and K in soil and plant parts toward control of Cs accumulation in rice / Kondo M. et al. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2015. № 61. P. 144–151.
11. Kaste J.M., Friedland A.J., Stürup S. Stable and Radioactive Isotopes To Trace Atmospherically Deposited Pb in Montane Forest Soils. *Environmental Studies*. 2003. № 37(16). P. 3560–3567.
12. Becegato V.A., Ferreira FJF, Machado WCP. Concentration of radioactive elements (U, Th and K) derived from phosphatic fertilizers in cultivated soils Brazilian Archives of Biology and Technology. 2008. № 51(6). P. 1255–1266.
13. Hussain R.O., Hussain H.H. Investigation the natural radioactivity in local and imported chemical fertilizers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2011. № 54(4). P. 777–782.
14. Tzortzis M., Svoukis E., Tsertos H. A comprehensive study of natural gamma radioactivity levels and associated dose rates from surface soils in Cyprus Radiation Protection Dosimetry. 2004. Vol. 109, Issue 3. P. 217–224. DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/nch300>
15. Трембіцька О.І. Вплив систем добрив на агро-екологічний стан дерново-підзолистого ґрунту та накопичення радіоцезію сільськогосподарськими рослинами. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. Вип. 39. С. 107–110.
16. Šimanský V. Changes in soil organic matter parameters during the period of 18 years under different soil

management practices. *Agriculture*. 2016. 62. P. 149–154. DOI: <https://doi.org/10.1515/agri-2016-0015>.

17. Tobiašová E., Šimanský V., Dębska B., Banach-Szott M. Soil structure and soil organic matter of selected soil types in different ecosystems. *Agriculture*. 2013. 59. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.2478/agri-2013-0001>

18. Baron S., Carignan J., Ploquin A. Dispersion of heavy metals (metalloids) in soils from 800-year old pollution (Mont-Lozere, France). *Environ. Sci. Technol.* 2006. 40. P. 5319–5326.

19. Petrenko V., Liubich V., Bondar V. Baking quality of wheat grain as influenced by agriculture systems, weather and storing conditions. *Romanian Agricultural Research*. 2017. 34. P. 69–76.

20. Pettigrew W.T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiol. Plant*. 2008. 133(4). P. 670–681. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x>

REFERENCES

1. Andrews, S., Mitchell, J., Mancinelli, R., Karlen, D., Hartz, T. (2002). On-Farm Assessment of Soil Quality in California's Central Valley. *Agronomy Journal*. Vol. 94, Issue 1, pp. 12–23.

2. Clark, M., Horwath, W., Shennan, C., Scow, K. (1998). Changes in Soil Chemical Properties Resulting from Organic and Low-Input Farming Practices. *Agronomy Journal*. Vol. 90, Issue 5, pp. 662–671.

3. Fateev, A.I., Zakharova, M.A. (2005). Osnovy primeneniya mikroudobrenij [Fundamentals of the application of micro fertilizers]. Kharkov, Typography No. 13, 134 p.

4. Hospodarenko, G.M. (2015). Agrohimiya [Agrochemistry]. Kyiv, SIC GROUP UKRAINE LLC, 372 p.

5. Begey, S.V., Shuvar, I.S. (2007). Ekologichne zemlerobstvo [Ecological agriculture]. Lviv, New World-2000, 428 p.

6. Taylor, M., Kim, N., Smidt, G., Busby, C., McNally, S., Robinson, B., Kratz, S., Schnug, E. (2016). Trace Element Contaminants and Radioactivity from Phosphate Fertiliser. Phosphorus in Agriculture: 100 % Zero. pp. 231–266. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-017-7612-7_12

7. Boukhenfouf, W., Boucenna, A. (2011). The radioactivity measurements in soils and fertilizers using gamma spectrometry technique. *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol. 102, Issue 4, pp. 336–339.

8. Alshahri, F., Alqahtani, M. (2015). Chemical fertilizers as a source of ^{238}U , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{222}Rn and trace metal pollutant of the environment in Saudi Arabia. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 22, Issue 11, pp. 8339–8348.

9. Howard, B. (2000). The concept of radioecological sensitivity. *Radiat. Prot. Dosim.* Vol. 92, pp. 29–34.

10. Kondo, M., Makino, T., Eguchi, T., Goto, A., Nakano, H., Takai, T., Kimura, T. (2015). Comparative analysis of the relationship between Cs and K in soil and plant parts toward control of Cs accumulation in rice. *Soil Science and Plant Nutrition*. no. 61, pp. 144–151.

11. Kaste, J.M., Friedland, A.J., Stürup, S. (2003). Stable and Radioactive Isotopes To Trace Atmospherically Deposited Pb in Montane Forest Soils. *Environmental Studies*. no. 37(16), pp. 3560–3567.

12. Becegato, V.A., Ferreira, F.J.F., Machado, W.C.P. (2008). Concentration of radioactive elements (U, Th and

K) derived from phosphatic fertilizers in cultivated soils. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. no. 51(6), pp. 1255–1266.

13. Hussain, R.O., Hussain, H.H. (2011). Investigation the natural radioactivity in local and imported chemical fertilizers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. no. 54(4), pp. 777–782.

14. Tzortzis, M., Svoukis, E., Tsertos, H. (2004). A comprehensive study of natural gamma radioactivity levels and associated dose rates from surface soils in Cyprus. *Radiation Protection Dosimetry*. Vol. 109, Issue 3, pp. 217–224. Available at: <https://doi.org/10.1093/rpd/nch300>

15. Trembitska, O.I. (2010). Influence of fertilizer systems on the agricultural ecological state of podzolic soils and accumulation of radiocesium by agricultural plants. *Bulletin of Institute of Grain Farming*. Issue 39, pp. 107–110.

16. Šimanský, V. (2016). Changes in soil organic matter parameters during the period of 18 years under different soil management practices. *Agriculture*. no. 62, pp. 149–154. Available at: <https://doi.org/10.1515/agri-2016-0015>.

17. Tobiašová, E., Šimanský, V., Dębska, B., Banach-Szott, M. (2013). Soil structure and soil organic matter of selected soil types in different ecosystems. *Agriculture*. no. 59, pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.2478/agri-2013-0001>

18. Baron, S., Carignan, J., Ploquin, A. (2006). Dispersion of heavy metals (metalloids) in soils from 800-year old pollution (Mont-Lozere, France). *Environ. Sci. Technol.* no. 40, pp. 5319–5326.

19. Petrenko, V., Liubich, V., Bondar, V. (2017). Baking quality of wheat grain as influenced by agriculture systems, weather and storing conditions. *Romanian Agricultural Research*. no. 34, pp. 69–76.

20. Pettigrew, W.T. (2008). Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiol. Plant*. 133(4), pp. 670–681. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x>

Экологическая оценка степени загрязнения чернозема оподзоленного радиоактивными нуклидами при длительном землепользовании Никитина О.В.

В настоящее время развитие сельского хозяйства возможно без использования удобрительных материалов, которые позволяют повысить плодородие почв, увеличить урожайность, повысить качество сельскохозяйственной продукции. Именно за счет их применения обеспечивается прирост урожая на 50 %. Длительное систематическое применение минеральных удобрений способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, однако это может привести к значительным изменениям состава, свойств и формирования режимов пахотных почв.

Негативное влияние удобрительных материалов на окружающую среду связано прежде всего с их химическим составом и наличием балластных веществ. При применении удобрительных материалов под каждую культуру необходимо учитывать предельно допустимые концентрации химических элементов в почве.

Установлено, что в результате применения минеральных удобрений содержание радиоактивных нуклидов в почве меняется. Исследования проводили в условиях длительного стационарного полевого

опыта с применением различных уровней минеральных удобрений $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{135}P_{135}K_{135}$. Удельную активность радионуклидов определяли методом спектрометрического анализа. На основе проведенных исследований было установлено, что различные дозы минеральных удобрений при длительном (50 лет) их применении имеют влияние на изменение удельной активности радиоактивных изотопов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{90}Sr) в почве. Поглощение почвами радионуклидов препятствует их передвижению по его профилю и дальнейшему проникновению в грунтовые воды. Так, на глубине 40–60 см их удельная активность была в два раза ниже, чем в слое почвы 0–20 см. Это свидетельствует о том, что радионуклиды закрепляются в верхних слоях почвы, что увеличивает вероятность попадания их в продукцию растениеводства.

Ключевые слова: радиоактивные изотопы, радий, торий, калий, цезий, стронций, удельная активность радиоактивных нуклидов.

Environmental evaluation of nuclide pollution rate of podzolized chernozem after long land use

Nikitina O.

At present, the development of agriculture is impossible without the use of fertilizers which provide increased soil fertility and yields as well as improve the quality of agricultural products. However, it can lead to significant changes in the composition, properties and formation of arable soil regimes.

First of all, the negative influence of fertilizer materials on the environment is related to their chemical composition

and presence of ballast substances. The maximum permissible concentrations of chemical elements in the soil must be taken into account under applying fertilizer materials for each crop.

The research was conducted under the conditions of a long stationary field experiment using different levels of mineral fertilizers of $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ and $N_{135}P_{135}K_{135}$. The research results reveal that different doses of mineral fertilizers have an effect on the change of the specific activity of radioactive isotopes in the soil (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{90}Sr) in their long-running application (50 years). The specific activity of radionuclides in podzolized chernozem and in winter wheat grain was established. Winter wheat plants accumulated ^{232}Th most of all but the use of fertilizers reduced it due to biological dilution in larger mass of the crop. The absorption of radioactive nuclides by winter wheat grain after cultivation after peas and silage corn depended on fertilization varied similar to that of the clover predecessor. According to the specific activity of radioactive nuclides in the soil and winter wheat grain, the coefficient of their biological absorption is calculated. Absorption of radionuclides by soil prevents them from moving through the profile and further penetration into groundwater. Thus, their specific activity was two times lower at the depth of 40–60 cm than in the soil layer of 0–20 cm. This indicates that radioisotopes are fixed in the upper layers of the soil which in turn increases their entry into crop production.

Key words: radioactive isotopes, radium, thorium, potassium, cesium, strontium, specific activity of radioactive nuclides.



Copyright: Нікітіна О.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Нікітіна О.В.

<https://orcid.org/0000-0002-2605-810X>

Наукове видання

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 1 (163) 2021

*Редактор І.М. Вергелес
Комп'ютерне верстання: В.С. Мельник*

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації

КВ № 15168-3740Р від 03.03.2009 р.

Формат 60¹/₈, Ум.др.арк. 25,9. Зам. 70121. Тираж 300.

Підписано до друку 25.05.2021 р.

Видавець і виготовлювач:

Білоцерківський національний аграрний університет,
09117, Біла Церква, Соборна площа, 8/1, тел. 33-11-01,
e-mail: redakciaviddil@ukr.net

Свідоцтво внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції

№ 3984 ДК від 17.02.2011 р.