

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 1 (171) 2022

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

А 26

Агробіологія = Agrobiology: збірник наукових праць. № 1 (171) 2022. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2021. 205 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 № 5 від 24.06.2022 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:

Базіль П., гол. інженер, Французька асоціація географічної інформації (AFIGEO), Сен-Манде, Франція

Белік П., д-р габіл., проф., Словацький сільськогосподарський університет, Нітра, Словацька Республіка

Вахній С.П., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Грабовський М.Б., 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

Заячук В.Я., канд. с.-г. наук, доцент, Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна

Іщук Г.П., канд. с.-г. наук, доцент, Уманський національний університет садівництва, Умань, Україна

Іщук Л.П., д-р біол. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, 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 насіннєзнавства та сортовивчення, Одеса, Україна

Лобачова С.В., ст. викладач, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Марченко А.Б., д-р с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Примак І.Д., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Рубік Х., д-р філософії, доц., Чеський університет природничих наук, Прага, Чехія

Сич З.Д., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Ткаченко Н., д-р філософії, Університет Варвіка, Ковентрі, Великобританія

Фучило Я.Д., д-р с.-г. наук, проф., Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київ, Україна

Хахула В.С., канд. с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Хрик В.М., канд. с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Шмідке К., д-р наук, проф., Науково-дослідницький інститут органічного землеробства, Фрік, Швейцарія

Юхновський В.Ю., д-р с.-г. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Editorial board:

Editor-in-Chief – **Karpuk L.**, D.Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine
Deputy Editor-in-Chief – **Ezerkovska L.**, 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., Dr habil., Professor, Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

Demydas' G., Dr of Agriculture Science, Professor, National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine

Fuchylo Ya., Dr of Agriculture Science, Professor, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAN, Kyiv, Ukraine

Grabovskiy M., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Ishchuk H., Candidate of agricultural Science, Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Ishchuk L., Dr of Biological Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Khakhula V., Candidate of Agricultural Science, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Khryk V., Candidate of Agricultural Science, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Lavrov V., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Lobachova S., Senior Lecturer, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Lytvynenko M., Dr of Agriculture Science, Professor, Academician of NAAS, Breeding and Genetic Institute of the National Center for Seed Science and Variety Research, Odessa, Ukraine

Marchenko A., Dr of Agriculture Science, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Prymak I., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Roubík H., PhD, Associate Professor, Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

Schmidtke K., Dr., Professor, Research Institute of Organic Agriculture, Frick, Switzerland

Sych Z., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

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

Vakhniy S., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Yukhnovskiy V., Dr of Agriculture Science, Professor, National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine

Zayachuk V., Candidate of agricultural Science, Associate Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

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

ЗМІСТ АГРОНОМІЯ

Віршовка В.М., Опанасенко О.Г., Перець С.В. Технологія вирощування міскантусу гігантського на енергетичні цілі в умовах осушуваних торфовищ Лівобережного Лісостепу України.....	6
Дубчак О.В., Паламарчук Л.Ю. Етапи створення і способи вивчення продуктивності гібридів цукрових буряків різної генетичної основи.....	15
Колесніков М.О., Пашенко Ю.П. Продукційний процес гороху посівного (<i>Pisum sativum</i> L.) за дії Ризогуміну та біостимуляторів в умовах Південного Степу України.....	24
Польовий В.М., Яценко Л.А., Ровна Г.Ф., Гук Б.В. Інтенсивність емісії CO ₂ з дерново-підзолистого ґрунту за різних доз меліорантів і удобрення ріпаку озимого у Західному Поліссі.....	36
Правдива Л.А. Вплив мінерального живлення рослин на формування біометричних показників сорго зернового.....	43
Примак І.Д., Присяжнюк Н.М., Федорук Ю.В., Войтовик М.В., Ображій С.В. Мало-відомі факти наукової спадщини О.О. Ізмайльського (до 170-річчя з дня народження).....	53
Разанов С.Ф., Мельник В.О. Видовий та кількісний склад мікофлори сірого лісового ґрунту за інтенсивного садівництва і рослинництва.....	63
Хижняк С.В., Коверсун І.В., Березовський О.В., Войціцький В.М. Оцінка сумісного пестицидного та кадмієвого навантаження на ґрунт з використанням вищих рослин.....	71
Глеваський В.І., Куянов В.В., Примак І.Д., Малик Д.А. Вплив способів вирощування насіння триплоїдного ЧС гібрида буряків цукрових на посівні якості насіння та продуктивні властивості фабричних коренеплодів.....	79
Дубовик Н.С., Сабадин В.Я., Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Лобачов В.О. Селекційно-генетичні особливості прояву кількості зерен у головному колосі у гібридів з пшенично-житніми транслокаціями 1BL.1RS і 1AL.1RS в умовах Лісостепу України.....	85
Лозінський М.В., Устинова Г.Л. Вплив генотипу та умов року на успадкування продуктивної куцистості за гібридизації різних за скоростиглістю сортів пшениці м'якої озимої.....	95
Разанов С.Ф., Вдовенко С.А., Піддубна А.М. Особливості накопичення важких металів овочами за різного періоду їх вирощування.....	107
Сич З.Д., Кубрак С.М., Мереженюк В.А. Біологічний потенціал сортів і місцевих форм часнику озимого в умовах Правобережного Лісостепу України.....	114
Любич В.В., Чернега А.О., Євчук Я.В., Войтовська В.І. Формування якості ягід і варення різних сортів аронії чорноплідної.....	122
Чинчик О.С., Козирський Д.В. Вплив оброблення насіння інокулянтом та позакоренових підживлень на тривалість вегетаційного та міжфазних періодів сортів сої.....	129
Шубенко Л.А., Шох С.С., Карпук Л.М., Дідковський М.В., Козачук С.М. Складові фотосинтетичної діяльності дерев сортів черешні в умовах Правобережного Лісостепу України.....	137
Тітаренко О.С., Карпук Л.М. Урожайність та енергетична ефективність сорго зернового за різних заходів догляду за посівами.....	145
Любич В.В., Невлад В.І., Мартинюк А.Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив.....	152
Любич В.В., Полянецька І.О., Климович Н.М. Ураження пшениці м'якої ярої листовими хворобами залежно від рівня азотного живлення.....	160
Колібабчук Т.В., Кузьменко О.В., Зарва О.І., Любич В.В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву.....	168
Мацкевич В.В., Кімейчук І.В., Мацкевич О.В., Шита О.П. Світовий досвід, перспективи в Україні розмноження фундука та мигдалю.....	179

ЕКОЛОГІЯ

Марченко А.Б., Кравчук А.В., Ступка В.В. Іржа плодівих зерняткових дерев: поширення патології та рослини-господарі збудників із роду <i>Gymnosporangium</i>	192
Романчук Л.Д., Діденко П.В. Вплив препарату Біоекофунге-С на ріст та розвиток посадкового матеріалу сосни звичайної (<i>Pinus sylvestris</i> L.).....	198

CONTENT

AGRONOMY

Virovka V., Opanasenko O., Perets S. Technology of Miscanthus giant growing for energy purposes in the conditions of drained peatlands of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	6
Dubchak O., Palamarchuk L. Stages of creation and way of study of efficiency of sugar beet hybrids of the various genetic bases.....	15
Kolesnikov M., Pashchenko Yu. The production process of peas (<i>Pisum sativum</i> L.) under the influence of Ryzohumin and biostimulants in the Southern Steppe of Ukraine.....	24
Polovyi V., Yashchenko L., Rovna H., Huk B. Intensity of CO ₂ emissions from sod-podzolic soil at different doses of ameliorants and fertilization of winter rape in Western Polissia.....	36
Pravdyva L. Influence of crops mineral nutrition on the biometric indicators of grain sorghum formation.....	43
Prymak I., Prysiashniuk N., Fedoruk Yu., Voitovyk M., Obrazhyy S. Little known facts of scientific heritage of O.O. Izmailsky (devoted to the 170th anniversary of his birth).....	53
Razanov S., Melnyk V. Species and quantitative composition of the mycoflora of gray forest soil during intensive horticulture and crop production.....	63
Khyzhnyak S., Koversun I., Berezovsky O., Voytsitsky V. Assessment of the combined pesticide and cadmium load on the soil using higher plants.....	71
Hlevaskiy V., Kuyanov V., Prymak I., Malik D. Influence of the method of growing seeds of a three-ploid hybrid of sugar beet on the productivity of root crops.....	79
Dubovyk N., Sabadyn V., Kyrylenko V., Humeniuk O., Lobachov V. Breeding and genetic features of the manifestation of the number of grains per main ear manifestation in hybrids with 1BL.1RS and 1AL.1RS wheat-rye translocations in the Forest Steppe of Ukraine.....	85
Lozinsky M., Ustynova H. The influence of genotype and conditions of the year on the inheritance of productive bushiness at hybridization of different cultivars of winter soft wheat.....	95
Razanov S., Vdovenko S., Piddubna A. Features of the accumulation of heavy metals in vegetables for different periods of their cultivation.....	107
Sych Z., Kubrak S., Merezheniuk V. The biological potential of winter garlic varieties and local forms under conditions of the right bank forest steppe of Ukraine	114
Liubych V., Cherneha A., Yevchuk Ya., Voitovska V. Quality formation of berries and jam of different chokeberry varieties.....	122
Chynchyk O., Kozyrskyy D. Influence of inoculant seed treatment and foliar fertilization for the duration of vegetation and interphase periods of soybean varieties.....	129
Shubenko L., Shokh S., Karpuk L., Didkovskiy M., Kozachuk S. Components of photosynthetic activity of cherry trees in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	137
Titarenko O., Karpuk L. Yield and energy efficiency of sorghum grain under different crop care measures.....	145
Liubych V., Nevlad V., Martyniuk A. Productivity of spring triticale at different doses of nitrogen fertilizers.....	152
Liubych V., Polianetska I., Klymovych N. Infestation of soft spring wheat by leaf diseases depending on nitrogen nutrition.....	160
Kolibabchuk T., Kuzmenko O., Zarva O., Liubych V. Yield and quality of soft winter wheat depending on the sowing rates.....	168
Matskevich V., Kimeichuk I., Matskevich O., Shita O. World experience, prospects of hazelnut and almond breeding in Ukraine.....	179

ECOLOGY


Marchenko A., Kravchuk A., Stupka V. Fruit trees rust: genus <i>Gymnosporangium</i> pathology spread and host plants of the pathogens.....	192
Romanchuk L., Didenko P. Effect of bioecofunge-s preparation on growth and development of pine planting material (<i>Pinus sylvestris</i> L.).....	198

УДК 633.333.631.61

Технологія вирощування міскантусу гігантського на енергетичні цілі в умовах осушуваних торфовищ Лівобережного Лісостепу України

Вірówka В.М. , Опанасенко О.Г. , Перець С.В. 

Панфільська дослідна станція
ННЦ «Інститут землеробства НААН»

 Вірówka В.М. E-mail: volodimiv@ukr.net, Опанасенко О.Г. E-mail: sonko.supiy@ukr.net,
Перець С.В. E-mail: perets_sv@ukr.net



Вірówka В.М., Опанасенко О.Г., Перець С.В. Технологія вирощування міскантусу гігантського на енергетичні цілі в умовах осушуваних торфовищ Лівобережного Лісостепу України. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 6–14.

Virovka V., Opanasenko O., Perets S. Technology of Miscanthus giant growing for energy purposes in the conditions of drained peatlands of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 6–14.

Рукопис отримано: 12.01.2022 р.
Прийнято: 27.01.2022 р.
Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-6-14

Встановлено особливості вирощування міскантусу гігантського для енергетичних цілей в умовах осушуваних торфовищ Панфільської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН». Аргументовано економічні та екологічні переваги вирощування енергетичних плантацій на меліорованих органогенних ґрунтах порівняно з богарними землями в зоні Лівобережного Лісостепу України. Обґрунтовано технологію та вплив окремих її елементів на продуктивність вирощування міскантусу гігантського на енергетичні цілі на старосіяних сінокісних угіддях карбонатних торфовищ Лівобережного Лісостепу. Визначено оптимальні біометричні параметри садивного матеріалу, а також густота садіння, глибина загортання ризомів, вплив часу садіння на показники росту та розвитку досліджуваної культури. Розроблено та запатентовано агротехнічний в поєднанні з біологічним спосіб боротьби з дротяником, який забезпечує ефективний захист рослин міскантусу на початку створення енергетичних плантацій. Застосовано екологічно безпечну технологію боротьби з бур'янами, що виключає застосування хімічних засобів, внесення гербіцидів та перешкоджає забрудненню ґрунтових і річкових вод шкідливими елементами. Досліджено особливості поживного режиму ґрунту та його біологічну активність у дослідних ділянках міскантусу гігантського на осушуваних карбонатних торфовищах Лівобережного Лісостепу України. Вивчено вплив калійного удобрення, як основного елемента живлення рослин на органогенних ґрунтах, на продуктивність біоенергетичних плантацій міскантусу гігантського. Встановлено вихід енергії біоенергетичних плантацій з одиниці площі залежно від елементів технології вирощування. Проведено розрахунки економічної та енергетичної ефективності. Розроблена технологія на третій рік вирощування міскантусу забезпечує вихід сухої біомаси на рівні 23,7–26,1 т/га, або 444 ГДж/га енергії. Кращі економічні показники ефективності в сумі за три роки вегетації культури було отримано на варіанті зі схемою посадки (0,7 X 1,4 м) 10 тис/га, де рівень рентабельності становив 56 %, собівартість сухої біомаси – 529,6 грн/т і умовно чистий прибуток – 13157 г/га.

Обґрунтовано подальші напрями проведення наукових досліджень зі створення біоенергетичних плантацій міскантусу гігантського на осушуваних карбонатних торфовищах Лівобережного Лісостепу України.

Ключові слова: міскантус, маса ризомів, густота садіння, добрива, урожайність, рентабельність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Нині одним зі способів вирішення енергетичного питання для України є перехід від викопних енергетичних ресурсів до відновлювальних джерел енергії, тобто на біопаливо [1, 8, 18]. Для цього важливо створити власні джерела відновлювальної енергії на основі вирощування рослинної біоенергетичної сировини на вилучених з інтенсивного обробітку землях [2, 9, 19, 23]. До таких земель належать, зокрема, осушені торфові ґрунти, яких в Україні нараховується майже 1,0 млн га. Старосіяні сінокісні угіддя займають площу приблизно 0,8 млн га. Вони оптимально підходять для вирощування енергетичних культур, оскільки добре забезпечені вологою та азотом, що дає змогу накопичувати рослинами досить потужну біомасу з помірним внесенням добрив [4, 17, 25].

Серед різноманіття високопродуктивних трав'янистих багаторічних рослин перспективною енергетичною культурою є міскантус гігантський [8, 12, 18, 24].

Попередніми пошуковими дослідженнями на Панфільській дослідній станції встановлено, що міскантус у цих умовах дає найвищий серед інших багаторічних трав'янистих культур урожай – 25–28 т/га сухої речовини в рік.

Валовий вихід енергії з одного гектара (в разі спалювання гранул) може становити майже 450 ГДж/га. Міскантус гігантський мінімально втрачає суху речовину наприкінці вегетації, ця культура стійка до вилягання. Міскантус потребує незначних витрат на вирощування, урожай культури збирають звичайним кормозбиральним комбайном, а отриману масу можна відразу доправляти на спалювання або на виготовлення паливних гранул, пелет чи брикетів. Тимчасом біомаса інших енергетичних культур зазвичай потребує досушування [14, 19, 20, 22].

Згадані чинники доводять, що міскантус гігантський є однією з найперспективніших культур для вирощування на вилучених з інтенсивного обробітку ґрунтах [11, 13, 21, 24]. Однак для його промислового використання відсутня технологія вирощування, адаптована до умов осушуваних торфовищ Лівобережного Лісостепу України.

Мета дослідження – виявити продуктивність міскантусу гігантського залежно від елементів технології вирощування, проаналізувати їх вплив на ріст і розвиток рослин, провести аналіз економічної ефективності вирощування культури в умовах осушуваних торфових ґрунтів Лівобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2016–2018 рр. в заплаві річки Супій на ділянці №4 меліоративної системи Панфільської дослідної станції. Ґрунти дослідної ділянки – глибокі карбонатні торфовища з вмістом валового азоту 1,2 %, фосфору – 0,7–0,9 %, калію – 0,12 %, кальцію – 20–26 %, зольність – 40–50 %, $\text{pH}_{\text{водний}}$ – 7,2–7,5.

Польові дослідження виконували згідно з Доспеховим Б.О. [10].

Облік урожаю проводили методом суцільного скошування біомаси на обліковій ділянці та зважування зеленої маси із визначенням вмісту в ній сухої речовини в триразовому повторенні. Вміст сухої речовини визначали термостатно-ваговим методом за температури 105 °С [3].

Вміст теплової енергії (МДж) в 1 кг сухої речовини біомаси визначали за даними вмісту сирого протеїну, сирого жиру, сирого клітковини і безазотистих екстрактивних речовин та їх енергетичної ефективності за формулою [15]:

$$\text{BE} = 0,240\text{СП} + 0,398\text{СЖ} + 0,201\text{СК} + 0,175\text{БЕР}.$$

Поживний режим ґрунту визначали у шарі 0–30 см методом відбирання проб ґрунту у дослідних ділянках міскантусу два рази – на початку та кінці вегетації культур [5].

У ґрунтових зразках визначали вміст нітратного азоту в добре мінералізованому карбонатному ґрунті (заплава річки Супій) потенціометричним методом (ДСТУ 4725-2007), амонійний азот – екстрагуванням розчину хлориду калію (ДСТУ ISO/TS 14256-1:2003), фосфор і калій – за Б.П. Мачигіним, з наступним визначенням рухомого фосфору колориметрично, а обмінного калію – на полуменовому фотометрі [3]. Облік забур'яненості в досліді проводили за методикою В.І. Артеменко [6]. Виявлення чисельності дротяника і його шкодочинності проводили за методикою В.Г. Доліна [7]. Математичну обробку одержаних даних проводили методом дисперсійного аналізу [10].

Для забезпечення найбільшої енергетичної продуктивності міскантусу застосовували наступну технологію: на площі майбутнього дослідження восени проводять фрезування на 10–12 см пласта багаторічних злакових трав з наступною його оранкою на 25–30 см; весною наступного року на цій площі проводять дворазове дискування дисковими боронами БДТ-3; під останнє дискування вносять добрива та проводять до і післяпосівне прикочування важкими болотними котками.

У досліді вивчали 2 способи боротьби з бур'янами – агротехнічний, що передбачає проведення досходового боронування легкими боронами та дворазовий, а за необхідності і триразовий міжрядний обробіток, і хімічний спосіб – внесення рекомендованих гербіцидів за вегетації рослин.

За розміщення міскантусу гігантського після багаторічних злакових трав застосовували розроблений для цих умов агротехнічний у поєднанні з біологічним спосіб боротьби з дротяником [16, 23].

Добрива вносили з розрахунку (кг/га): 1-й варіант – 0; 2-й – K_2O – 60; 3-й варіант – K_2O – 120. Густота садіння міскантусу частинами кореневищ (ризомів): 1-й варіант – $07 \times 0,55$ м (25 тис. шт. га); 2-й – 07×07 м (20 тис. шт. га); 3-й – 07×09 м (15 тис. шт. га); 4-й варіант – $07 \times 1,4$ м (10 тис. шт. га). Ділені кореневища (ризомі), що готуються для розмноження, повинні мати не менше 3–4 життєздатних бруньок.

Вивчали вплив глибини загортання та маси ризомів міскантусу на його продуктивність: глибина загортання – 4–6; 6–8; 8–12 см. Маса ризомів – 20–30; 30–50; 50–70 г. Також досліджували строки садіння міскантусу гігантського: 1-й варіант – осінь (3-тя декада листопада); 2-й – весна (1-а декада квітня).

Дослід проводили у трикратному повторенні.

Результати дослідження та їх обговорення. За проведення попередніх досліджень виявлено, що в перший рік вирощування міскантусу головними проблемами були – боротьба з бур'янами і личинками Ковалика смугастого (*Agriotes lineatus* L.) – дротяниками.

За результатами попередніх досліджень встановлено високий ступінь зараження дротяником, який коливається в межах 26–40 шт/м² і більше, що значно перевищує поріг шкодочинності (5–7 шт/м²) і становить найбільшу загрозу однорічним плантаціям.

Розроблено екологічно безпечний і водночас ефективний агротехнічний в поєднанні з біологічним спосіб боротьби з цим шкідником. Він передбачає: після багаторічних трав 2-го укосу посів проміжної культури гірчиці білої з наступним подрібненням і заорюванням її посівів у фазу формування і наливання насіння. Надалі проводять глибоку оранку на глибину 30–35 см з утворенням гребенів висотою 14–18 см за переходу середньодобової температури через 0 °С. Цей спосіб забезпечив зниження дротяників на 84 % від загальної чисельності, а загибель рослин в перший рік вегетації не перевищувала 4 %.

Для боротьби з бур'янами до з'явлення сходів, через 8–9 діб після садіння площі боронували легкими боронами. Після появи сходів проводять дворазовий, а за необхідності триразовий міжрядковий обробіток на глибину 8–10 см з одночасним засипанням землею бур'янів у рядках та підгортанням рослин. На другий рік вегетації міскантусу потреби у проведенні заходів боротьби з бур'янами не було, оскільки рослини міскантусу самі могли конкурувати зі сходами бур'янів.

Дотримання необхідних агротехнічних вимог у перший рік вирощування культури, особливо проведення ефективних агрозаходів боротьби з дротяниками і бур'янами, забезпечує отримання високих урожаїв біомаси міскантусу у наступні роки.

Важливим чинником, що забезпечує високу продуктивність міскантусу є поживний режим ґрунту, який на осушених торфовищах характерний тим, що ці ґрунти добре забезпечені азотом завдяки високому вмісту органічної маси (60–80 %). Динаміка забезпечення рухомих фосфором для нормального росту і розвитку рослин теж є достатньою завдяки вівіанітовим прошаркам у торфовищі [4].

За даними таблиці 1 вміст нітратів у ґрунті, у весняний період, був високим і знаходився в межах 274,0–365,0 мг/1000 г ґрунту. Забезпечення ґрунту рухомих фосфором теж було достатнім і коливалося в межах 56,7–90,5 мг на 1000 г ґрунту.

Відомо, що торфово-болотні ґрунти дуже бідні на калій, і головним джерелом його поповнення є внесення мінеральних добрив. Уміст калію в ґрунті на початку вегетації рослин міскантусу становив: на варіанті без добрив – 104,5–131,6 мг/1000 г ґрунту, що відповідало недостатній забезпеченості; варіанті K_{60} – 202,0–253,0 мг/1000 г ґрунту і варіанті K_{120} – 258,0–309,0 мг/1000 г ґрунту, що відповідало середній і високій забезпеченості. Густота садіння міскантусу суттєвого впливу на динаміку поживних речовин не мала. Внесення калійних добрив мало безпосередній вплив на динаміку лінійного росту міскантусу і накопичення урожаю сухої речовини.

Результати вивчення впливу досліджуваних чинників на продуктивність міскантусу наведено в таблиці 2. Встановлено, що визначальними чинниками у підвищенні продуктивності міскантусу на третій рік вегетації були: густота садіння ризомів та внесення мінеральних добрив. Зі збільшенням густоти стояння рослин міскантусу врожайність біомаси також зростає. Так, за густоти стояння рослин 10 тис. шт./га вихід сухої біомаси за внесен-

ня K_{60} становив: 23,7 т/га, або 403 ГДж/га, за 25 тис. шт./га – 26,1 т/га, або 444 ГДж/га, а за осіннього садіння вихід твердого біопалива і енергії становив 27,1 т/га, або 461 ГДж/га. Тимчасом на третій рік вегетації суттєвої різниці між осіннім і весняним садінням не спостерігали.

Урожайність сухої біомаси міскантусу з однієї площі зростала зі збільшенням густоти стояння рослин і на варіантах без внесення добрив. Так, за густоти стояння рослин 10 тис. шт./га урожайність сухої маси з 1 га у третій рік вегетації в середньому становила 16,4 т/га, а за густоти стояння 25 тис. шт./га – 19,0 т/га.

Внесення калійних добрив суттєво підвищило урожайність міскантусу. За схеми садіння 20 тис/га на варіанті без добрив урожайність становила 18,2 т/га, а за внесення K_{60} – 23,1 т/га і K_{120} – 26,4 т/га сухої речовини.

Підвищення врожайності від внесення калійного удобрення відмічали і на решті варіантів досліді.

За норми K_{60} і K_{120} урожайність сухої речовини підвищилась за густоти садіння 25 тис. шт./га на 7,2 і 8,5 т/га; 20 тис. шт./га – на 4,8 і 8,1 т/га; 15 тис. шт./га – 8,3 і 9,9 т/га та 10 тис. шт./га 7,3–8,5 т/га порівняно з контролем без добрив. У середньому врожайність підвищувалась на

варіантах з внесенням K_{60} на 27,1–29,4 %, а на варіантах K_{120} – відповідно на 30,6–34,1 %.

Найвищу врожайність міскантусу в сумі за три роки було отримано на варіанті осіннього садіння за схеми 25 тис/га, яка становила за внесення K_{60} – 54,6 т/га сухої речовини, або 929 ГДж/га енергії, за весняного садіння ці показники були на рівні 52,1 т/га сухої речовини і 886 ГДж/га енергії, а за схеми садіння 20 тис/га відповідно – 46,5 т/га і 791 ГДж/га; 15 тис/га – 44,9 т/га і 762 ГДж/га та за найменшої густоти 10 тис/га вихід сухої біомаси становив 44,5 т/га та 756 ГДж/га енергії.

Одним із важливих чинників, що впливає на врожайність міскантусу, є початкова маса ризо мів, збільшення якої сприяє зростанню врожайності рослин як першого, так і другого років вирощування. Так, за маси ризомів 20–30 г урожайність сухої надземної маси міскантусу становила в перший рік вегетації 2,3 т/га, другий – 19,6 т/га, а за маси 50–70 г відповідно – 3,3 і 23,4 т/га.

У 2018 році – третьому році вирощування міскантусу, вплив маси ризомів на урожайність був менш помітним порівняно з першими роками його вирощування та становив за маси ризомів 20–30 г – 25,9 т/га, а за маси 50–70 г – 27,4 т/га.

Таблиця 1 – Поживний режим ґрунту в шарі 0–30 см, мг на 1000 г сухого ґрунту (середнє за 2016–2018 рр.)

Густота садіння	Добрива	Поживні елементи					
		NO_3		P_2O_5		K_2O	
		I відб.	II відб.	I відб.	II відб.	I відб.	II відб.
25 тис/га	0	337	420	66,8	82,0	132	96
	K_{60}	345	376	90,5	67,0	232	130
	K_{120}	365	334	65,7	75,0	305	146
20 тис/га	0	307	280	65,3	77,0	104	99
	K_{60}	302	390	63,5	81,0	202	135
	K_{120}	283	405	56,8	69,0	258	161
15 тис/га	0	328	308	73,0	71,0	130	112
	K_{60}	318	414	80,0	84,0	253	148
	K_{120}	345	367	56,7	73,0	291	170
10 тис/га	0	274	422	67,0	79,0	122	108
	K_{60}	323	378	78,5	110,0	204	136
	K_{120}	322	340	85,8	80,0	309	158
садіння восени 25 тис/га	0	–	–	–	–	–	–
	K_{60}	340	282	74,0	67,5	244	120
	K_{120}	–	–	–	–	–	–

Вплив глибини садіння ризомів на врожайність міскантусу в поточному році, як і в попередні два роки, виявився несуттєвим. З іншого боку, як показують попередні дослідження за сильних пізньовесняних заморозків на поверхні ґрунту до 5–7 °С в 2- і 3-й декаді квітня, ефективнішим було загортання ризомів на 10–12 см, оскільки негативна дія заморозків на сходи міскантусу за такої глибини була мінімальною (табл. 3)

Розрахунки економічної ефективності проводили на основі складеної технологічної карти і за тарифами та цінами станом на грудень 2018 р. Витрати на виробництво міскантусу на площі 1 га залежно від елементів тех-

нології вирощування розраховано в сумі за три роки (табл. 4).

Витрати грошових коштів разом за три роки вирощування міскантусу становили за максимальної густоти садіння 25 тис/га з внесенням K_{60} – 29046 грн/га, і відповідно за мінімальної густоти 10 тис/га – 23547 грн/га, що пов'язано передусім з великими витратами на підготовку садивного матеріалу.

Перший рік вирощування міскантусу був збитковим у зв'язку з низькою його врожайністю – 1,4–3,1 т/га сухої речовини (табл. 2), та великими витратами на садивний матеріал, а також проведення основного обробітку ґрунту та агрозаходи в боротьбі з дротяником і бур'янами.

Таблиця 2 – Урожайність міскантусу та вихід енергії (за 2016–2018 роки досліджень, т/га)

Густота садіння	Добрива	Урожайність за роками досліджень (зелена маса)				Урожайність за роками досліджень (суха речовина)				Вихід енергії в сумі за 3 роки ГДж/га
		2016	2017	2018	разом	2016	2017	2018	разом	
25 тис/га	0	5,1	40,2	50,8	96,1	1,4	17,3	19,0	37,6	640
	K_{60}	6,4	52,6	63,1	122,1	2,3	23,7	26,1	52,1	886
	K_{120}	6,8	55,3	74,1	136,2	2,4	24,1	27,4	54,0	917
20 тис/га	0	4,2	37,5	44,1	85,8	1,3	16,3	18,2	35,8	609
	K_{60}	5,1	47,5	59,2	111,8	2,0	21,4	23,1	46,5	791
	K_{120}	5,9	48,3	59,9	114,1	2,3	23,3	26,4	52,0	884
15 тис/га	0	3,9	31,4	42,0	77,3	1,3	14,3	16,6	32,2	547
	K_{60}	4,6	40,4	57,6	102,6	1,5	18,4	24,9	44,9	762
	K_{120}	5,2	41,3	73,8	120,3	1,5	21,1	26,5	49,1	835
10 тис/га	0	3,6	26,2	40,2	70,0	1,2	13,7	16,4	30,8	524
	K_{60}	4,4	37,9	61,5	103,8	1,4	19,3	23,7	44,5	756
	K_{120}	4,7	38,4	56,0	99,1	1,5	20,0	24,9	46,7	790
20 тис/га внесення гербіцидів	K_{60}	4,2	37,3	68,3	109,8	1,5	18,0	23,3	42,8	727
садіння восени 25 тис/га	K_{60}	7,3	51,8	67,9	127,0	3,1	24,4	27,1	54,6	928
НІР ₀₅		за добривами – 1,3 за схемою садіння – 1,1 загальне – 2,4				за добривами – 0,6 за схемою садіння – 0,4 загальне – 1,0				

Таблиця 3 – Урожайність сухої маси міскантусу залежно від глибини загортання та маси ризомів, т/га, 2018 р.

Строк садіння	Глибина загортання ризомів, см			Маса ризомів, г		
	4–6	6–8	10–12	20–30	30–50	50–70
Осінь	–	–	26,41	–	25,00	–
Весна	25,60	26,74	25,00	25,86	26,36	27,37

Таблиця 4 – Економічна ефективність вирощування міскантусу гігантського для виробництва твердого біопалива залежно від елементів технології вирощування за роки вегетації (2016–2018 рр).

Густота садіння	Добрива	Вихід сухої біомаси, т/га	Вартість сухої біомаси, грн/га	Матеріально грошові витрати, грн/га	Собівартість сухої біомаси, грн/т	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
25 тис/га	0	37,6	31061	24723	657	6338	26,0
	K ₆₀	52,1	42990	29046	557	13944	48,0
	K ₁₂₀	54,0	44525	31935	592	13590	42,5
20 тис/га	0	35,8	29559	22314	623	7245	32,5
	K ₆₀	46,5	38387	25311	544	13076	51,72
	K ₁₂₀	52,0	42883	28730	553	14153	49,3
15 тис/га	0	32,2	26978	20044	624	6934	34,6
	K ₆₀	44,9	37018	24210	539	12808	52,9
	K ₁₂₀	49,1	40549	26926	548	13593	50,5
10 тис/га	0	30,8	25435	18837	611	6598	35,0
	K ₆₀	44,5	36704	23547	530	13157	56,0
	K ₁₂₀	46,7	38511	25320	542	12991	51,3
20 т/га + гербіцид	K ₆₀	42,8	35326	25964	606	9362	36,1
садіння осінню 25 тис/га	K ₆₀	54,6	45070	31850	583	13220	41,5

За розрахунками витрати в перший рік вегетації становили 77,3–80,5 % від усіх витрат за три роки, або в грошовому еквіваленті на варіанті садіння 15 тис/га з внесенням K₆₀ за загальних витрат 24210 грн/га в перший рік було використано 18714 грн/га.

Серед елементів технології вирощування міскантусу найбільший вплив на його продуктивність, а отже і на економічну ефективність мали добрива та способи садіння. Внесення калійних добрив K₆₀ і K₁₂₀ порівняно з варіантом без добрив сприяє суттєвому збільшенню урожайності, а отже і зростанню економічних показників. Так, на варіантах без удобрення собівартість сухої біомаси була на рівні 611–657 грн/т, а за внесення K₆₀ вона коливалась залежно від варіанта в межах 530–557 грн/т. Водночас рівень рентабельності вирощеної продукції в першому випадку був нижчим і становив 26,0–35,0 %, а в другому з внесенням калійних добрив він був на рівні 48,0–56,0 %. Внесення K₁₂₀ порівняно з K₆₀ хоч і сприяло незначному зростанню врожайності на 1,9–4,3 т/га сухої речовини, однак економічні показники у зв'язку

зі здороженням добрив не покривали затрат. Так, рентабельність на варіанті з внесенням K₆₀ становила – 48,0–56,0 %, а K₁₂₀ – 42,5–51,3 %.

Аналіз економічної ефективності виробництва міскантусу показав, що за різних способів садіння показники собівартості вирощеної продукції та рівень рентабельності становили: за густоти садіння 25 тис/га і внесення K₆₀ собівартість продукції була на рівні 557 грн/т, а рентабельність – 48,0 %; 20 тис/га відповідно – 544 грн/га і 51,72 %; 15 тис/га – 539 грн/га і 53,95 % та за густоти 10 тис/га ці показники були на рівні 530 грн/га і 56,0 % (табл. 4).

Висновки. Обґрунтовано технологію вирощування міскантусу гігантського на енергетичні цілі на старосіяних сінокісних угіддях карбонатних торфовищ Лівобережного Лісостепу. Розроблено технологію, яка на третій рік вирощування енергетичної плантації забезпечує вихід сухої біомаси на рівні 3,7–26,1 т/га, або 403–444 ГДж/га енергії.

Застосування агротехнічного в поєднанні з біологічним способом боротьби з дротяником забезпечує ефективний захист рослин міскан-

тусу на початку створення енергетичних плантацій. Цей спосіб дав змогу знизити кількість дротяників на 84 % від загальної чисельності, а загибель рослин у перший рік вегетації не перевищувала 4 %.

Кращі економічні показники ефективності в сумі за три роки вегетації культури було отримано на варіанті зі схемою садіння (0,7×1,4 м) 10 тис/га, де рівень рентабельності становив 56 %, собівартість сухої біомаси – 529,6 грн/т і умовно чистий прибуток – 13157 г.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сінченко В.М., Ягольник О.О. Європейський досвід сталого виробництва біосировини на малопродуктивних землях в Україні. Біоенергетика. №1 (13). 2019. С. 19–22.

2. Гументик М.Я. Урожайність біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини садіння ризомів у західному Лісостепу України. Вісник Львівського національного аграрного університету. Агронімія. Львів, 2013. № 17(1). С. 76–82.

3. Торфово – земельний ресурс Північно – західного Регіону України: монографія / Вознюк С.Т. та ін. Рівне, 2017. 114 с.

4. Сінокоси і пасовища на осушуваних землях / Слюсар І.Т. та ін. Київ: ЦП «Компрінт», 2017. 257 с.

5. Балюк С.А., Ромащенко М.І., Трусковецький Р.С. Охорона ґрунтів і розвиток меліорації в Україні. Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Харків, 2018. Вип. 87. С. 5–10.

6. Артеменко В.І. Довідник по використанню осушених земель. Київ: Урожай, 1987. С. 114–127.

7. Долін В.Г. Методические указания по учету вредителей сельскохозяйственных культур. Київ: Урожай, 1975. С. 6–28.

8. Способи підвищення виходу садивного матеріалу міскантусу гігантського / Доронін В.А. та ін. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. Вип. 26. С. 11–20.

9. Макух Я.П. Особливості формування врожайності міскантусу гігантського за спільної вегетації з бур'янами. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2017. Вип. 25. С. 115–123.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

11. Перехід України на відновлювальну енергетику до 2050 року: звіт за результатами моделювання базового та альтернативних сценаріїв розвитку біоенергетичного сектору / Дячук О. та ін.; за заг. ред. Ю. Огаренка, О. Алієвої. Київ: ТОВ «АРТ КНИГА». 2017. 88 с.

12. Скачок Л.М., Квак В.М. Комплексна оцінка вирощування енергетичних культур залежно від різних систем удобрення. Зб. наук. праць ІБКІЦБ. 2016. Вип. 24. С. 86–92.

13. Michael B. Jones, Mary Walsh. Miscanthus for energy and fibre. London: Earthscan, 2001. 192 p.

14. Курило В.Л., Гументик М.Я., Квак В.М. Міскантус – перспективна енергетична культура для виробництва біопалива. Агробіологія. 2010. №4 (80). С. 62–66.

15. Методи визначення енергоємності і поживності. Держспоживстандарт України. Київ, 2009.

16. Агротехнічний в поєднанні з біологічним спосіб боротьби з дротяником: пат. 127596 Україна: МПК А01В 79/02 (2006.01). заявл. 19.03.2018; опубл. 10.08.2018, Бюл. № 15.

17. На шляху до створення плантацій енергетичних культур / В. Кравчук та ін. Техніка і технологія АПК. 2013. № 2. С. 31–34.

18. Удосконалення елементів технології вирощування міскантусу в умовах Центрального Лісостепу України для виробництва твердого біопалива / Курило В.Л. та ін. Зб. наук. праць БКІЦБ. 2016. Вип. 24. С. 77–85.

19. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Роїк М.В. та ін. Зб. наук. праць БКІЦБ. 2012. Вип. 12. С. 14–23.

20. Хіврич О. Міскантус – перспектива для виробництва твердого біопалива. Пропозиція нова. 2015. № 1. С. 80–83.

21. Державне регулювання ринку твердого біопалива як один із чинників збалансованого природокористування / Д.Г. Чурілов та ін. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012 № 2. С. 89–93.

22. Барбаш В.А., Зінченко В.О., Требус І.В. Ресурсозберігаючі технології перероблення стебел міскантуса. Наукові вісті «КП». 2012. № 5. С. 118–124.

23. Progress on Optimizing Miscanthus Biomass Production for the European Bioeconomy: Results of the EU FP7 Project OPTIMISC / Lewandowski I. et al. 2016. Front. Plant Sci. 7:1620. DOI: 10.3389/fpls.2016.01620.

24. Jurekova Z., Kotrla M., Paukova Z. Life cycle of Miscanthus x giganteus (Greif et Deu) grown in southwestern Slovakia conditions. Acta regionalia et environmentalica. 2013. Vol. 2. P. 38–41.

25. Characterization of flowering time diversity in Miscanthus species / Jensen E. et al. 2011. GCB Bioenergy. Vol. 3. P. 387–400.

REFERENCES

1. Sinchenko, V.M., Yaholnyk, O.O. (2019). Yevropeiskiy dosvid staloho vyrobnytstva biosyrovyny na maloproduktyvnykh zemliakh v Ukraini [European experience of sustainable production of bio raw materials on unproductive lands in Ukraine]. Bioenerhetyka [Bioenergy], no. 1(13), pp. 19–22.

2. Humentyk, M.Ia. (2013). Urozhainist biomasy miskantusu zalezno vid klimatychnykh umov, strokiv i hlybyny sadinnia ryzomiv u zakhidnomu Lisostepu Ukrainy [Yield of miscanthus biomass depending on climatic conditions, terms and depth of rhizome planting in the western forest-steppe of Ukraine]. Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia [Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy]. Lviv, no. 17(1), pp. 76–82.

3. Vozniuk, S.T., Moshynskiy, V.S., Klymenko, M.O. (2017). Torfovo – zemelnyi resurs Pivnichno – zakhidnoho Rehionu Ukrainy: monohrafiia [Peat-land resource of the North – Western Region of Ukraine]. Rivne, 114 p.
4. Sliusar, I.T., Solianyk, O.P., Serbeniuk, V.O., Hera, O.M., Virovka, V.M. (2017). Sinokosy i pasovyshcha na osushuvanykh zemliakh [Hayfields and pastures on drained lands]. Kyiv, Komprint, 257 p.
5. Baliuk, S.A., Romashchenko, M.I., Truskovetskyi, R.S. (2018). Okhorona hruntiv i rozvytok melioratsii v Ukraini [Soil protection and development of land reclamation in Ukraine]. Ahrokhimiia i hruntovnavstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk [Agrochemistry and Soil Science: interdepartmental thematic scientific collection]. Kharkiv, Issue 87, pp. 5–10.
6. Artemenko, V.I. (1987). Dovidnyk po vykorystanni osushenykh zemel [Handbook of drained land use]. Kyiv, Harvest, pp. 114–127.
7. Dolin, V.H. (1975). Metodycheskye ukazania po uchotu vredytelei selskokhoziaistvennykh kultur [Guidelines for the accounting of pests of agricultural crops]. Kyiv, Harvest, pp. 6–28.
8. Doronin, V.A., Dryha, V.V., Kravchenko, Yu.A., Doronin, V.V. (2018). Sposoby pidvyshchennia vykhodu sadynoho materialu miskantusu hihantskoho [Ways to increase the yield of planting material Miscanthus giant]. Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovnykh beriakov [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets]. Issue 26, pp. 11–20.
9. Makukh, Ya.P. (2017). Osoblyvosti formuvannia vrozhaivosti miskantusu hihantskoho za spilnoi vehetatsii z burianamy [Peculiarities of the formation of giant miscanthus in the joint vegetation with weeds]. Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovnykh beriakov [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets]. Issue 25, pp. 115–123.
10. Dospekhov, B.A. (1979). Metodyka polevoho opyta (s osnovamy statystycheskoi obrabotky rezultatov yssledovanyi) [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Kolos, 416 p.
11. Diachuk, O. (2017). Perekhid Ukrainy na vidnovliuvalnu enerhetyku do 2050roku: zvit za rezultatamy modeliuvannia bazovoho ta alternatyvnykh stsenariiv rozvytku bioenerhetychnoho sektoru [Ukraine's transition to renewable energy by 2050: a report on the results of modeling baseline and alternative scenarios for the development of the bioenergy sector]. Kyiv, Art Book, 88 p.
12. Skachok, L.M., Kvak, V.M. (2016). Kompleksna otsinka vyroshchuvannia enerhetychnykh kultur zalezho vid riznykh system udobrennia [Comprehensive assessment of energy crops depending on different fertilizer systems]. Zb. nauk. prats IBkiTsB [Collection of scientific works of IBKICB]. Issue 24, pp. 86–92.
13. Michael, B. Jones, Mary, Walsh. (2001). Miscanthus for energy and fibre. London, Earthscan, 192 p.
14. Kurylo, V.L., Humentyk, M.Ya., Kvak, V.M. (2010). Miskantus – perspektyvna enerhetychna kultura dlia vyrobnytstva biopalyva [Miscanthus is a promising energy crop for biofuel production]. Ahrobiologhiia [Agrobiology], no. 4 (80), pp. 62–66.
15. Metody vyznachennia enerhoiemnosti i pozhyvnosti [Methods for determining energy consumption and nutritional value]. Derzhspozhyvstandart Ukraine, Kyiv, 2009.
16. Agrotehnichnyj v pojednanni z biologichnym sposib borot'by z drotjanykom: pat. 127596 Ukrai'na: MPK A01V 79/02 (2006.01). zavavl. 19.03.2018; opubl. 10.08.2018, Bjul. № 15 [Agrotechnical in combination with a biological method of wireworm control: US Pat. 127596 Ukraine: IPC A01B 79/02 (2006.01). stated March 19, 2018; publ. 10/08/2018, Bull. № 15].
17. Kravchuk, V. Novokhatskyi, M., Kozhushko, M., Dumych, V., Zhurba H. (2013). Na shliakhu do stvorennia plantatsii enerhetychnykh kultur [On the way to creating energy plantations]. Tekhnika i tekhnologhiia APK [Machinery and technology of agro-industrial complex], no. 2, pp. 31–34.
18. Kurylo, V.L., Humetnyk, M.Ia., Kvak, V.M., Dubovyi, Yu.P. (2016). Udoskonalennia elementiv tekhnologii vyroshchuvannia miskantusu v umovakh Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy dlia vyrobnytstva tverdogo biopalyva [Improving the elements of technology for growing miscanthus in the Central Forest-Steppe of Ukraine for the production of solid biofuels]. Zb. nauk. prats BkiTsB [Collection of scientific works of IBKICB]. Issue 24, pp. 77–85.
19. Roik, M.V., Kurylo, V.L., Humetnyk, M.Ia., Hanzhenko, O.M. (2012). Perspektyvy rozvytku bioenerhetyky v Ukraini [Prospects for the development of bioenergy in Ukraine]. Zb. nauk. prats BkiTsB [Collection of scientific works of IBKICB]. Issue 12, pp. 14–23.
20. Khivrych, O. (2015). Miskantus – perspektyva dlia vyrobnytstva tverdogo biopalyva [Miscanthus is a prospect for solid biofuel production]. Propozytsiia nova [The offer is new], no. 1, pp. 80–83.
21. Churilov, D.H., Kalinichenko, V.M., Kalinichenko, A.V., Malynska, L.V. (2012). Derzhavne rehuliuвання rynku tverdogo biopalyva yak odyin iz chynnykiv zbalansovanoho pryrodokorystuvannia [State regulation of the solid biofuels market as one of the factors of sustainable nature management]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy], no. 2, pp. 89–93.
22. Barbash, V.A., Zinchenko, V.O., Trebus, I.V. (2012). Resursozberihaiuchi tekhnologii pererobliannia stebel miskantusa [Resource-saving technologies for processing Miscanthus stems]. Naukovi visti «KPI» [KPI Scientific News], no. 5, pp. 118–124.
23. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J., Trindade, L., Van der Linden, G., Schwarz, K., Muller-Samann, K. (2016). Progress on Optimizing Miscanthus Biomass Production for the European Bioeconomy: Results of the EU FP7 Project OPTIMISC. Front. Plant Sci. 7:1620. DOI: 10.3389/fpls.2016.01620.
24. Jurekova, Z., Kotrla, M., Paukova, Z. (2013). Life cycle of Miscanthus x giganteus (Greif et Deu)

grown in southwestern Slovakia conditions. *Acta regionalia et environmentalica*. Vol. 2, pp. 38–41.

25. Jensen, E., Farrar, K., Thomas-Jones, S., Hastings, A., Donnison, I., Clifton-Brown, J. (2011). Characterization of flowering time diversity in *Miscanthus* species. *GCB Bioenergy*. Vol. 3, pp. 387–400.

Technology of *Miscanthus* giant growing for energy purposes in the conditions of drained peatlands of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine

Virovka V., Opanasenko O., Perets S.

The paper highlights the peculiarities of growing *Miscanthus* for energy purposes in the conditions of drained peat bogs at the Panfil Experimental Station of the NSC "Institute of Agriculture of the NAAS". The economic and ecological advantages of growing energy plantations on reclaimed organogenic soils in comparison with rainfed lands in the zone of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine are argued. The study substantiates the technology and the influence of its individual elements on the productivity of *Miscanthus* giant growing for energy purposes on old-sown hayfields of carbonate peatlands of the Forest-Steppe. The optimal biometric parameters of the planting material, as well as the planting density, the depth of the rhizomes embedding, the influence of the planting time on the growth and development indicators of the studied culture were determined. Developed and patented agrotechnical, together with a biological method of combating wireworms, which provides effective pro-

tection of *Miscanthus* plants at the beginning of the establishment of energy plantations. An environmentally friendly weed control technology has been applied, which excludes the use of chemicals, the introduction of herbicides, which, in turn, does not allow contaminating soil and river waters with harmful elements. The peculiarities of the nutrient regime of the soil and its biological activity in the experimental plots of *Miscanthus* giant on the drained carbonate peatlands of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine have been investigated. The effect of potash fertilization, as a key element in plant nutrition on organogenic soils, on the productivity of bioenergetic plantations of *Miscanthus* is studied. The energy output of bioenergy plantations per unit area has been determined depending on the elements of the cultivation technology. Calculations of economic and energy efficiency have been carried out. The developed technology for 3 years of *Miscanthus* cultivation ensures the yield of dry biomass at the level of 23.7–26.1 t/ha or 403–444 GJ/ha of energy. The best economic indicators were obtained on the option with a planting scheme (0.7 X 1.4 m) 10 thousand/ha, where the level of profitability made – 56 %, the cost of dry biomass made 529.6 UAH/t and the conditional net profit – 13157 g/ha.

Further directions of scientific research on the creation of bioenergetic plantations from *Miscanthus Giganteus* on drained carbonate peatlands of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine have been substantiated.

Key words: *Miscanthus*, mass of rhizomes, planting density, fertilizers, productivity, profitability.



Copyright: Вірówka В.М., Опанасенко О.Г., Перець 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.



ORCID iD:

Вірówka В.М.

Опанасенко О.Г.

Перець С.В.

<https://orcid.org/0000-0001-8828-8309>

<https://orcid.org/0000-0003-0035-8291>

<https://orcid.org/0000-0002-8155-064X>


АГРОНОМІЯ

УДК 633.63:631.52:575.125

Етапи створення і способи вивчення продуктивності гібридів цукрових буряків різної генетичної основи

Дубчак О.В. , Паламарчук Л.Ю.

Верхняцька дослідно-селекційна станція, ІБКІЦБ НААН України

 betaver2019@gmasl.com

Дубчак О.В., Паламарчук Л.Ю. Етапи створення і способи вивчення продуктивності гібридів цукрових буряків різної генетичної основи. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 15–23.

Dubchak O., Palamarchuk L. Stages of creation and way of study of efficiency of sugar beet hybrids of the various genetic bases. «Agrobiologia», 2022. no. 1, pp. 15–23.

Рукопис отримано: 22.02.2022 р.

Прийнято: 09.03.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-15-23

Верхняцька дослідно-селекційна станція (ВДСС) відома своїми аборигенними, комбінаційно здатними багатонасінними запилювачами (БЗ), на основі яких було створено нові гібриди цукрових буряків: Козак, Джура, Герой та ін. Сучасні гібриди здатні реалізувати свій генотипово зумовлений потенціал високої продуктивності в мінливих погодних умовах. За період існування селекційної програми Бетаінтеркрос запилювачі БЗ₁, БЗ₂ і БЗ₃ постійно брали у ній участь як багатонасінні батьківські компоненти гібридів. У статті наведено результати екологічного сортовипробування (ЕС) нових гібридів цукрових буряків, створених та досліджуваних за цією програмою. Представлено оцінки продуктивності гібридів, які випробовували в ЕС одночасно в усіх зонах бурякосіяння України. Отримані показники продуктивності дали змогу охарактеризувати нові гібриди, встановити їх напрям (урожайний, цукристий), всесторонньо і швидко їх оцінити за адаптивністю до різних агрокліматичних умов вирощування. Завдяки цьому прийому можливе максимальне забезпечення потреб певного гібрида для вибору зони вирощування з оптимальними умовами для формування високої продуктивності.

Представлено кращі експериментальні гібриди за результатами випробування 2018–2021 рр., створені з використанням багатонасінних запилювачів верхняцької селекції. Серед них перспективні гібриди одержали за гібридизації БЗ верхняцького походження з чоловічостерильними (ЧС) лініями різнорідної генплазми. За цілеспрямованих топкросних схрещувань БЗ₂2004 ВДСС з ЧС лінією 1919 Іванівської селекції створено гібрид СЦ 211215, який мав збір цукру 113,7 % і гібрид СЦ 210715 (ЧС 1933 × БЗ₃2003) – 113,6 % до стандарту. Гібрид СЦ 211317, отриманий з уманською ЧС лінією 1937 та верхняцьким БЗ₃2003, забезпечив вихід цукру 109,9 %.

Ключові слова: селекція, цукрові буряки, багатонасінні запилювачі, гетерозис, гібрид, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Як об'єктивну основу побудови процесу створення гетерозисних гібридів цукрових буряків розглядають генетичні, функціональні і операційні особливості ознак, які визначають продуктивність (врожайність, вміст цукру), ефективність вирощування культури (однаосінність), і що забезпечують отримання гібридного насіння (цитоплазматична чоловіча стерильність) [1].

Сучасні гібриди цукрових буряків мають характеризуватися комплексом господарсько

цінних ознак, які здатні реалізувати свій генотипово зумовлений потенціал високої продуктивності в мінливих умовах довкілля. У результаті теоретичних досліджень і практичного селекційного опрацювання розроблено параметри селекційно цінних ознак гібридів цукрових буряків нового покоління, які враховують під час створення експериментальних гібридних зразків з використанням матеріалів колекції Верхняцької дослідно-селекційної станції. Базова продуктивність компонентів гібридів не має характеризуватися надмірною

депресією, оскільки кінцевий гібрид повинен мати не лише істинний гетерозисний ефект – перебільшення F_1 кращого з батьків, але і гетерозис конкурсний – перевищення F_1 групового стандарту [2].

У зв'язку з потеплінням клімату в Україні, екологічний стан змінюється швидко, що призводить до зниження саморегуляції у рослин. Тому 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 [3, 4].

Під час отримання нових вихідних батьківських форм підбирають комбінації ознак, необхідних для забезпечення заданого рівня продуктивності, якості та інших господарських показників майбутніх гібридів. Вдалий підбір батьківських пар зумовлює високу продуктивність стерильних гібридів цукрових буряків. За їх формування, успіх великою мірою залежить від генетичного різноманіття батьківських форм, від їх селекційної цінності, методів їх оцінювання за комбінаційною здатністю і продуктивністю [5–7]. Селекційні матеріали компонентів або кінцевих гібридів необхідно вивчати за реакцією на абіотичні чинники, відбираючи їх згідно з господарською метою [8–12]. Незалежно від походження вихідних батьківських пар та місць створення гібридів, вивчення їх продуктивності одночасно в усіх зонах бурякосіяння України дає змогу оцінити їх адаптованість до різних агрокліматичних умов (екологічне сортовипробування за програмою Бетаінтеркрос) [13].

За створення гібридів з підвищеною адаптивністю основними методами є гібридизація, рекомбінація та добір. Успішне створення і добір батьківських компонентів у селекційному процесі великою мірою залежить від генетичного різноманіття вихідних матеріалів, від їх селекційної цінності і методів оцінювання їх за комбінаційною здатністю та продуктивністю. Завдяки оптимізації класичних методів селекції та розробленню нових, можна прискорити і поліпшити селекційний процес, зокрема, через введення в нього ефективних методів схрещування різноманітних селекційних матеріалів з високою цукристістю та комбінаційною здатністю [14, 15].

В сучасних умовах селекційні дослідження спрямовано на створення гібридів на основі ЦЧС з використанням явища гетерозису. Гетерозис імовірніше отримати за гібридизації генетично віддалених форм, тому у селекційне

опрацювання, для створення гібридних зразків, слід залучати різні за походженням багатонасінні запилювачі та ЧС форми. Гібридизація нині залишається одним з ефективних і найпоширеніших у світовій практиці методів створення вихідного матеріалу для селекції буряків цукрових різних напрямів використання. Цінність гібридизації полягає у поєднанні в одному генотипі необхідних ознак, а також внаслідок генетичної рекомбінації та трансгресивної мінливості отримувати новий, якісний вихідний матеріал [16, 17].

У селекції буряків на гетерозис особливе місце займає створення комбінаційно-здатних багатонасінних запилювачів з фертильним пилком та створення на їх основі експериментальних гібридів. Важливо, щоб гібриди цукрових буряків, створені на їх основі, відповідали світовим стандартам за рівнем урожайності та якості продукції. Забезпечення таких параметрів урожаю потребує поєднання високої потенційної продуктивності й генетично обумовленої стійкості та пристосованості до умов вирощування різних ґрунтово-кліматичних зон [18–20].

У сучасній селекції цукрових буряків базовими ознаками, які розглядають переважно самостійно щодо гетерозису, є врожайність і цукристість, а отже, і їх інтегральний показник – збір цукру з одиниці площі. Вирішення цих завдань сприятиме підвищенню інтенсивності та результативності селекційного процесу, розширенню і збагаченню вітчизняного генофонду вихідного матеріалу та поліпшенню генетичного потенціалу. Застосування селекційно-генетичних методів, зокрема різних схем гібридизації, дає можливість створювати нові генотипи рослин і поліпшувати наявні. Гібридизація розширює процес формотворення, підвищує генетичну мінливість рослин за комплексом біологічних і господарських властивостей [21–24].

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. Тому перед селекціонерами постала проблема комплексного підходу до формування батьківських компонентів гібридів з позицій цілісного організму [25].

Метою дослідження було створення високопродуктивних гібридів цукрових буряків комбінуванням кращих багатонасінних батьківських компонентів верхняцької селекції з одностосінними материнськими формами іншо-

го походження та вивчення їх продуктивності в кліматичних умовах різних зон бурякосіяння України.

Матеріал і методи дослідження. У дослідженнях використали Верхняцькі багатонасінні запилювачі, отримані з аборигенних форм, у яких в результаті тривалої селекції в цих агрокліматичних умовах закріплені господарсько цінні ознаки та висока комбінаційна здатність. Цілеспрямовані схрещування за схемою топкрос проводили з використанням цитоплазматичних чоловічостерильних ліній – материнських компонентів гібридів цукрових буряків дослідно–селекційних станцій (ДСС) мережі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (ІБКіЦБ). Застосовували методи рекомбінації, добору, гібридизації.

Для створення рослин з бажаними властивостями, передусім з високою продуктивністю і стабільністю їх прояву в мінливих умовах довкілля, застосовували метод гібридизації, який використовують для перекомбінації батьківських ознак і одержання нових гетерозисних, високопродуктивних генотипів. Селекцію батьківських і материнських компонентів гібридів на ВДСС проводять загальноприйнятими методами селекції цукрових буряків. Завдяки цьому забезпечується їх однорідність, стабільність і генетична цінність за селектованими ознаками.

Застосовували відому в Україні та за її межами методику екологічного сортопробування за селекційною програмою Бетаінтеркрос, розробленою в ІБКіЦБ під керівництвом М.В. Роїка та О.Г. Куліка. Впровадження цієї селекційної програми забезпечує співпрацю селекціонерів мережі ІБКіЦБ і дає можливість одержувати високопродуктивні гібридні комбінації цукрових буряків нового покоління. Експериментальні гібриди вивчали за показниками продуктивності у сортопробуванні Бетаінтеркрос одночасно у всій мережі ІБКіЦБ, а отже оцінювали в різних екологічних умовах зон бурякосіяння України.

Після завершення досліджень, кращі за показниками продуктивності гібриди рекомендують до Державного сортопробування з метою оцінювання на придатність до поширення в Україні [14–16].

Результати дослідження та обговорення. Створенням багатонасінних батьківських компонентів гібридів цукрових буряків селекціонери Верхняцької ДСС почали займатися з часу використання у цукробуряковій галузі одностерильних гібридів на стерильній основі. З тих пір на станції в результаті рекурентної селекції було створено і постійно удосконалювали аборигенні багатонасінні запилювачі кількох генетичних походжень. Серед 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, пристосовані до агрокліматичних умов і толерантні до хвороб і шкідників цієї зони вирощування цукрових буряків.

На початковому етапі даного дослідження, з метою глибшого вивчення багатонасінних запилювачів, провели топкросні схрещування їх з ЧС тестерами – одностерильними цитоплазматично чоловічостерильними лініями зарубіжного походження. В окремих комбінаціях отримане насіння пробних гібридів характеризувалося високою продуктивністю насінників – від 101 до 117 г насіння з рослини, та схожістю насіння (93,4–98,8 %). Генетично обумовлена висока схожість насіння гібридів на чоловічостерильній основі залежала від комбінаційної здатності батьківських компонентів, їх походження та структури.

Результати оцінювання комбінаційної здатності ЧС тестерів дали підставу для залучення кращих гібридів до подальшого вивчення їх продуктивності у попередньому сортопробуванні. У результаті визначено ефекти загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) за врожайністю коренеплодів і збором цукру (табл. 1).

Таблиця 1 – Ефекти загальної комбінаційної здатності кращих пробних гібридів, 2018–2019 рр.

Комбінація схрещування	Ефекти ЗКЗ			
	за врожайністю		за збором цукру	
	2018 р.	2019 р.	2018 р.	2019 р.
2 – ЧС ₃ тестер × БЗ ₃	+1,04	+1,45	+1,05	+0,61
4 – ЧС ₂ тестер × БЗ ₃	+0,98	+1,79	+0,09	+0,33
5 – ЧС ₁ тестер × БЗ ₂	+1,85	+1,10	+0,42	+0,29
7 – ЧС ₁ тестер × БЗ ₁	+0,89	+0,74	+0,19	+0,09
9 – ЧС ₂ тестер × БЗ ₂	+1,19	+0,99	+0,32	+0,16
8 – ЧС ₃ тестер × БЗ ₁	+0,08	+1,46	+0,05	+0,24

Виділено комбінацію 5 (тестер-ЧС₁×БЗ₂) з високим ефектом комбінаційної здатності за врожайністю коренеплодів та 2 (тестер-ЧС₃×БЗ₃) за збором цукру. Добір селекційних матеріалів для схрещування дав можливість виділити генотипи, які під час гібридизації проявляють ефект гетерозису, створити вдалі поєднання ознак продуктивності.

Для гібридизації з аборигенними запилювачами щорічно, за програмою Бетаінтеркрос, на Верхняцьку дослідно-селекційну станцію з дослідно-селекційних установ мережі ІБКіЦБ надсилають понад 30 ЧС ліній цукрових буряків, створених з різноманітною генплазмою та вирощених у різних зонах України. Завдяки високій комбінаційній здатності вказаних БЗ отримано низку нових експериментальних гібридів. Підібрані компоненти схрещування – ЧС лінії і багатонасінні запилювачі, які мали комбінаційну здатність і достатній рівень базисної продуктивності, у кінцевому гібриді отримали перебільшення показників порівняно із груповим стандартом, тобто отримали конкурсний гетерозис.

Наступним етапом вивчення гібридів була перевірка показників їх продуктивності у разі зміни умов навколишнього середовища. Порівнюючи оцінки продуктивності гібридів, які створені в одних умовах, а досліджувані в інших, різних агрокліматичних зонах, зроблено висновки про їх пристосованість та адаптаційну здатність.

У окремих гібридів спостерігали пригнічення рослин цукрових буряків і зниження показників продуктивності. У інших – виникли ознаки і властивості, які в умовах цього середовища були корисними для гібридів, завдяки яким рослини отримали можливість не лише існувати в досліджуваних умовах, а також мали підвищення показників урожайності та вміст цукру в коренеплодах, що свідчило про адаптацію цього гібрида в зоні випробування.

Так, ЧС лінії 1919 та 1933, створені на Іванівській ДСС з оригінальним багатонасінним запилювачем іванівської селекції БЗ-2008, під час випробування отримали за урожайністю 103,5 і 102,1 % відповідно до стандарту. Вміст цукру їх становив 98,8 і 101,4 % відповідно. З верхняцьким БЗ₂-2004 ЧС лінія 1919 отримала урожайність 110,2 % до стандарту, а ЧС лінія 1933 з БЗ₃-2003 верхняцької селекції – 112 %. Відповідно і збір цукру їх знаходився на значно вищому рівні порівняно з гібридними комбінаціями, створеними на основі багатонасінних запилювачів різного походження.

За показником «урожайність» аналогічна ситуація склалася з ЧС лінією умансько-

го походження 1937, яка з БЗ-2011 і БЗ-2012 уманської селекції отримала 103,5 і 103,7 % відповідно. За цим самим показником чоловічостерильна лінія 1937 під час гібридизації з верхняцьким БЗ₃-2003 становила 111,4 %. Це підтверджує високу комбінаційну здатність верхняцьких БЗ та адаптаційну здатність ЧС ліній та новостворених гібридів різного походження до зміни зони вирощування та випробування (табл. 2, 3).

Характеристику кращих гібридів, створених за участю багатонасінних запилювачів верхняцької селекції, за циклом досліджень 19-20-21, наведено в таблиці 3.

Нові конкурентоспроможні гібриди, створені за період 2019–2021 рр., одержали під час гібридизації БЗ верхняцького походження з ЧС лініями іванівської та уманської селекції, які зайняли у рейтингу перспективних призіві місця. Серед 40 гібридів, рекомендованих до державного сорто випробування, перше місце зайняв конкурентоспроможний гібрид – СЦ 211215. Він створений цілеспрямованими топкросними схрещуваннями верхняцького запилювача БЗ₂-2004 з іванівською ЧС лінією 1919 – (БЗ₂ × ЧС1919), і отримав збір цукру 113,7 % до стандарту, за виходу цукру 104,3 %. Наступний, спільний гібрид верхняцької і іванівської селекції СЦ 210715 (БЗ₃ × ЧС1937), зайняв п'яте призове місце, показавши вихід цукру 106,8 %. Новий гібрид СЦ 211317 – (БЗ₃ × ЧС1937) створено у співпраці верхняцьких і уманських селекціонерів, забезпечив вихід цукру 109,9 %. У результаті завершення кожного циклу досліджень кращі серед пробних гібридів рекомендують до вивчення у Державному сорто випробуванні на придатність до поширення на території України.

У статті описано результати вивчення продуктивності пробних гібридів цукрових буряків нового покоління та їх адаптаційної здатності. У таблиці 3 наведено гібриди, отримані за участю верхняцьких багатонасінних запилювачів за період 2019–2021 рр., місце в рейтингу кращих за продуктивністю та їх кількість. Подано характеристику гібридів, рекомендованих до державного сорто випробування. За короткий термін селекційної роботи з багатонасінними запилювачами верхняцького походження створено велику кількість високопродуктивних гібридів цукрових буряків, адаптованих до агрокліматичних умов у зонах бурякосіяння України. На виробничих посівах ВДСС два роки поспіль вирощують гібрид власної селекції Козак, з високими показниками продуктивності.

Таблиця 2 – Показники польового випробування гібридів у % до групового стандарту, 2021 р.

Шифр ЧС лінії	Шифр запилювача та місце створення і випробування гібрида												Показник ЧС	
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013	М	sd
	Бд ДСС	Бд ДСС	Ве ДСС	Ве ДСС	Вп ДСС	Вп ДСС	Ів ДСС	Ул ДСС	Ул ДСС	Ум ДСС	Ум ДСС	Ял ДСС		
урожайність гібридів														
1919 Ів ДСС	107,1	103,7	99,3	110,2	107,2	96,3	103,5	100,6	-	108,8	100,1	109,0	104,2	1,40
1933 Ів ДСС	102,2	89,4	112,1	103,6	99,2	98,6	102,1	94,6	108,1	98,7	99,3	108,5	101,4	1,81
1937 Ум ДСС	96,8	105,7	111,4	101,1	100,0	-	100,9	97,6	107,6	103,5	103,7	99,5	102,5	1,33
М	102,0	99,6	107,6	105,0	102,1	97,5	102,2	97,6	107,9	103,7	101,0	105,7	102,7	1,51
вміст цукру														
1919 Ів ДСС	100,8	100,2	99,2	101,3	99,5	99,5	98,8	102,9	-	100,2	100,5	99,4	100,2	0,35
1933 Ів ДСС	100,4	99,9	101,2	99,5	99,7	98,6	101,4	102,1	101,2	99,5	99,2	101,6	100,4	0,32
1937 Ум ДСС	98,6	100,1	98,5	97,5	100,3	-	100,6	100,0	100,6	97,4	99,9	101,0	99,5	0,38
М	99,9	100,1	99,6	99,4	99,8	99,1	100,3	101,2	100,9	99,0	99,9	100,7	100,0	0,35
збір цукру														
1919 Ів ДСС	107,8	104,4	98,9	113,7	105,6	96,3	103,1	105,5	-	108,9	101,1	109,1	104,9	1,50
1933 Ів ДСС	102,9	89,1	113,6	103,2	96,9	97,0	102,6	96,5	109,7	98,8	99,4	109,9	101,6	1,99
1937 Ум ДСС	95,4	103,9	111,0	98,1	100,4	-	102,7	98,1	108,2	101,7	103,7	99,7	102,1	1,38
М	102,0	99,1	107,8	105,0	101,0	96,7	102,8	100,0	109,0	103,1	101,4	106,2	102,8	1,62
вихід цукру														
1919 Ів ДСС	110,3	99,7	95,9	104,3	102,6	88,4	93,2	99,2	-	97,2	98,4	105,6	99,5	1,83
1933 Ів ДСС	89,5	85,9	106,8	106,8	89,2	91,0	95,2	91,2	107,2	91,4	97,0	107,0	96,5	2,36
1937 Ум ДСС	91,6	107,5	109,9	98,0	103,1	-	105,0	101,4	111,4	89,8	98,1	107,8	102,1	2,16
М	97,1	97,7	104,2	103,0	98,3	89,7	97,8	97,3	109,3	92,8	97,8	106,8	99,3	2,12

Таблиця 3 – Характеристика нових перспективних гібридів, 2019–2021 рр.

Місце у рейтингу	Шифр і походження компонентів	Шифр гібрида	Густота стояння тис/га	Показники продуктивності гібридів, % до стандарту			Група НІР, %
				урожайність	вміст цукру	збір цукру	
1	ЧС 1919 (Ів_01)	СЦ 211215	78,5	110,2	101,3	113,7	99-2
	БЗ_2004 (ВДСС)						
5	ЧС 1933 (Ів_04)	СЦ 210715	85,9	112,1	101,2	113,6	99-2
	БЗ_2003 (ВДСС)						
7	ЧС 1937 (Ум_05)	СЦ 211317	85,7	111,4	98,5	111,0	99-2
	БЗ_2003 (ВДСС)						
37	ЧС 1918 (Ум_05)	СЦ 210910	78,1	108,7	98,7	107,7	95-1
	БЗ_2003 (ВДСС)						
Середні:			76,4	109,2	100,3	109,8	

Висновки. Отже, успіх селекційної роботи зі створення високопродуктивних гібридів цукрових буряків значною мірою забезпечується генетичною цінністю вихідного матеріалу, його різноманіттям та ступенем вивчення генетичної детермінації господарсько цінних ознак і закономірностей їх успадкування, а також пристосованістю до зони вирощування.

За результатами досліджень встановлено, що в процесі створення нових гібридів доцільно використовувати БЗ верхняцького походження. Багатонасінні запилювачі як батьківські компоненти гібридів є комбінаційно здатними, а гібриди, створені за їх участю, є високопродуктивними і пластичними до різних кліматичних зон вирощування. Пробні гібриди, одержані за участю верхняцьких багатонасінних селекційних матеріалів у співпраці з селекціонерами мережі ІБКіЦБ, входять у першу десятку рейтингового списку рекомендованих до Державного сорто випробування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Кулик А.Г. Генетические основы построения процесса селекции гетерозисных гибридов сахарной свеклы. Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины: сб. научных трудов. Киев, 2017. 206 с.
- Створення експериментальних гібридних комбінацій цукрових буряків за параметрами моделі гібриду нового покоління / Корнеєва М.О. и др. Институт биоэнергетических культур і цукрових буряків НААН України: зб. наук. праць. Київ, 2017. 203 с.
- Екологічна пластичність і стабільність продуктивності експериментальних триплоїдних гібридів цукрових буряків / М.О. Корнеєва, Е.Р. Ермантраут, Л.М. Чемерис, М.Б. Мацук. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Київ, 2013. Вип. 18. С. 28–34.
- Створення цукрових буряків нового покоління / Дубчак О.В. та ін. Зб. наук. праць ІБКіЦБ. Вип. № 23. 2015. С. 90–96.
- Селекція з удосконалення форми коренеплоду цукрових буряків / Кротюк Л.А. та ін. Зб. наук. праць БНАУ МАПУ, 2019. Вип. 2. С. 13–20.
- Результати досліджень зі створення одонасінних гібридів цукрових буряків селекціонерами Уладівської та Верхняцької ДСС / Дубчак О.В. та ін. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України: збірник наукових праць. Київ, 2013. Випуск 18. С. 50–54.
- Роїк М.В., Корнеєва М.О. Напрями, методи та стратегія розвитку селекції. Цукрові буряки. № 6. 2015. С. 7–9.
- Корнеєва М.О., Тимчишин С.М., Тимчишин Л.С. Продуктивність і комбінаційна здатність компонентів цукрово-кормових гібридів, придатних для виробництва біопалива. Корми і кормо виробництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Вінниця, 2018. № 86. С. 67–70.
- Дубчак О.В., Андреева Л.С., Паламарчук Л.Ю. Оцінка нових ліній багатонасінних запилювачів цукрових буряків верхняцької селекції та їх гібридів. Збірник наукових праць «Агробіологія». Біла Церква. 2020. №2. С. 56–62.
- Дубчак О.В. Створення самофертильних ЗС і ЧС ліній цукрових буряків та добір кращих за селекційно- та господарсько-цінними ознаками. Збірник наукових праць «Агробіологія». Біла Церква. 2020. №2. С. 47–55.
- Орлов С.Д., Дубчак О.В. Генетичний потенціал з ЦЧС ліній цукрових буряків. Цукрові буряки. К.: ІБКіЦБ. 2017. №1 (113). С. 6–8.
- Методичні рекомендації зі створення моделі гібридів цукрових буряків нового покоління / М.В. Роїк та ін. Київ: ІБКіЦБ. 2015. 20 с.
- Кулік О.Г. Матеріали результатів екологічного сорто випробування за період 2019-2021 рр. 19-21 Міжнародні Конференції Бетайнтеркрос. К: ІБКіЦБ НААНУ. 2021. 25 с.
- 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/>
- 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.
- Моргун В.В. Внесок генетики і селекції рослин у забезпечення продовольчої безпеки України. Вісник НАН. 2016. № 5. С. 20–23.
- Продуктивність гібридів цукрових буряків нового покоління / Дубчак О.В. та ін. Збірник наукових праць «Агробіологія». Біла Церква. 2021. № 1. С. 35–47.
- Дубчак О.В. Вивчення нових кандидатів у багатонасінні запилювачі цукрових буряків за показниками продуктивності. Електронний збірник наукових праць УНУС «Парієві читання». Умань, 2021. С. 72–77.
- Дубчак О.В. Оцінка багатонасінних батьківських компонентів гібридів цукрових буряків за показниками продуктивності і створених на їх основі пробних гібридів. Зб. наук. праць «Агробіологія». Біла Церква, 2021. Вип. № 2. С. 37–45.
- Дубчак О.В. Створення одонасінних протистих гібридів цукрових буряків на стерильній основі. Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі: тези VI Всеукраїнської науково-практичної конференції. Умань, 2021. 35 с.
- Ткаченко М., Борис Н.Є. Залежність структури посівних площ в Україні за зростаючого попиту на сільськогосподарську продукцію та зміни клімату. Пропозиція. Київ, 2019. 288. С. 34–38.
- Роїк М.В., Парфенюк О.О. Використання рекомбінантних матеріалів у селекції батьківських компонентів гібридів буряків цукрових за формою коренеплоду. Вісник аграрної науки. Київ: Державне видавництво «Аграрна наука» НААН, 2018. № 12. С. 52–58.
- 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. Корнеєва 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. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2017. 205 с.

REFERENCES

1. Kulik, A.G. (2018). Geneticheskoye osnovu postroyeni protsesa selektsii geterozisnih gibridov saharnoy svekly [Genetic bases of construction of process of selection heterosis of hybrids of sugar beet]. Institut bioenergeticheskikh kul'tur i saharnoj svekly NAAN Ukrainy: sb. nauchnykh trudov [Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Sciences of Ukraine: collection of scientific papers]. Kyiv, 206 p.

2. Kornyeveva, M.O., Andryeyeva, L.S., Vakulenko, P.I., Dubchak, O.V. (2017). Stvorenyy eksperimentalnykh gibridnykh kombinatsiy tsukrovikh burykiv za parametramu modeli gibridy novogo pokoliny [Creation of experimental hybrid combinations of sugar beet after parameters of model of a hybrid of new generation]. Instytut bioenergetychnykh kul'tur i cukrovyy burjakiv NAAN Ukraïny: zb. nauk. prac' [Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Sciences of Ukraine: collection of scientific papers]. Kyiv, 203 p.

3. Kornyeveva, M.O. Ermatraut, E.P., Chemerus, L.M., Masyk, M.B. (2013). Ekologichna plastichnist ta stabilnist produktyvnosti eksperiment truployd gibrud tsukrovikh burykiv [Ecological plasticity and stability of efficiency experimental truployd of hybrids of sugar beet]. Naukovi praci Instytutu bioenergetychnykh kul'tur i cukrovyy burjakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets]. Kyiv, Issue 18, pp. 28–34.

4. Dubchak, O.V., Andryeyeva, L.S., Vakulenko, P.I., Kornyeveva, M.O. (2015). Stvorenyy tsukrovukh burykiv novogo pokoliny [Creating a new generation of sugar beet]. Zb. nauk. pr. IBKTSB [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets]. Kyiv, no. 23, pp. 90–96.

5. Krotiyuk, L.A., Dubchak, O.V., Andryeyeva, L.S., Kornyeveva, M.O. (2019). Selektsiy z udoskonalenny formu coreneplodu tsukrovikh burykiv [Selektion on improvement of the sugar beet root form]. Zb. nauk. prats. Bila Tserkva: BNAU MAPU [Collection of scientific works of BNAU MAPU], no. 2, pp. 13–20.

6. Dubchak, O.V., Andryeyeva, L.S., Vakulenko, P.I., Kulik, O. (2013). Rezultate doslidjen zi stvorenyy odnonasinnuh gibrudiv cykrovuh burykiv selekcioneramu Uladvickoy ta Verhnyckoy DSS [The results of research on the creation of monoecious hybrids of sugar beets by breeders Vladivska and Verkhnyatska DSS]. Instytut bioenergetychnykh kul'tur i cukrovyy burjakiv NAAN Ukraïny: zbirnyk naukovykh prac' [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets]. Kyiv, Issue 18, pp. 50–54.

7. Royik, M.V., Kornyeveva, M.O. (2015). Naprymu, metodu ta strategiy rozvutky selektsii [Direction, methods and strategy development of selection]. Cykrovu buryku [Sugar beet]. Kyiv, no. 6, pp. 7–9.

8. Kornyeveva, M.O., Tymchyschyn, S.M., Tymchyschyn, L.S. (2018). Productivnost i cjbminatsionnay sposobnost componentov tsukrovocormovikh gibrudiv, prudatnukh dly vurobntstva biopaluva [Productivity and combining ability of components of sugar-fodder hybrids suitable for biofuel production]. Kormu i kormovurobntstvo: mizhvidomchy tematychny naukovy zbirnyk [A forage and forage to make: between departmental thematic scientific assembly]. Vinnytsia, no. 86, pp. 67–70.

9. Dubchak, O., Andryeyeva, L., Palamarchuk, L. (2020). Otsinka novukh liniy bagatonasinnukh zapulyvachiv tsukrovukh burykiv verhnyckoy selektsii ta ikh gibrudiv [Estimation of new lines there is a lot of monogerm pollinators sugar beets verhnyckoy selection and their hybrids]. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija» [Collection of scientific works "Agrobiology"]. Bila Tserkva, no. 2, pp. 56–62.

10. Dubchak, O. (2020). Stvorenyy samofertulnuh ZS i CHS liniy ta sugar beet and dobir krashchuh za selekciyno- ta gospodarsko-cinnnumu oznakamu [Creation itself ZS and MS of lines of sugar beet and selection best on selections-valuable attributes]. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija» [Collection of scientific works "Agrobiology"]. Bila Tserkva, no. 2, pp. 47–55.

11. Orlov, C., Dubchak, O. (2017). Genetichnyy potentsial z TSCH liniy tsukrovukh burykiv [Genetic potential CMS of lines of sugar beet]. Tsukrovi buryku [Sugar beet]. Kyiv, IBCSS, no. 1 (113), pp. 6–8.

12. Royik, M.V., Kornyeveva M.O., Dubchak O.V., Andryeyeva L.S., Vakulenko P.I. (2015). Methodichni perecombinatsii z stvorenyy modeli gibrudiv tsukrovukh burykiv novogo pokoliny [The methodical recommendations for creation of model of hybrids of sugar beet of new generation]. Kyiv, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets, 20 p.

13. Kulik, O. (2019). Materialu rezultativ ekologichnogo sortovuprobuvanny za period 2019-2021 rr. – 19-21 Mijnarodni konferentsii Betaintercross [Materials of results an ecological grade of test for the period 2019-2021yy. –19-21 the international conferences "Betaintercross"]. Kyiv, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets, 25 p.

14. Derjavna slujba statustuku Ukrainu. Obsygu vurobntstva, urojajnist ta zibrana plosha

silskogospodarskikh nayk za ikh vudamu 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. Volkodav, V. (2003). Metodika dershavnogo vuprobuvannj sortiv roslun na prudatnist' do poshurehhj in Ukraine [State test of grades of plants for an opportunity to cultivation in Ukraine]. Ohorona pratsi na sortu roslun: oficijnyui byleten' [Protection of the rights on grades of plants: official prays]. Kyiv, Alfa, Issue 1, Part 3, 106 p.

16. Morgun, V. (2016). Vnesok genetuku I selektsii roslun u zabezpechennyi prodovolchoi bezpeku Ukrainy [To bring of genetics and selection of plants in maintenance of food safety of Ukraine]. Visnyk NAN [Bulletin of the NAS]. Kyiv, no. 5, pp. 20–23.

17. Dubchak, O., Andryeyeva, L., Vakulenko, P.I., Palamarchuk, L. (2021). Productivnist gibrydiv tsukrovukh burykiv novogo pokolinny [Efficiency of hybrids of sugar beet of new generation]. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija» [Collection of scientific works "Agrobiology"]. Bila Tserkva, no. 1, pp. 35–47.

18. Dubchak, O.V. (2021). Vuvchenny novukh kandydativ u bagatonasinni zapyluvachi tsukrovukh burykiv za pokaznykamy produktyvnosti [Study of the new candidates in there is a lot of semjn zapulyvach of sugar beet behind parameters of efficiency]. Elektronny zbirnyk naukovykh prats UNUS «Pariyvi chytanny» [The electronic collection of the proceedings UNUS "Pariyvy of reading"]. Uman, pp. 72–77.

19. Dubchak, O. (2021). Otsinka bagatonasinnukh batkivskukh componentiv gibrudiv tsukrovukh burykiv za pokaznukamu produktivnosti a stvoreny na ikh osnovi probnukh gibrudiv [An estimation multigerm of fatherly components of hybrids of sugar beet on parameters of efficiency and creation on their basis of trial hybrids]. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija» [Collection of scientific works "Agrobiology"]. Bila Tserkva, no. 2, pp. 37–45.

20. Dubchak, O.V. (2021). Stvoreny ondonasinnukh prostikh gibrydiv tsukrovukh burykiv na sterulniy osnovi [Creation monogerm simple hybrids of sugar beet on the sterile basis]. Genetyka i selekcija v suchasnomu agrokomplesxi: tezy VI Vseukrai'ns'koi' naukovykh-praktychnoi' konferencii' [Genetics and selection in the modern agricultural complex: abstracts of the VI All-Ukrainian scientific-practical conference]. Uman, 35 p.

21. Tkachenko, M., Borys, N. (2019). Zalejnist structure posivnukh ploshch v Ukraini za zrostauchogo popytu na selskogospodarsku productsiy ta zminy klimatu [Dependence of structure of the sowing areas in Ukraine on growing demand on selskohozyiskoy production that zmin of a climate]. Propozytsij [Proposal]. Kyiv, 288, pp. 34–38.

22. Royik, M.V., Parfenuk, O.A. (2018). Vykorystannay recombinantnukh materialiv u selektsii batkivskykh componentiv gibrydiv burykiv tsukrovukh za formou koreneplodiv [Use recombination of materials in selection of parental components of hybrids of beet

sugar under the form a root a fruit]. Visnyk agrarnoi' nauky [Bulletin of Agricultural Science]. Kyiv, no. 12, pp. 52–58.

23. Royik, M.V., Parfenuk, O.A. (2017). Otsinka genetychnogo potentsialu vykhidnykh materialiv burykiv tsukrovukh gibrydnogo pokhodjennay v selektsii liniu O-typu za formou koreneplodu [An estimation of genetic potential of initial materials of beet of a sugar hybrid origin in selection of lines of an O-type under the form a root a fruit]. Novitni agrotehnologii' [Latest agrotechnologies]. Kyiv, no. 5. Available at: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122133>.

24. Parfenuk, O.A., Balanuk, L.O. (2017). Osoblyvosti uspadkyvannay nyzky kilksnykh oznak tsukrovo-kormovymy gibrudamu buryka v selektsii liniy-zapyluvachiv O-typu za formou koreneplodu [Features of inheritance of quantitative attributes sugar fodder fruits by hybrids of beet in selection of lines – pollinators of an about – type under the form a root of a fruit]. Zbirnyk naukovykh prac' Umans'kogo NUS [Collection of scientific works of Uman NUS], no. 91, pp. 180–187.

25. Kornyeieva, M.O., Chemeris, L.M., Zmiyvskiy, V.M. (2017). Riven produktyvnosti eksperimentalnykh tryploidnykh gibrydiv burykiv tsukrovukh na Bilotsrkiivskiy doslidno-selektsiyniy stantsii [A level of efficiency experimental триплоид of hybrids of beet sugar on Belotserkovska of skilled – selection station]. Novitni agrotehnologii': teorija ta praktyka: tezy dopovidej Mizhnarodnoi' naukovykh-praktychnoi' konferencii', prysvjachenoj 95 richchju Instytutu bioenergetychnykh kul'tur i cukrovykh burjakiv NAAN [Latest agrotechnologies: 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]. Vinnitsa, Nilan-LTD, 205 p.

Creation stages and ways of studying the efficiency of sugar beet hybrids of various genetic bases Dubchak O., Palamarchuk L.

Verkhnyachska research and selection station (VRSS) is widely known for its aborigineous, combining-capable multigerm pollinators' (MP), which made the base of the new hybrids of sugar beet such as Kozak, Dzhura, Heroy *etc.* the Modern hybrids are capable to realize genotype caused potential of high efficiency in changeable conditions. MP₁, MP₂ and MP₃ pollinators' have been constantly used in the selection program "Betaintercross" as pollinators of parental components of hybrids. The paper presents the results of ecological test (ET) of sugar beet new hybrids created and tested under this program. The estimation of their efficiency tested simultaneously in the ET in all zones of beet production in Ukraine are presented in the paper. The efficiency parameters have allowed to characterize hybrids, to establish their direction (high-yielding, sugary), to provide comprehensive and their fast assessment for adaptation to various agroclimatic conditions of cultivation which can further provide probable certain hybrid with maximal following the requirements for a cultivation zone

choice with optimum conditions for high efficiency formation.

The study presents the best experimental hybrids of the 2019–2021 testing created using the multigerm pollinators of verkhnyatska selection. The perspective hybrids are obtained under hybridizations of verkhnyatska origin MPs Male sterile (MS) lines of various gene plasma. At purposeful topcrossings of MP₂-2004 VOSS

with MS of line 1919 Ivanovo selections resulted in creation of a hybrid SC 211215, with sugar yields of 113.7 % and hybrid SC 210715 (MS 1933 × OP₃-2003) with that of 113.6 % to the standard. The hybrid SC 211317, received with Uman MS line 1937 and verkhnyatska MP₃-2003, has ensured 109.9 % yield of sugar.

Key words: selection, sugar beet, multigerm pollinators, heterozis, hybrid, efficiency.



Copyright: Дубчак О.В., Паламарчук Л.Ю. © 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.



ORCID iD:
Дубчак О.В.


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

УДК 633.3; 631.811.9; 581.1

Продукційний процес гороху посівного (*Pisum sativum* L.) за дії Ризогуміну та біостимуляторів в умовах Південного Степу України

Колесніков М.О. , Пащенко Ю.П. 

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

 Колесніков М.О. E-mail: maksym.kolesnikov@tsatu.edu.ua; Пащенко Ю.П. E-mail: yuliia.paschenko@tsatu.edu.ua



Колесніков М.О., Пащенко Ю.П. Продукційний процес гороху посівного (*Pisum sativum* L.) за дії Ризогуміну та біостимуляторів в умовах Південного Степу України. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 24–35.

Kolesnikov M., Pashchenko Yu. The production process of peas (*Pisum sativum* L.) under the influence of Ryzohumin and biostimulants in the Southern Steppe of Ukraine «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 24–35.

Рукопис отримано: 11.01.2022 р.

Прийнято: 26.01.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-24-35

Одним з небажаних наслідків інтенсифікації агровиробництва є погіршення родючості ґрунтів, послаблення резистентності культур. Застосування комплексів мікробіологічних препаратів та біостимуляторів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур стимулює ростові процеси, оптимізує мінеральне живлення, збільшує врожайність у несприятливих умовах. Метою роботи було з'ясування особливостей окремого і сумісного впливу мікробіологічного препарату Ризогумін та біостимуляторів (Стимпо, Регоплант) на ріст, розвиток, фотоасиміляційний апарат та процеси формування врожайності гороху посівного сорту Девіз в умовах Південного Степу України.

Під час досліду підраховували кількість кореневих бульбочок, визначали індекс листкової поверхні, вміст хлорофілу, розраховували чисту продуктивність фотосинтезу. Проводили облік елементів структури біологічної врожайності посівів гороху.

Виявлено, що за сумісного застосування Ризогуміну з біостимуляторами (Стимпо, Регоплант) зростала чисельність кореневих бульбочок на рослинах гороху на різних фазах вегетації. Досліджувані препарати збільшили індекс листкової поверхні посівів гороху максимально в 1,5 раза впродовж вегетативного росту та в 1,6 раза в період генеративного розвитку. Сумісне застосування Ризогуміну з біостимуляторами дало змогу сформувати більшу площу листкової поверхні рослин гороху, ніж за роздільного застосування. У разі сумісної дії біостимулятора Стимпо з Ризогуміном чиста продуктивність фотосинтезу в періоді 5–6 прилистків–бутонізація перевищувала на 21–27 %, та у фазах цвітіння–бооутворення перевищувала на 7–14 % показник кращого варіанта за роздільного застосування препаратів.

Використання Ризогуміну, Стимпо та Регопланту сприяло збільшенню кількості бобів на рослинах на 22, 4 та 11 % відповідно та порівняно з контролем. Отримана біологічна врожайність гороху за сумісного застосування Ризогуміну зі Стимпо перевищувала на 12–14 %, а Ризогуміну з Регоплантом – на 6–11 %, порівнюючи з врожайністю варіантів посівів гороху, де окремо використовували досліджувані препарати. Отримані дані підтверджують перспективність подальшого дослідження продукційних процесів посівів гороху за дії біопрепаратів.

Ключові слова: горох посівний, біостимулятор, Ризогумін, Регоплант, Стимпо, фотоасиміляційний апарат, врожайність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Ефективність функціонування агропромислового комплексу нині базується на поєднанні інтенсифікації виробництва та екологічної безпеки. Використання необґрунтованих норм мінеральних добрив, засобів захисту рослин призводить до дегуміфікації ґрунтів, зниження кількості різних груп ґрунтових бактерій та їх фізіологічної активності, що спричиняє порушення структури агроценозів. З іншого боку, порушення агротехніки, використання посівного матеріалу низької якості, низький агрофон, несприятливі кліматичні умови, дії хвороб та шкідників знижують урожайність сільськогосподарських культур. Пошук та апробація ефективних і збалансованих агротехнологій вирощування культур, особливо в зоні ризикованого землеробства, до якої належить Південний Степ України, є актуальним завданням сучасного агропромисловства [1].

В Україні горох є найпоширенішою культурою, він здатний формувати досить високі і стабільні врожаї зерна порівняно з іншими зерновими бобовими культурами. В період з 2019 до 2021 років посівні площі під горохом в Україні скоротилися до 300 тис. га, однак ще у 2018 р. цей показник становив 431 тис. га.

Вагомим резервом покращення мінерального живлення рослин у сівозміні є використання азотфіксуючих, рістстимулювальних, адаптогенних біологічних препаратів. Завдяки мікробіологічним препаратам, створеним на основі активних штамів азотфіксуючих симбіотичних або асоціативних бактерій, можна значною мірою вирішити завдання з підвищення родючості ґрунтів, зростання врожайності сільськогосподарських культур та подолання проблеми дефіциту білкових ресурсів [2, 3]. Отже, пошук способів формування високопродуктивних бобово-ризобіальних систем, які б забезпечували зростання врожайності гороху, не спричиняли негативного впливу на родючість ґрунтів та навколишнє середовище, є перспективним напрямом досліджень.

Численні дослідження демонструють біологічні ефекти мікробіологічних препаратів на сільськогосподарські культури за умов передпосівної обробки насіння [4–8]. Показано вплив препаратів Ризобофіту і Ризогуміну, що містять активні штами мікроорганізмів роду *Rhizobium* на нут звичайний, які поліпшували азотне живлення рослин, в результаті цього стимулювали ріст стебла, формування листків та бобів на пагонах, збільшували сиру масу надземних органів, впливали на водотримувальну здатність листків [9, 10].

Інокуляція ризогуміном як окремо, так і в комплексі з регулятором росту і мікроелементом Молібден сприяла збільшенню у фазу бутонізації інокуляційної та азотфіксуючої активності у рослин сої [11].

Інокуляція насіння штамами асоціативних бактерій роду *Azotobacter*, як було показано [12, 13], також стимулювала ростові процеси, мінеральне живлення, захищала від низки інфекцій і підвищувала стійкість до несприятливих умов.

За результатами досліджень багатьох авторів, використання регуляторів росту (Стипто, Реоплант, Емістим, Трептолем та інші) способом передпосівної інкрустації насіння або фоліарними обробками на посівах гороху, сої, квасолі, нуту, люпину, кормових трав, злакових та овочевих культур сприяло значній активізації азотфіксації утворенням більш потужного бобово-ризобіального симбіозу, підвищувало якісні показники насіння і ростові процеси рослин, стимулювало накопичення мас вегетативних та генеративних органів, сприяло формуванню асиміляційної поверхні листків, скороченню термінів дозрівання, активувало метаболічні процеси, підвищувало стійкість до різного характеру захворювань, а також позитивно впливало на формування зернової продуктивності культур [14–18].

Біостимулятори та мікробіологічні препарати активно впливають на процеси клітинного дихання, реутилізації елементів живлення, функціонування фотосинтетичного апарату, синтез хлорофілу в листках, накопичення вуглеводів, що дає змогу рослинам швидше адаптуватися до умов дії стресів [19–21].

Низка досліджень вказують на наявність адитивної взаємодії або її відсутність між мікробіологічними препаратами та регуляторами росту рослин за їх комплексного застосування, що зумовлено проблемами у підборі мінімальних концентрацій фітогормонів, які б стимулювали діяльність мікроорганізмів та навпаки [22, 23].

Новизна роботи полягає у тому, що агробіологічні ефекти на продукційний процес зернобобових культур за сумісного застосування біостимуляторів та мікробіологічних препаратів у посушливих умовах півдня України з'ясовано недостатньо.

Метою дослідження було з'ясувати особливості окремого і сумісного впливу мікробіологічного препарату Ризогумін та біостимуляторів (Стипто, Реоплант) на ріст, розвиток, фотоасиміляційний апарат та процеси формування врожайності гороху посівного сорту Девіз в умовах Південного Степу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослід проводили з використанням насіння та рослин гороху посівного (*Pisum sativum* L.) середньостиглого сорту Девіз вусатого морфологічного типу в умовах дослідного поля ТДАТУ в 2019 році (м. Мелітополь).

Дослідні ділянки закладали на чорноземах південних наносних з вмістом гумусу (за Тюрніним) – 2,6%, азоту (за Корнфілдом) – 111,3 мг/кг, рухомого фосфору (за Чириковим) – 153,7 мг/кг, обмінного калію (за Чириковим) – 255 мг/кг. Це відповідає високому вмісту калію, підвищеному вмісту фосфору і низькому вмісту азоту. Реакція ґрунтового розчину нейтральна (рН водне 7,0, рН сольове 7,3). Профіль ґрунту не засолений легкорозчинними солями, але є слабосолонцюватим з вмістом обмінного натрію 7% від ЄКО.

Ризогумін – біодобриво, яке застосовують для бактеризації насіння гороху з метою поліпшення азотного живлення рослин і підвищення продуктивності культури. До складу препарату входять суспензія бульбочкових бактерій гороху *Rhizobium leguminosarum* 31 та фізіологічно активні речовини біологічного походження (ауксини, цитокиніни, амінокислоти, гумінові кислоти), мікроелементи в хелатованій формі і сполуки макроелементів у стартових концентраціях [24].

Біостимулятори Стимпо та Регоплант – композиційні поліфункціональні препарати, властивості яких обумовлені синергійним ефектом взаємодії продуктів життєдіяльності гриба-мікроміцета *Cylindrocarpum obtusiuculum* 680, виділеного з кореневої системи женьшеню (суміш амінокислот, вуглеводів, жирних кислот, полісахаридів, фітогормонів, мікроелементів) та аверсектинів – продуктів метаболізму ґрунтового *Streptomyces avermitilis* [25].

Насіння гороху перед сівбою обробляли за схемою: варіант 1 – контроль, насіння інкрустоване розчином Ліпосаму (5 мл/л робочого розчину); варіант 2 – насіння перед сівбою інкрустовали мікробіологічним препаратом Ризогумін (0,5 л/т); варіант 3 – Стимпо (25 мл/т) на розчині Ліпосаму (5 мл/л); варіант 4 – Регоплант (250 мл/т) на розчині Ліпосаму (5 мл/л); варіант 5 – Стимпо (25 мл/т) + Ризогумін (0,5 л/т) на розчині Ліпосаму; варіант 6 – Регоплант (250 мл/т) + Ризогумін (0,5 л/т) на розчині Ліпосаму. Після підсушування проводили сівбу у добре підготовлений ґрунт з нормою висіву 1,1 млн шт. схожих насінин/га. Позакореневі обробки проводили у фазу 2–3 прилистка та у фазу бутонізації з використанням рекомендованих норм для Стимпо – 20, Регоплант – 50 мл/га. Обприскування посі-

вів проводили у вечірній час з використанням ранцевого обприскувача з нормою використання робочого розчину 300 л/га. Відбір рослинних зразків та проб проводили у фази розвитку за кодом ВВСН 12-13 (2–3 пари прилистків), 15–16 (5–6 пар прилистків), 51–55 (бутонізації), 61–65 (цвітіння), 75–79 (бобоутворення).

Контролювали польову схожість насіння гороху. Підраховували кількість корневих бульбочок рослин гороху. Площу листового апарату визначали методом висічок та на підставі отриманих даних визначали індекс листової поверхні (ІЛП) посівів. Вміст хлорофілу визначали флуориметрично за допомогою N-тестеру (виробництво Японія, Yaga) та результати виражали в умовних одиницях. Розраховували чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) за фазами вегетації. Визначали елементи біологічної врожайності, зокрема: середню кількість рослин на 1 м², середню кількість бобів на 1 рослині, середню кількість насінин у бобі, масу 1000 насінин, вологість насіння, біологічну урожайність, розраховували господарський коефіцієнт. Облік біологічної врожайності посівів гороху проводили відповідно до загальноприйнятих в агробіології методик [26]. Результати дослідів опрацьовано статистично з розрахунком t-критерію Ст'юдента та найменшої істотної різниці (НІР₀₅). Статистичну обробку проведено із застосуванням панелі Microsoft Office Excel 2016 та Agrostat.

Результати дослідження та обговорення.

Під час дослідів було встановлено, що Стимпо, Регоплант та Ризогумін за умов роздільної передпосівної обробки насіння простимулювали утворення корневих бульбочок, чисельність яких зростає надійно вже у фазі ВВСН 12–13. Достовірне збільшення чисельності бульбочок за умов сумісного застосування Ризогуміну та біостимуляторів Стимпо і Регоплант на 11,7 та 15,8% відповідно зафіксовано у фазі ВВСН 51-55. Максимум чисельності бульбочок на коренях гороху сягнула у фазі цвітіння (рис. 1).

Якщо максимальну кількість бульбочок у контрольному варіанті було відмічено у фазу цвітіння і сягнуло 35,7 шт./роsl., то в разі застосування біостимуляторів та мікробіологічного препарату максимальна кількість бульбочок у зазначеній фазі становило в межах 46–49 шт./роsl. У період цвітіння достовірно підвищену чисельність корневих бульбочок було зафіксовано як за сумісного застосування біостимуляторів Стимпо і Регоплант з Ризогуміном, так і у варіантах їх окремого застосування.

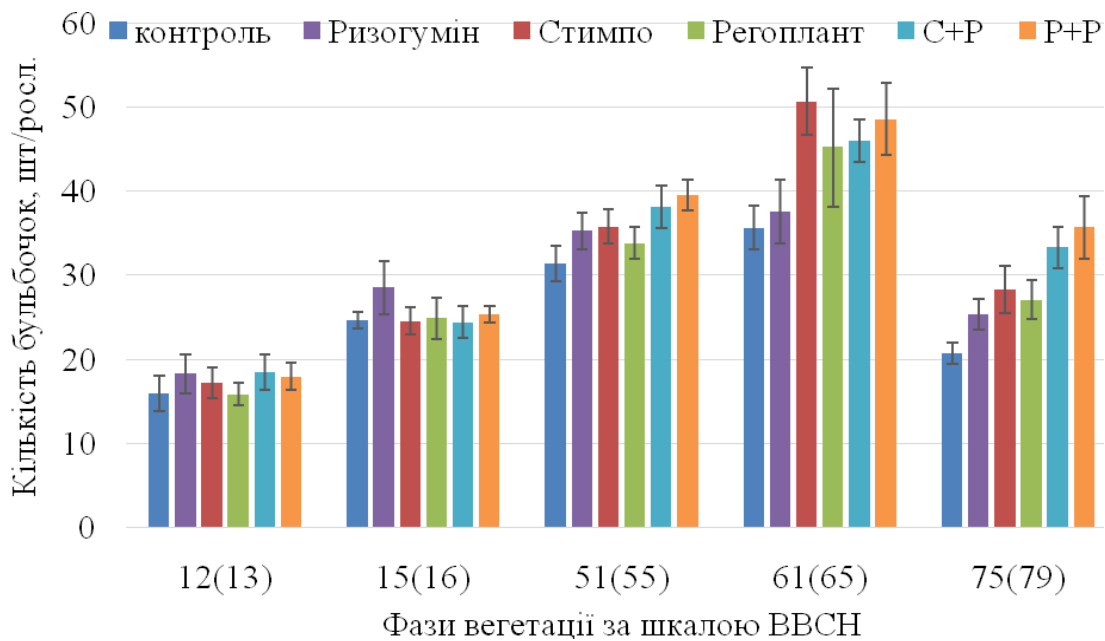


Рис. 1. Кількість бульбочок (шт/роsl.) на кореневій системі рослин гороху за дії Ризогуміну та біостимуляторів (Стимпо, Регоплант) упродовж вегетації, 2019 р.

Так, у період бобоутворення гороху подібна тенденція зберігається. Кількість бульбочок на коренях рослин гороху за умов окремого використання Ризогуміну, Стимпо і Регопланту зростала відповідно на 22,7, 36,7, 30,9 % порівняно з контролем.

Стимпо та Регоплант сумісно з Ризогуміном достовірно підвищили чисельність бульбочок на 33–40 % до фази ВВСН 75-79 порівняно з варіантами, де зазначені препарати використовували окремо.

Обробка насіння гороху та позакореневі обробки біостимуляторами Стимпо, Регоплант та Ризогуміном упродовж вегетації забезпечили збільшення ІЛП максимально в 1,5 раза в період вегетативного росту та в 1,6 раза в період генеративного розвитку. За сумісного застосування біопрепаратів зафіксовано активніше формування площі листової поверхні рослин гороху, ніж за роздільного застосування (рис. 2).

Так, у варіантах посівів гороху з сумісною дією Стимпо та Ризогуміну показник ІЛП перевищував значення у варіантів з роздільною дією препаратів на 10–27 % у фазу 5–6 прилистків, на 41–50 % у фазу бутонізації, на 13 % у фазу цвітіння та на 22 % у фазу бобоутворення. За сумісної дії Регопланту та Ризогуміну ІЛП посівів гороху збільшувався на 17 % у фазу 5–6 прилистків, на 16 % у фазу бутонізації, на 10–20 % у фазу цвітіння та на 9–16 % у

фазу бобоутворення порівняно з варіантами, де рослини обробляли препаратами окремо.

Дія біостимуляторів та мікробіологічного препарату Ризогумін на вміст хлорофілу в прилистках гороху мала невиразний характер (рис. 3).

Упродовж вегетативного розвитку рослин вміст хлорофілу в прилистках рослин поступово зростав. Під час дослідження відмічено зростання вмісту хлорофілу від 2 до 9 % як за роздільного, так і сумісного застосування препаратів. Однак, починаючи з фази бутонізації та до фази бобоутворення, зафіксовано достовірне перебільшення вмісту хлорофілу в прилистках гороху за сумісної дії препаратів на 2,6–3,4 % порівняно з варіантами, де було застосовано окрему обробку рослин препаратами.

Упродовж вегетації гороху значення ЧПФ поступово зростали. Максимальні значення ЧПФ у міжфазний період бутонізація–цвітіння гороху становили в межах 15–25 г/(см²*добу) (рис. 4).

Упродовж наступного періоду вегетації 2019 року відмічено зниження інтенсивності накопичення сухої речовини. Мінімальні показники ЧПФ спостерігали між фазами 2(3) – 5(6) прилистків, які становили 5–6 г/(см²*добу). У цей період статистично значущої різниці між варіантами з окремим або сумісним використанням препаратів не виявлено. Однією із

причин цього є несприятливий температурний режим на початкових стадіях формування листового апарату рослин гороху. Встановлено, що у разі сумісної дії біостимуляторів Стимпо з мікробіологічним препаратом Ризогумін

ЧПФ між фазами 5–6 прилистків та бутонізації перевищувала на 21–27 % та між фазами цвітіння і бобоутворення перевищувала на 7–14 % показник кращого варіанта за роздільного застосування препаратів.

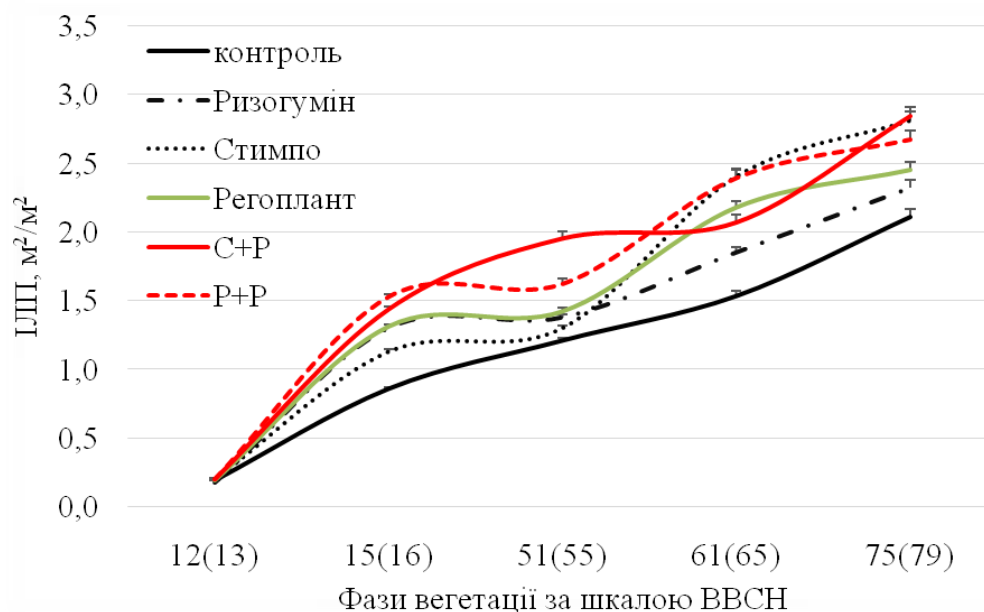


Рис. 2. Зміни індексу листової поверхні ($\text{м}^2/\text{м}^2$) посівів гороху за дії Ризогуміну та біостимуляторів (Стимпо, Регоплант) упродовж вегетації, 2019 р.

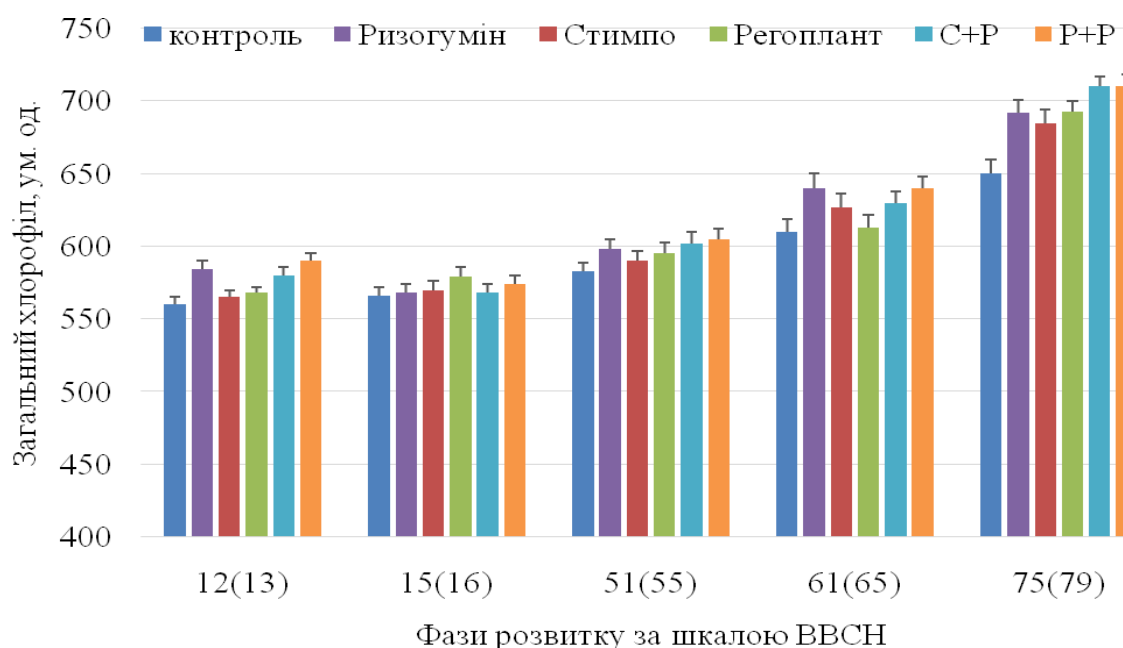


Рис. 3. Зміни вмісту загального хлорофілу в листках гороху (ум. од.) за дії Ризогуміну та біостимуляторів (Стимпо, Регоплант) упродовж вегетації, 2019 р.

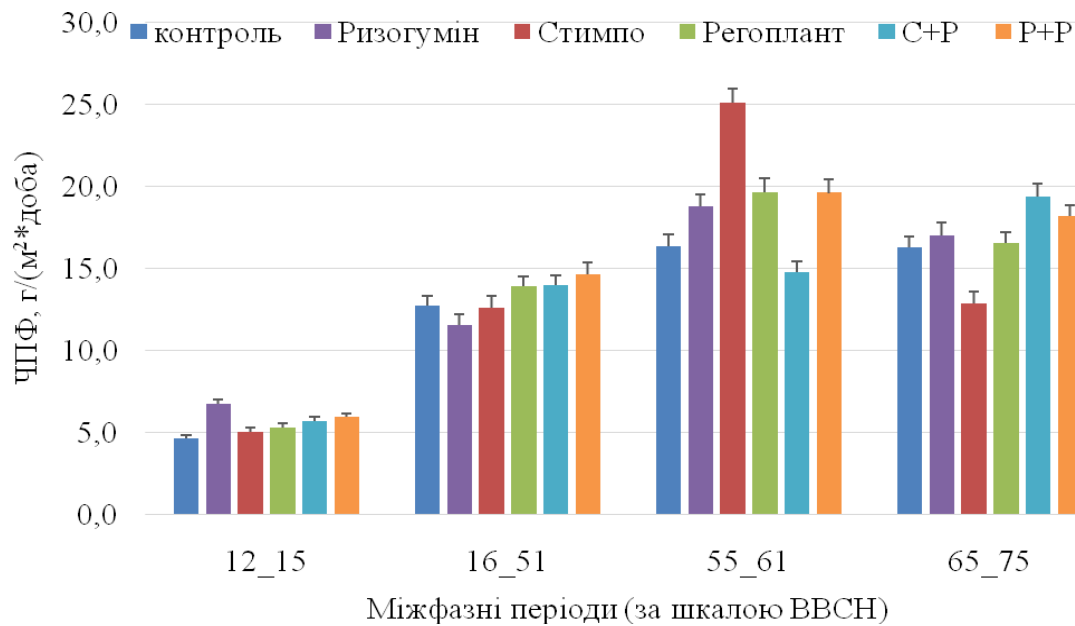


Рис. 4. Зміни ЧПФ посівів гороху ($\text{г}/\text{м}^2 \times \text{добу}$) за дії Ризогуміну та біостимуляторів (Стимпо, Регоплант) упродовж вегетації.

Таблиця 1 – Елементи структури врожайності посівів гороху сорту Девіз під впливом Ризогуміну та біостимуляторів, 2019 р.

Показники	варіанти						HP_{05}
	контроль	Ризогумін	Стимпо	Регоплант	Ризогумін + Стимпо	Ризогумін+ Регоплант	
Кількість бобів на рослині, шт	2,7	3,3	2,8	3,0	3,3	3,3	0,3
Кількість насіннин у бобі, шт	2,8	2,6	2,8	3,0	2,9	3,0	0,2
Маса 1000 насінин, г	238,1	238,9	245,7	237,7	240,3	242,2	2,1
Біологічна врожайність, ц/га	20,1	20,7	21,0	21,7	23,7	22,9	1,3
Коефіцієнт господарський	0,479	0,492	0,468	0,476	0,514	0,509	0,02

За даними таблиці 1 використання препаратів Ризогумін, Стимпо, Регоплант сприяло збільшенню кількості бобів на рослині на 22; 4 та 11 % відповідно та порівняно з контролем. Це зумовлено тим, що біопрепарати подовжували фазу цвітіння гороху, зменшували втрати квіток на верхніх ярусах рослин, що сприяло збільшенню загальної кількості бобів, що зав'язалися.

Сумісна дія біостимуляторів з Ризогуміном не збільшувала кількість бобів на рос-

линах гороху порівняно з варіантом окремого використання Ризогуміну. Під час дослідження сумісна обробка рослин біостимуляторами та мікробіологічним препаратом Ризогумін не зумовлювала достовірних змін кількості насіннин у бобі, яка коливалася за варіантами від 2,6 до 3,0 шт в 1 бобі. Зафіксовано також, що за сумісної обробки рослин гороху Регоплантом з Ризогуміном маса 1000 насінин збільшувалася на 1,5–1,9 % порівняно з окремим застосуванням препаратів.

Отримана біологічна врожайність гороху за роздільного застосування препаратів Ризо-гумін, Стимпо, Регоплант становила відповідно 20,7; 21,0; 21,7 ц/га, що перевищувало врожайність контрольних посівів, яка становила 20,1 ц/га. Тимчасом за сумісного застосування Ризогуміну та Стимпо врожайність становила 23,7 ц/га та Ризогуміну з Регоплантом – 22,9 ц/га, що перевищувало на 12–14 та 6–11 % відповідно показники врожайності посівів гороху всіх інших варіантів.

Процес біологічної фіксації атмосферного азоту діазотрофами має важливе значення для збереження родючості ґрунтів, поліпшення їх екологічного стану [27]. Накопичений біологічний азот за взаємодії з рослинами забезпечує підвищення вмісту білка в зернобобовій продукції та збільшення врожайності наступних культур у сівозміні. Це стає важливим і в умовах дії несприятливих абіотичних чинників середовища (високі температури, посухи, засоленість ґрунтів, порушення водного режиму ґрунту тощо), що є характерними для зони Південного Степу України. Так, у попередніх лабораторних та польових дослідженнях було доведено ефективність біостимуляторів Стимпо і Регоплант та їх комплексів з мікробіологічними препаратами за вирощування низки культур в умовах Південного Степу України [18, 19, 22], що підтверджує результати цього дослідження.

Виявлені зміни у ростових процесах рослин гороху за дії Ризогуміну та біостимуляторів зумовлені оптимізацією їх живлення, що є результатом утворення активної бобово-ризобіальної системи, яка впливала на трофічну регуляцію ростових процесів. У ґрунті дослідних ділянок були наявні місцеві раси бульбочкових бактерій, які спонтанно інокулювали корені рослин контрольного варіанта. Симбіотичні системи, що утворилися на коренях рослин інокульованих Ризогуміном, були потужніші, покращували азотне живлення рослин і відповідно впливали на ростові процеси [20].

Слід зазначити, що фітогормональні речовини, які містяться у складі досліджуваних біостимуляторів, впливали на формування та функціонування симбіотичної системи гороху і сприяли підвищенню його продуктивності. Відомо, що низка регуляторів росту підвищують нітрогеназну активність діазотрофів [28].

Кількість накопиченої органічної матерії, отже і продуктивність фотосинтезу, визначається ступенем сформованості листкового апарату. Оптимізація азотного живлення завдяки утворенню додаткової кількості ризобій у разі застосування мікробіологічного та біопрепа-

ратів позитивно впливає на ростові процеси і формування фотоасиміляційної поверхні посівів гороху [5, 15, 19].

Згідно з результатами досліджень, проведених у різних агрокліматичних зонах України, відомо, що оптимальна площа листової поверхні для посівів гороху має становити 40 тис. м²/га. Якщо площа листової поверхні менша, то оптико-біологічна структура посіву не оптимізована, тому ФАР використовується не раціонально. Однак і більша площа листової поверхні є небажаною, оскільки унаслідок взаємозатіннення значна частина листків у нижньому ярусі обпадає, а решта працює неефективно [29]. Слід зазначити, що покращене азотне живлення рослин гороху завдяки інокуляції Ризогуміном та обробками біостимуляторами суттєво збільшило ІЛП дослідних посівів гороху.

У межах проведеного дослідження неможливо стверджувати про наявність виразного синергістичного ефекту між біостимуляторами та мікробіологічним препаратом Ризогумін у напрямі впливу на процеси синтезу та накопичення фотосинтетичних пігментів. Інколи вміст хлорофілу за сумісної дії препаратів залишався на рівні, визначеному для варіантів гороху з роздільним використанням біостимуляторів та мікробіального препарату, або навіть нижче.

Спрямованість процесу накопичення сухої речовини та перерозподіл між продукуючою та зберігаючою системами є однією з оцінок рівня продуктивності. Точнішу інформацію про особливості продукційного процесу можна було отримати за допомогою визначення акумуляції сухої речовини рослинами впродовж вегетаційного періоду. Однак зміни чистої продуктивності фотосинтезу мали коливальний характер, і достовірне збільшення ЧПФ за сумісного використання Ризогуміну з біостимуляторами відмічали на різних стадіях онтогенезу.

У низці робіт звертають увагу на комплексне застосування мікробіологічних та біостимулювальних препаратів. Сумісна дія двох і більше компонентів у рекомендованих виробником концентраціях часто призводить до нівелювання аддитивного ефекту, що, імовірно, зумовлено ефектом гормезису через ефекти спричинені передозуванням фізіологічно активних сполук. Отже, питання сумісного застосування мікробіологічних препаратів та стимуляторів росту залишається дискусійним та потребує врахування оптимального забезпечення рослин фізіологічно активними речовинами в подібних технологіях [8, 22, 23, 30].

Продукційний процес та формування врожаю зернобобових культур визначається рівнем надходження поживних елементів та

використанням їх разом з фотоасимілятами і органічними продуктами симбіотичної азотфіксації під час онтогенезу рослин. Отже, підвищення продуктивності фотосинтезу і азотфіксації у досліджуваного сорту гороху сприяло збільшенню врожайності зерна. Аналізуючи елементи структури врожаю гороху, видно, що збільшення продуктивності відбувається завдяки утворенню більшої кількості квіток і бобів на рослинах гороху за умов сумісного застосування Ризогуміну та біостимуляторів.

Висновки. За сумісного застосування мікробіологічного препарату Ризогумін з біостимуляторами (Стимпо, Регоплант) відмічено збільшення чисельності кореневих бульбочок на рослинах гороху на різних фазах вегетації.

Сумісне застосування Ризогуміну з біостимуляторами дало змогу сформувати більшу площу листкової поверхні рослин гороху та збільшити ЧПФ у період генеративного розвитку, ніж за роздільного застосування.

Використання досліджуваних препаратів сприяло збільшенню кількості бобів на рослині. Біологічна врожайність гороху за роздільного застосування препаратів Ризогумін, Стимпо, Регоплант незначно перевищувала врожайність контрольних посівів. Сумісне використання Ризогуміну з біостимуляторами Стимпо і Регоплант підвищувало врожайність гороху максимально на 14 %, порівняно з варіантами окремих обробок посівів досліджуваними препаратами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Січкач В.І. Стан і перспективи розвитку виробництва зернобобових культур у світі та Україні. Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту-Національного центру насіннезнавства та сортовивчення. 2015. Вип. 26 (66). С. 9–20. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Znpsgi_2015_26_3.pdf
2. Петриченко В.Ф., Коць С.Я. Симбіотичні системи у сучасному сільськогосподарському виробництві. Вісник НАН України. 2014, № 3. С. 57–66. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/69186/08-Petrychenko.pdf?sequence=1>
3. Моргун В.В., Коць С.Я. Симбіотична азотфіксація та її значення в азотному живленні рослин: стан і перспективи досліджень. Физиология и биохимия культ. растений. 2008. Т. 40, № 3. С. 187–205.
4. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобиальный симбиоз: и 4 т. / Коць С.Я. и др. Киев: Логос, 2010. Т. 1. 508 с.
5. Остапчук М.О., Поліщук І.С., Мазур В.А. Мікробіологічні препарати – складова органічного землеробства. Землеробство: збірник наукових

праць ВНАУ. №7 (47). 2011. С. 11–16. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/3703.pdf>

6. Chen W.F. Usage of rhizobial inoculants in agriculture. Ecology and Evolution of Rhizobia. Springer, Singapore, 2019. P. 221–247. DOI: 10.1007/978-981-32-9555-1_10.

7. Application of bacterial biostimulants in promoting growth and disease prevention in crop plants / Pal G. et al. Biostimulants for Crops from Seed Germination to Plant Development. Academic Press, 2021. P. 393–410. DOI: 10.1016/B978-0-12-823048-0.00003-4.

8. Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture / Backer R. et al. Frontiers in plant science. 2018. Vol. 9. 1473 p. DOI: 10.3389/fpls.2018.01473.

9. Біометричні показники нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) сорту Скарб за впливу мікробіологічних препаратів / Пидя С.В. та ін. Ternopil bioscience. 2021. С. 101–104. URL: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/23481/1/Pyda_Motruk_Moskaliuk_Tryhuba.pdf

10. Процеси водообміну в люпину білого та люпину жовтого та впливу регуляторів росту рослин / Пидя С.В. та ін. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Біологія. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка. 2017. № 2 (69). С. 100–104. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/NZTNU_2017_2_19.pdf

11. Ефективність інокуляції насіння сої в умовах північно-східного лісостепу України / Протасов Д.М. та ін. Honcharivski Chytannya: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Sumy National Agrarian University. С. 101–103. URL: http://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/8919/1/Гончарівські%20читання_2021.pdf#page=101

12. Шерстобоева О.В., Вага Л.І. Вплив системи удобрення на біологічну активність штамів азотобактера з ґрунту агрофітоценозу пшениці озимої. Збалансоване природокористування. 2012. Вип. 1. С. 79–83. URL: http://natureus.org.ua/archive/2012/Збалансоване_природокористування_№_1_2012.pdf

13. Рокитянський А.Б. Вплив сумісного застосування гербіцидів різного класу небезпечності та біопрепарату Азотофіт-Р на чисельність фосфатомобілізуючих мікроорганізмів у чорноземі опідзоленому. Відновлення біотичного потенціалу агроєкосистем: матеріали II Міжнародної конференції. Дніпро. 2015. С. 166–169. <http://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/11046/1/%D0%A0%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D1%82%D1%8F%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%20%D0%90%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%84%D0%B8%D1%82.PDF>

14. Волгогон В.В., Сальник В.П. Значення регуляторів росту рослин у формуванні активних азотфіксувальних симбіозів та асоціацій. Физиология и биохимия культ. растений. 2005. Т. 37, № 3.

C. 187–197. URL: <http://www.frg.org.ua/en/journal/archive.htm>

15. Карпенко В.П., Івасюк Ю.І., Пригуляк Р.М. Функціональна активність листкового апарату сої за дії біологічних і хімічних препаратів. Біологічні студії. 2017. Т. 11 (3–4). С. 22–23. DOI: 10.30970/sbi.1103.

16. Influence of Plant Growth Regulators on Physiological Traits under Salinity Stress in Constrasting Rice Varieties (*Oryza sativa* L.) / Kanmani E. et al. International journal of current microbiology and applied sciences. 2017. Vol. 6 (5). P. 1654–1661. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.605.108.

17. Features of the anatomical structure of the autonomic organs and flax oil yield (*Linum usitatissimum* L.) at applications growth stimulants / Khodanitska, O.O. et al. Science Rise: Biological Science. 2019. Vol. 4(20). P. 35–40. DOI: 10.15587/2519-8025.2019.1883178.

18. Колесніков М.О., Пономаренко С.П. Вплив біостимуляторів Стимпо та Регоплант на продуктивність ячменю ярого. Збірник наукових праць «Агробіологія». Біла Церква, 2016. №1 (124). С. 82–87. DOI: 10.33245/2310-9270.

19. Колесніков М.О., Пашенко Ю.П. Дія біостимуляторів та мікробіологічних препаратів на формування кореневих бульбочок *Pisum sativum* L. в умовах південного степу України. Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових досліджень у виробництво: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Миколаїв: МНАУ, 2019. С. 26–27. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/8632/1/2.pdf>

20. Ефективність застосування мікробіологічних препаратів Ризобіофіт та Ризогумін за біометричними показниками бобів (*Faba bona Medic*) / Пида С.В. та ін. Збірник наукових праць «Агробіологія». Біла Церква, 2021. № 1. С. 115–121. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-115-121.

21. Dubey A., Kumar A., Khan M.L. Role of biostimulants for enhancing abiotic stress tolerance in Fabaceae plants. The Plant Family Fabaceae. Springer, Singapore, 2020. P. 223–236. DOI: 10.1007/978-981-15-4752-2_8.

22. Колесніков М.О., Пономаренко С.П., Пашенко Ю.П. Вплив біостимуляторів та мікробіологічного препарату на продукційний процес гороху посівного (*Pisum Sativum* L.) в умовах сухого степу України. Збірник наукових праць «Агробіологія». Біла Церква, 2020. №1. С. 57–66. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-57-66.

23. Microbial Biostimulants as Response to Modern Agriculture Needs: Composition, Role and Application of These Innovative Products. Plants / Castiglione A.M. et al. 2021. Vol. 10, 1533 p. DOI: 10.3390/plants10081533.

24. Біопрепарати на основі бульбочкових бактерій для підвищення урожайності бобових культур / Волкогон В.В. та ін. Посібник українського хлібороба. 2008. С. 118–119. URL: http://www.yuriev.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=31&lang=ua

25. Пономаренко С.П., Грицаенко З.М., Бабаянц О.В. Біорегулятори рослин. Рекомендації по застосуванню. К.: МНТЦ «Агробіотех». 2015. 35 с.

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

27. Tao K., Kelly S., Radutoiu S. Microbial associations enabling nitrogen acquisition in plants. Current opinion in microbiology. 2019. Vol. 49. P. 83–89. DOI: 10.1016/j.mib.2019.10.005

28. Bulgari R, Cocetta G, Trivellini A. Biostimulants and crop responses: a review. Biol Agric Hort. 2015. Vol. 31. P.1–17. DOI: 10.1080/01448765.2014.964649.

29. Implementing plant biostimulants and biocontrol strategies in the agroecological management of cultivated ecosystems / Le Mire G. et al. A review. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2016. Vol. 20. P. 299–313. DOI: 10.25518/1780-4507.12717.

30. Моргун В.В., Яворська В.К., Драгатов І.В. Проблема регуляторів росту у світі і її вирішення в Україні. Физиология и биохим. культ. раст. 2002. Т. 34, № 5. С. 371–375. URL: <http://www.frg.org.ua/en/journal/archive.htm>

REFERENCES

1. Sichkar, V.I. (2015). Stan i perspektyvy rozvytku vyrobnytstva zernobovovykh kultur u sviti ta Ukraini [State and prospects of increasing leguminous plants production in the world and in Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats Seleksiino-henetychnoho instytutu-Natsionalnoho tsentru nasinneznavstva ta sortovyvchennia [Proc. of Breeding and Genetic Institute of Seed science and varietal studies National centre], no. 26 (66), pp. 9–20. Available at: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Znpsgi_2015_26_3.pdf

2. Petrychenko, V.F., Koc', S.Ja. (2014). Symbiotychni systemy u suchasnomu sil's'kogospodars'komu vyrobnytctvi [Symbiotic systems in modern agricultural production]. Visnik NAN Ukrainy [Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine], no. 3, pp. 57–66. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/69186/08-Petrychenko.pdf?sequence=1>

3. Morgun, V.V., Koc', S.Ja. (2008). Symbiotychna azotfiksacija ta i'i' znachennja v azotnomu zhyvlenni roslyn: stan i perspektyvy doslidzhen' [Symbiotic nitrogen fixation and its importance in nitrogen nutrition of plants: status and prospects of research]. Fyzyologija y byohymija kul't. Rastenyj [Physiology and biochemistry of cultivated plants], Vol. 40 (3), pp. 187–205.

4. Koc', S.Ja., Morgun, V.V., Patyka, V.F., Dacenko, V.K., Krugova, E.D., Kirichenko, E.V., Mikhalkiv, L.M. (2010). Biologicheskaja fiksacija azota: bobovo-rizobial'ni'j simbioz [Biological nitrogen fixation: legume-rhizobial symbiosis]. Kyiv, Logos, Vol. 1, 508 p.

5. Ostapchuk, M.O., Polishuk, I.S., Mazur, V.A. (2011). Mikrobiologichni preparaty – skladova organ-

ichnogo zemlerobstva [Microbiological preparations are a component of organic farming]. Zemlerobstvo: zbirnyk naukovykh prac' VNAU [Agriculture: proc. of the VNAU], no. 7 (47), pp. 11–16. Available at: <http://repository.vnsau.org/getfile.php/3703.pdf>

6. Chen, W.F. (2019). Usage of rhizobial inoculants in agriculture. *Ecology and Evolution of Rhizobia*. Springer, Singapore, pp. 221–247. DOI: 10.1007/978-981-32-9555-1_10.

7. Pal, G. (2021). Application of bacterial biostimulants in promoting growth and disease prevention in crop plants. *Biostimulants for Crops from Seed Germination to Plant Development*. Academic Press, pp. 393–410. DOI: 10.1016/B978-0-12-823048-0.00003-4.

8. Backer, R., Rokem, S.J., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in plant science*. Vol. 9, 1473 p. DOI: 10.3389/fpls.2018.01473.

9. Pyda, S.V., Motruk, O.V., Moskaljuk, N.V., Tryguba, O.V. (2021). Biometrychni pokaznyky nutu zvyhajnygo (*Cicer arietinum* L.) sortu Skarb za vplyvu mikrobiologichnykh preparativ [Biometric indicators of common chickpea (*Cicer arietinum* L.) Treasure variety under the influence of microbiological preparations]. *Ternopil, bioscience-2021*, pp. 101–104. Available at: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/23481/1/Pyda_Motruk_Moskaliuk_Tryhuba.pdf

10. Pyda, S.V., Kobryn, I.M., Vakulenko, R.O., Moskaljuk, N.V. (2017). Procesy vodoobminu v ljupynu bilogo ta ljupynu bilogo ta ljupynu zhovtogo za vplyvu reguljatoriv rostu roslyn [Water exchange processes in white lupine and white lupine and yellow lupine under the influence of plant growth regulators]. *Naukovi zapysky Ternopil'skogo nacional'nogo pedagogichnogo universytetu imeni Volodymyra Gnatjuka. Biologija* [Scientific notes of Ternopil Nat. Pedagogical Univ. named after Volodymyr Hnatiuk. Biology]. Ternopil, no. 2 (69), pp. 100–104. Available at: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/NZTNPU_2017_2_19.pdf

11. Protasov, D.M., Sajko, V.M., Sakad'ol, P.O., Onychko, T.O. (2021). Efektyvnist' inokuljacji' nasinnja soi' v umovah pivnichno-shidnogo lisostepu Ukraïny [Efficiency of soybean seed inoculation in the conditions of the north-eastern forest-steppe of Ukraine]. *Honcharivski Chytannya: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Sumy National Agrarian University*. pp. 101–103. Available at: http://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/8919/1/Гончарівські%20читання_2021.pdf#page=101.

12. Sherstoboieva, O.V., Vaha, L.I. (2012). Vplyv systemy udobrennia na biolohichnu aktyvnist shtamiv azotobaktera z gruntu ahrofitotsenozu pshenytsi ozymoi [Influence fertilizer system on biological activity of soil strains *Azotobacter agrophytocenos* winter wheat]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia* [Balanced nature management], no. 1, pp. 79–83. Available

at: http://natureus.org.ua/archive/2012/Збалансоване_природокористування_№_1_2012.pdf

13. Rokytianskyi, A.B. (2015). Vplyv sumisnoho zastosuvannia herbicydiv riznoho klasu nebezpechnosti ta biopreparatu Azotofit-R na chyselnist fosfatmobilizuiuchykh mikroorhanizmiv u chornozemi opidzolenomu [Influence of co-application of herbicides of different hazard class and Azotofit-P biological preparation on the number of phosphatmobilizing microorganisms in podzol black soil]. *Vidnovlennja biotychnogo potencialu agroekosystem: materialy II Mizhnarodnoi' konferencii'* [Restoring biotic potential of agroecosystems: Proceeding of 2nd International scientific-practical conference]. Dnipro, pp. 166–169. Available at: <http://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/11046/1/%D0%A0%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D1%82%D1%8F%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%20%D0%90%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%84%D0%B8%D1%82.PDF>

14. Volkohon, V.V., Salnyk, V.P. (2005). Znachenia rehuljatoriv rostu roslyn u formuvanni aktyvnykh azotfiksuvalnykh symbioziv ta asotsiatsii [The importance of plant growth regulators in the formation of active nitrogen-fixing symbioses and associations]. *Fyziolohiya y byokhymia kult. Rastenyi* [Physiology and biochemistry of cultured plants], Vol. 37, no. 3, pp. 187–197. Available at: <http://www.frg.org.ua/en/journal/archive.htm>

15. Karpenko, V.P., Ivasiuk, Yu.I., Prytuliak, R.M. (2017). Funktsionalna aktyvnist lystkovoho aparatu soi za dii biolohichnykh i khimichnykh preparativ [Functional activity of soybean leaf apparatus in the action of biological and chemical preparations]. *Biolohichni studii* [Studia Biologica], Vol. 11(3-4), pp. 22–23. DOI: 10.30970/sbi.1103

16. Kanmani, E., Ravichandran, V., Sivakumar, R., Senthil, A., Krishna Surendar, K., Boominathan, P. (2017). Influence of Plant Growth Regulators on Physiological Traits under Salinity Stress in Constrasting Rice Varieties (*Oryza sativa* L.). *International journal of current microbiology and applied sciences*. Vol. 6 (5), pp. 1654–1661. DOI: 10.20546/ijemas.2017.605.108.

17. Khodanitska, O.O., Shevchuk, O.A., Tkachuk, O.O., Shevchuk, V.V. (2019). Features of the anatomical structure of the autonomic organs and flax oil yield (*Linum usitatissimum* L.) at applications growth stimulants. *Science Rise: Biological Science*. Vol. 4(20), pp. 35–40. DOI: 10.15587/2519-8025.2019.1883178.

18. Kolesnikov, M.O., Ponomarenko, S.P. (2016). Vplyv biostymuljatoriv Stympo ta Rehoplant na produktyvnist yachmenu yarohto [The effect of Stympo and Rehoplant biostimulators on spring barley productivity]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology], no. 1 (124), pp. 82–87. DOI:

19. Kolesnikov, M.O., Pashhenko, Ju.P., (2019). Dija biostymuljatoriv ta mikrobiologichnykh preparativ na formuvannja korenevnykh bul'bochok *Pisum sativum* L. v umovah pivdennoho stepu Ukraïny [The effect of biostimulants and microbiological drugs on the formation of root nodules *Pisum sativum* L. in the conditions of the southern steppe of Ukraine]. *Roz-*

vytok agrarnoi' galuzi ta vprovadzhennja naukovykh doslidzhen' u vyrobnyctvo: materialy Mizhnarodnoi' naukovy-praktychnoi' konferencii' [Development of the agricultural sector and implementation of research in production: Proceedings of the International scientific-practical conference]. Mykolayiv, MNAU, pp. 26–27. Available at: <http://clar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/8632/1/2.pdf>

20. Pyda, S.V., Kononchuk, O.B., Tryguba, O.V., Gurs'ka, O.V. (2021). Efektyvnist' zastosuvannja mikrobiologichnykh preparativ Ryzobofit ta Ryzogumin za biometrychnymy pokaznykamy bobiv (Faba bona Medic) [The effectiveness of Ryzobofit and Ryzohumin microbiological preparations use for beans biometric indicators (Faba bona Medic)]. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija» [Agrobiology], no. 1, pp. 115–121. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-115-121.

21. Dubey, A., Kumar, A., Khan, M.L. (2020). Role of biostimulants for enhancing abiotic stress tolerance in Fabaceae plants. The Plant Family Fabaceae. Springer, Singapore, pp. 223–236. DOI: 10.1007/978-981-15-4752-2_8.

22. Kolesnikov, M.O., Ponomarenko, S.P., Pashchenko, Yu.P. (2020). Vplyv biostymulatoriv ta mikrobiologichnogo preparatu na produktsiinyi protses horokhu posivnoho (Pisum Sativum L.) v umovakh sukhoho Stepu Ukrainy [The influence of biostimulants and microbiological preparation on the production process of peas (Pisum sativum L.) in the drought Steppe of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prac' "Agrobiologija" [Agrobiology], no. 1, pp. 57–66. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-57-66.

23. Castiglione, A.M., Mannino, G., Contartese, V., Berte, C.M., Ertani, A. (2021). Microbial Biostimulants as Response to Modern Agriculture Needs: Composition, Role and Application of These Innovative Products. Plants. Vol. 10, 1533 p. DOI: 10.3390/plants10081533.

24. Volkohon, V.V., Nadkernycha, O.V., Krutylo, D.V., Kovalevska, T.M. (2008). Biopreparaty na osnovi bulbochkovykh bakterii dlja pidvyshchennia urozhainosti bobovykh kultur [Biologicals based on tuber bacteria to increase the productivity of legumes]. Posibnyk ukrainskoho khliboroba [Handbook of Ukrainian farmers], pp. 118–119. http://www.yuriev.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=31&lang=ua

25. Ponomarenko, S.P., Hrytsaienko, Z.M., Babaiants, O.V. (2015). Biorehuliatory roslyn [Plant bioregulators]. Rekomendatsii po zastosuvanniu [Plant bioregulators. Application guidelines]. Kyiv, Ahrobiotekh, 35 p.

26. 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, TD Edelveis i K, 332 p.

27. Tao, K., Kelly, S., Radutoiu, S. (2019). Microbial associations enabling nitrogen acquisition in plants. Current opinion in microbiology. Vol. 49, pp. 83–89. DOI: 10.1016/j.mib.2019.10.005

28. Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A. (2015). Biostimulants and crop responses: a

review. Biol Agric Hortic. Vol. 31, pp. 1–17. DOI: 10.1080/01448765.2014.964649.

29. Le Mire, G., Nguyen, M.L., Fassotte, B., Du Jardin, P., Verheggen, F., Delaplace, P., Haissam Jijakli, M. (2016). Implementing plant biostimulants and biocontrol strategies in the agroecological management of cultivated ecosystems. A review. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. Vol. 20, pp. 299–313. DOI: 10.25518/1780-4507.12717.

30. Morhun, V.V., Yavorska, V.K., Drahovoz, I.V. (2002). Problema rehuliatoriv rostu u sviti i yii vyrishennia v Ukraini [The problem of growth regulators in the world and its solution in Ukraine]. Fyziolohyia y byokhym. kult. rast [Physiology and biochemistry of cultured plants], no. 34(5), pp. 371–375. Available at: <http://www.frg.org.ua/en/journal/archive.htm>

The production process of peas (*Pisum sativum* L.) under the influence of Ryzohumin and biostimulants in the Southern Steppe of Ukraine

Kolesnikov M., Pashchenko Yu.

Soil fertility deterioration and crop resistance weakening are among the undesirable consequences of the agricultural production intensification. The use of microbiological preparations and biostimulants complexes in the crops cultivation technology stimulates their growth processes, optimizes mineral nutrition, increases yields in adverse conditions. The paper aims to study the features of separate and joint influence of microbiological preparation Ryzohumin and biostimulants (Stimpo, Rehoplant) on growth, development, photoassimilating apparatus and yield formation processes in peas of Devis variety in the Southern Steppe of Ukraine.

During the experiment, the number of root nodules was calculated, the leaf area index, the content of chlorophyll were determined, and the netto-photosynthesis productivity was calculated. The structural elements of the biological productivity of pea crops were recorded.

It was established that the joint effect of Ryzohumin with biostimulants (Stimpo, Rehoplant) increased the number of root nodules on pea plants at different stages of the vegetation. The tested preparations increased the leaf area index of pea crops at maximum in 1.5 times during vegetative growth and in 1.6 times during generative development. The combined use of Ryzohumin with biostimulants allowed to form a larger area of the pea plants leaf surface than when was used in separate application. In the case of joint interaction of Stimpo with Ryzohumin, the productivity of netto-photosynthesis at the phase of 5–6 stipules-budding exceeded by 21–27 % and at the phase of flowering-bean formation exceeded by 7–14 % the best option with separate use of preparations.

The use of Ryzohumin, Stimpo and Rehoplant resulted in an increase in the number of beans on plants

by 22 %, 4 % and 11 %, respectively, and compared to the control. The obtained biological yield of peas under combined application of Ryzohumin with Stimpo exceeded by 12–14 %, and Ryzohumin with Rehoplant – by 6–11 %, comparing with the yield of pea crops, where the studied preparations were used separately.

The obtained data confirm the future perspective to research of the pea crops productive processes under the influence of biological preparations.

Key words: peas, biostimulator, Ryzohumin, Rehoplant, Stimpo, photoassimilation apparatus, yield.



Copyright: Колесніков М.О., Пащенко Ю.П. © 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.



ORCID iD:

Колесніков М.О.


Пащенко Ю.П.

<https://orcid.org/0000-0002-5254-841X>

<https://orcid.org/0000-0002-9398-447X>

УДК 631.95:631.8/821.1:633.853.494(447.81)

Інтенсивність емісії CO₂ з дерново-підзолистого ґрунту за різних доз меліорантів і удобрення ріпаку озимого у Західному Поліссі

Польовий В.М. , Ященко Л.А. , Ровна Г.Ф. , Гук Б.В. *Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН України* rivne_apv@ukr.net

Польовий В.М., Ященко Л.А., Ровна Г.Ф., Гук Б.В. Інтенсивність емісії CO₂ з дерново-підзолистого ґрунту за різних доз меліорантів і удобрення ріпаку озимого у Західному Поліссі. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 36–42.

Polovyi V., Yashchenko L., Rovna H., Huk B. Intensity of CO₂ emissions from sod-podzolic soil at different doses of ameliorants and fertilization of winter rape in Western Polissia. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 36–42.

Рукопис отримано: 03.02.2022 р.

Прийнято: 18.02.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-36-42

Спостереження за інтенсивністю емісії CO₂ на дерново-підзолистому ґрунті у полі ріпаку озимого показали її залежність від систем удобрення, вапнування, сезонної динаміки температури повітря, умов зволоження та кислотності ґрунту. В літній період відзначається зростання виділення діоксиду карбону, що пов'язано із максимальною біологічною активністю ґрунту.

Встановлено, що у фазу весняної розетки за внесення N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ і 0,5 дози Нг доломітового борошна інтенсивність емісії була найвищою – 121,3 і 130,1 мг CO₂/кг ґрунту/добу. Найменший показник випаровування діоксиду карбону (116 мг/кг ґрунту) зафіксовано за внесення 1,5 дози Нг доломітового борошна на фоні того самого удобрення.

Відмічено, що у фазу бутонізації та цвітіння за температури повітря 15,2–18,4 °С і запасу продуктивної вологи в 0–20 см шарі ґрунту 10,8–14,6 мм спостерігається зниження емісійних потоків діоксиду карбону за дії доломітового борошна на 5–20 % до контролю і на 6–23 % до фону N₁₂₀P₉₀K₁₂₀. У цей період вегетації культури спостерігали найнижчі потоки CO₂ із ґрунту – 100,9 мг/кг за внесення доломітового борошна у дозі 1,5 Нг на фоні удобрення за величини на контролі 105,7 мг CO₂/кг ґрунту/добу.

Подібну тенденцію виявлено у фазу технічної стиглості ріпаку озимого. За температури повітря 28,6 °С і запасу продуктивної вологи ґрунту 9,3 мм (0–20 см шар) показник емісії діоксиду вуглецю для зазначеної дози вапнування і удобрення був на рівні 60,3 мг CO₂/кг/добу.

Слід відзначити, що на контролі і за внесення N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ (фон) зниження кислотності дерново-підзолистого ґрунту до 4,1–4,0 од. рН_{KCl} спричинило збільшення рівня продукування ґрунтом CO₂ впродовж вегетації ріпаку. Доведено, що застосування доломітового борошна у дозі 1,5 Нг на фоні N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ зумовило повніший нейтралізуючий ефект і на 6,4–22,2 % зниження інтенсивності емісії CO₂.

Ключові слова: ріпак озимий, емісія CO₂, удобрення, меліоранти, кислотність ґрунту, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Ґрунтовий покрив є потужним резервом накопичення і зберігання органічного вуглецю у формі гумусових речовин, а також динамічним джерелом емісії CO₂. Зростання концентрації CO₂ призводить до підвищення глобальної температури повітря. Небезпечний

вплив підвищення CO₂ та температури в атмосфері у перспективі підсилюватиметься внаслідок збільшення його емісії через дефіцит вологи в ґрунтах.

Одним із основних показників родючості ґрунту є вміст у ньому органічної речовини та її найбільш цінного складника – гумусу, із за-

пасами якого тісно пов'язані агрофізичні, фізико-хімічні, біотичні та агрохімічні властивості ґрунту [1, 2].

Гумус забезпечує стійкість ґрунту до різноманітних проявів деградації і виснаження, переущільнення, забруднення та погіршення біологічної активності. У зв'язку з цим збереження вмісту гумусу в ґрунті є передумовою запобігання деградації, а показник вмісту органічного вуглецю у верхньому шарі – об'єктивним індикатором прояву деградації [3, 4].

Забезпечення ґрунту органічним карбоном безпосередньо пов'язано з кругообігом в ньому CO_2 . Процес накопичення карбону відбувається через розклад фітомаси, сформованої в процесі фотосинтезу, а розкладання органічних сполук проходить під час мінералізації з виділенням CO_2 в атмосферу [5].

Часова динаміка зміни інтенсивності діоксиду вуглецю під час вегетації рослин залежить від типу ґрунту, сільськогосподарської культури, температури ґрунту та повітря, вологоти, а також концентрації CO_2 в конкретний момент спостережень. Максимальні викиди CO_2 зафіксовано після етапу інтенсивного накопичення надземної маси рослинами [6].

Ґрунтове «дихання» є одним із головних компонентів циклу карбону наземних екосистем. Швидкість газообміну між ґрунтом і атмосферою коливається залежно від інтенсивності споживання кисню рослинами і продукування діоксиду карбону ґрунтовими мікроорганізмами [7].

Діоксид карбону з'являється у ґрунті переважно завдяки біологічним процесам, частково надходить із ґрунтових вод і в результаті десорбції з твердої та рідкої фази ґрунту [8].

Будь-яка інтенсифікація розкладу органічної речовини ґрунту збільшує концентрацію діоксиду карбону в атмосфері. Сільськогосподарські культури, більшість із яких активні лише частину року, фіксуючи CO_2 не можуть компенсувати його втрати з ґрунту [9, 10].

Органічний карбон є основним складником гумусу, а його обмін є показником екологічної рівноваги для ґрунтів з високим техногенним навантаженням [11]. Процес накопичення карбону відзначається через розклад фітомаси, а розкладання органічних сполук проходить під час мінералізації з виділенням CO_2 в атмосферу [12].

Мінеральні добрива впливають на зміну вмісту гумусу і мають як пряму, так і опосередковану дію. Вони здатні дещо підкислювати ґрунт, що призводить до підвищення розчинності гумусу і зростання його рухомості, однак на удобрених варіантах урожаї культури зро-

стають, формується більше рослинних решток, які є матеріалом для утворення гумусу в ґрунті. Застосування органічних і мінеральних добрив сумісно із хімічною меліорацією є основним чинником збереження родючості ґрунтів [13].

Результати досліджень інших авторів свідчать, що за дефіциту органічного карбону в агроєкосистемах знижується вміст гумусу та загалом погіршується гумусний стан ґрунту [14, 15].

Динаміка ґрунтових потоків діоксиду карбону тісно пов'язана з дією різноманітних абіотичних та біотичних чинників, тому експериментально складно визначити частку кожного чинника в загальному обсязі викиду діоксиду карбону [16].

Отже, дослідження динаміки зміни продукування діоксиду карбону за умов тривалого антропогенного впливу та інтенсивності його виділення залежно від способів використання ґрунту має важливий науковий інтерес.

Згідно з даними Національного кадастру антропогенних викидів парникових газів, найбільше накопичення CO_2 проходить через приріст біомаси лісу, а найбільші втрати відмічено з рілля [17].

Втрати карбону в орних ґрунтах через їх нераціональне використання перетворює їх на найбільш потужне джерело емісії діоксиду карбону [18, 19]. Ґрунти, багаті на органічну речовину, завжди виділяють його більше, ніж бідні [20]. Піщаний неудобрений ґрунт в середньому виділяє 2 кг/га/год CO_2 , суглинок – 4, чорноземі різних типів – від 10 до 25, середньоудобрений ґрунт – 5 кг/га/год CO_2 [21]. Найбільше CO_2 виділяється з ґрунту в період інтенсивного росту кореневої і вегетативної маси рослин та за сприятливих умов: вологості і температури [22].

У зв'язку із загрозою глобального потепління одним з актуальних завдань сучасності є отримання об'єктивних оцінок балансу вуглецю окремих регіонів. Сільське господарство, за впровадження відповідних технологій вирощування, може стати одним із найбільших поглиначів CO_2 з атмосфери. У разі добре вираженого депонування можна отримати не лише високі врожаї, але й запобігти ефекту глобального потепління.

Метою дослідження було вивчення особливостей емісії діоксиду вуглецю з дерново-підзолистого ґрунту за вирощування ріпаку озимого за різних доз меліорантів і удобрення.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в стаціонарному польовому досліді на дерново-підзолистому ґрунті в короткоротаційній сівозміні у полі ріпаку озимого. Технологія вирощування ріпаку озимого

загальноприйнята для зони Полісся. Захист від шкідників, хвороб і бур'янів проводили за інтенсивною технологією.

Схема досліду містила варіанти: без добрив (контроль); $N_{120}P_{90}K_{120}$ – фон; фон + $CaMg(CO_3)_2$ (0,5 Нг); фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг); фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,5 Нг); фон + $CaCO_3$ (1,0 Нг). У фізичній масі одинарній 1,0 дозі Нг відповідає 4,6 вапнякового та 3,8 т/га доломітового борошна.

Мінеральні добрива вносили згідно зі схемою досліду у формі аміачної селітри, амофосу, калію хлористого. Хімічні меліоранти застосовували перед закладанням стаціонарного досліду у формі доломітового ($CaMg(CO_3)_2$) і вапнякового борошна ($CaCO_3$), 1,0 Нг доза встановлена за рівнем гідролітичної кислотності досліджуваного ґрунту.

Закладання та проведення досліду, відбір проб, підготовку їх до аналізу проводили згідно з ДСТУ 4287:2007 та ДСТУ ISO 1164:2007, методичними вказівками та посібниками.

Моніторинг емісії CO_2 з ґрунту здійснювали в польових умовах упродовж вегетаційного періоду в основні фази росту і розвитку рослин та в лабораторних умовах. Для вимірювання продукування діоксиду вуглецю ґрунтом використовували польовий метод абсорбції CO_2 , відомий як метод Штатнова у модифікації Б. Н. Макарова. Зразки ґрунту відбирали згідно з методикою (ДСТУ 4287:2004) і в лабораторних умовах після лужної абсорбції визначали титруванням кількість CO_2 , виділеного з ґрунту.

Результати дослідження та обговорення. Дослідження процесів виділення діоксиду карбону показали, що продукування CO_2 зазнає значних коливань упродовж вегетаційного періоду в полі ріпаку озимого на фоні удобрення

і вапнування. Спостереження показали, що інтенсивність емісії CO_2 з дерново-підзолистого ґрунту збільшується у фазу утворення весняної розетки ріпаку на 23,7–37,0 мг CO_2 /кг ґрунту/добу, порівняно з контролем без добрив, де цей показник становив 93,1 мг CO_2 / кг ґрунту/добу (табл. 1).

У варіантах із внесенням одних мінеральних добрив і сумісно з 0,5 дози Нг вапнякових меліорантів інтенсивність емісії була найвищою і становила 121,3 і 130,1 мг CO_2 /кг ґрунту/добу. Найнижчий показник емісії CO_2 на рівні 116,8 мг CO_2 /кг ґрунту у цю фазу відзначено за внесення мінеральних добрив у поєднанні із 1,5 дозою Нг вапнякових меліорантів.

У фазу бутонізації і цвітіння за температури повітря 15,2–18,4 °С та вологості ґрунту в 0–20 см шарі 10,8 і 14,8 мм спостерігається зниження інтенсивності емісії CO_2 на варіантах з хімічною меліорацією доломітовим борошном до 87,6 і 102,6 та 100,9 і 111,4 мг CO_2 /кг ґрунту відповідно до контролю 109,5 і 105,7 мг CO_2 /кг ґрунту.

Перед збиранням, у фазу технічної стиглості інтенсивність емісії CO_2 знаходилась у межах 60,3–77,5 мг CO_2 /кг ґрунту. За температури повітря 28,6 °С і вологості ґрунту 9,3 мм найменшим цей показник був на варіанті з внесенням 1,5 дози доломітового борошна, тимчасом за 1,0 дози вапна та на фоні мінерального удобрення зріс до 66,6 і 77,5 мг CO_2 /кг ґрунту відповідно (рис. 1).

Низка досліджень свідчать, що підвищення кислотності ґрунтового розчину на ясно-сірому лісовому поверхнево-оглеєному ґрунті спричиняло зростання емісійних потоків діоксиду карбону до 53,3 ppm/хв на контролі та 35,0 ppm/хв за мінерального удобрення [23].

Таблиця 1 – Динаміка емісії CO_2 під ріпаком озимим залежно від удобрення та хімічних меліорантів, мг CO_2 / кг ґрунту/добу, (2017–2020 рр.)

Варіант	Фази росту і розвитку				
	утворення весняної розетки	бутонізація	цвітіння	утворення стручків	технічна стиглість
Без добрив – контроль	93,1	109,5	105,7	116,7	66,9
$N_{120}P_{90}K_{120}$ - фон	121,3	113,2	107,1	127,8	77,5
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (0,5 Нг)	130,1	87,6	111,1	129,5	65,8
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг)	120,1	91,8	111,4	130,6	69,2
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,5 Нг)	116,8	102,6	100,9	115,9	60,3
Фон + $CaCO_3$ (1,0 Нг)	131,8	110,2	116,3	130,3	66,6
$ННР_{05}$	4,91	4,65	3,59	4,11	3,37

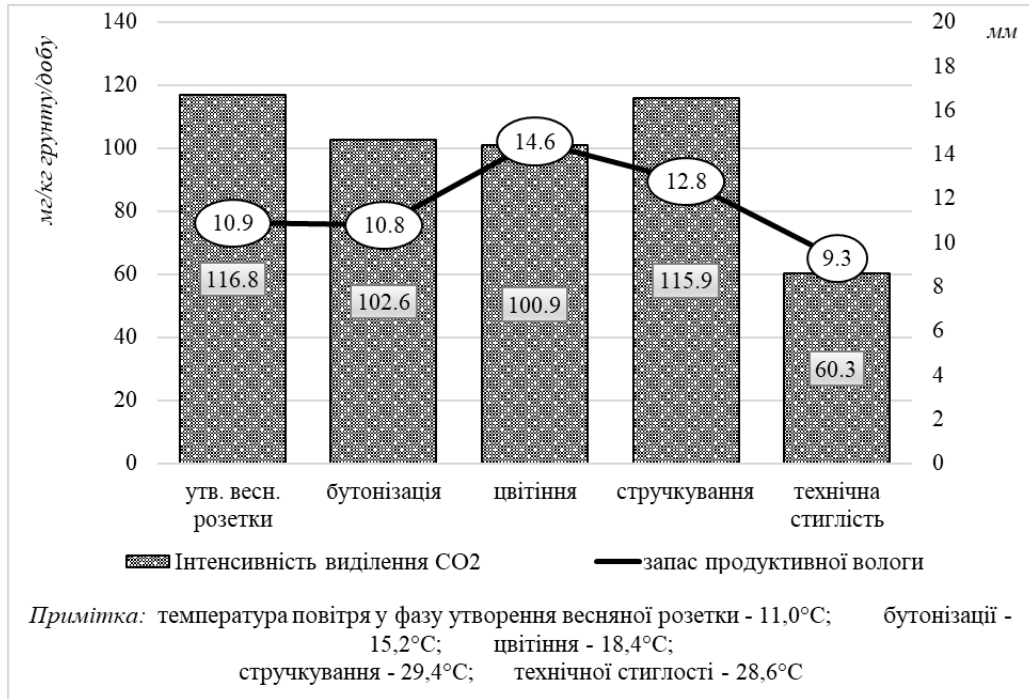


Рис. 1. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під ріпаком озимим на варіанти з внесенням 1,5 дози доломітового борошна на фоні N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ залежно від температури повітря та вологості ґрунту.

Встановлено, що у полі ріпаку озимого на дерново-підзолистому ґрунті зі зниженням рН_{KCl} 4,10 і 4,00 на контролі і за внесення лише мінеральних добрив N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ відповідно впродовж вегетаційного періоду в окремі фази росту і розвитку прослідковується збільшення рівня продукування ґрунтом CO₂,

тимчасом за хімічної меліорації доломітовим борошном 1,5 дози Нг спостерігається повніший нейтралізуючий ефект і зниження інтенсивності емісії діоксиду карбону з ґрунту на 6,4–22,2 % упродовж вегетаційного періоду від фази бутонізації до технічної стиглості (рис. 2).

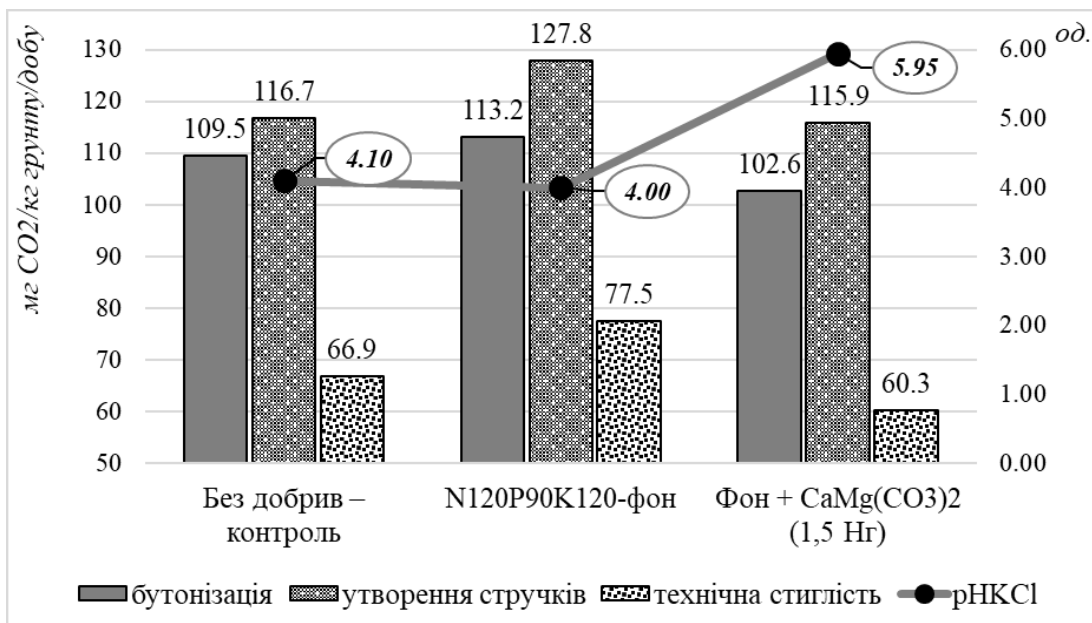


Рис. 2. Динаміка виділення CO₂ під ріпаком озимим та кислотність ґрунту залежно від удобрення та хімічної меліорації.

Висновки. За результатами досліджень в умовах Західного Полісся на дерново-підзолистому ґрунті на час утворення весняної розетки ріпаку озимого за одностороннього внесення мінеральних добрив $N_{120}P_{90}K_{120}$ та їх поєднання з 0,5 дози Нг вапнякових меліорантів інтенсивність виділення була найвищою і становила 121,3 і 130,1 мг CO_2 /кг ґрунту/добу. У фазу бутонізації і цвітіння прослідковується зниження емісії CO_2 на варіантах із хімічною меліорацією доломітовим борошном до 87,6 і 102,6 мг CO_2 /кг ґрунту/добу за показників на контролі 100,9 і 111,4 мг CO_2 /кг ґрунту/добу відповідно. Перед збиранням у фазу технічної стиглості потужність потоків втрати CO_2 знаходилась у межах 60,3–77,5 мг CO_2 /кг ґрунту. Отже, для збереження екологічної стабільності та високої продуктивності дерново-підзолистого ґрунту внесення доломітового борошна у дозі 1,5 Нг на фоні $N_{120}P_{90}K_{120}$ за вирощування ріпаку озимого сприяє секвестрації карбону в органічній речовині і відповідно зменшує емісійні потоки CO_2 із ґрунту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Soil as a Basic Nexus Tool: Soils at the Center of the Food–Energy–Water Nexus / Lal R. et al. *Curr Sustainable Renewable Energy*. 2017. Rep 4. P. 117–129. DOI: 10.1007/s40518-017-0082-4.
2. The Molecular Composition of Humus Carbon: Recalcitrance and Reactivity in Soils. The Future of Soil Carbon, Its Conservation and Formation / Piccolo A. et al. Publisher: Academic Press. Edition 1st. 2018. Chapter 4. P. 87–124. DOI: 10.1016/B978-0-12-811687-6.00004-3.
3. Новітні інтегративні методи дослідження стабілізації органічного вуглецю за різного обробітку ґрунту / Попірний М.А. та ін. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. № 90. С. 13–28. DOI: 10.31073/acss90.
4. Ткачук В.П., Трофименко П.І. Вміст гумусу за різного використання дерново-підзолистого супіщаного ґрунту та обсяги емісійних втрат CO_2 . Наукові доповіді НУБіП України. 2020. №2 (84). DOI: 10.31548/dopovidi2020.02.
5. Net ecosystem production: A comprehensive measure of net carbon accumulation by ecosystems / Randerson J.T. et al. *Ecological Applications*. 2002. № 12. P. 937–947. URL: <https://andrewsforest.oregonstate.edu/sites/default/files/lter/pubs/pdf/pub3124.pdf>.
6. Трофименко П.І. Газовий склад надґрунтового шару повітря атмосфери та його роль у формуванні обсягів емісії газів із ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2018. № 103. С. 227–235. URL: http://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103_2018.pdf
7. Trumbore S. Carbon respired by terrestrial ecosystems – recent progress and challenges. *Global Change Biology*. 2006. Vol. 12. P. 141–153. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01067.x
8. Запаси органічного вуглецю у дерново-підзолистих орних ґрунтах Полісся України / Трофименко П.І. та ін. *Вісник ЖНА-ЕУ*. 2016. №1. Т. 1. С. 46–52. URL: http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5702/1/VZNAU_2016_1_1_46-52.pdf
9. Параметризація змін вмісту органічного вуглецю залежно від системи удобрення / Ревтьє-Уварова А.В. та ін. *Вісник аграрної науки*. 2020. №11. С. 16–23. DOI: 10.31073/agroviznyk202011-02
10. Schlesinger W.H., Andrews J.A. Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*. 2000. Vol. 48. P. 7–20. DOI: 10.1023/A:1006247623877
11. Сайко В.Ф. Проблеми забезпечення ґрунтів органічною речовиною. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 11. С. 5–8.
12. Agren G.I., Hyvonen R., Nilsson T. Are Swedish forest soils sinks or sources for CO_2 – model analyses based on forest inventory data. *Biogeochemistry*. 2007. № 82. P. 217–227. DOI: 10.1007/s10533-007-9151-x.
13. Сябрук О. Сезонна динаміка продукування CO_2 та обсяги втрат вуглецю ґрунту за різних способів обробітку, систем землеробства та удобрення. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Агронімія. 2013. №17(1). С. 130–137. URL: <http://visnuk.kl.com.ua/joom/arkhiv-nomeriv/ahronomiia.html>.
14. Коваленко С.А., Матухно Ю.Д., Мукосій М.П. Зміни показників балансу гумусу у ґрунтах сільськогосподарських угідь Чернігівської області. *Агроекологічний журнал*. 2013. №3. С. 52–56.
15. Мельничук А.О., Тараріко М.Ю. Цикл вуглецю та азоту за різних систем удобрення в сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті в Поліссі. Збалансоване природокористування. 2015. №1. С. 53–56. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2015_1_14.
16. Наумов А.В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 208 с.
17. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990–2013 гг. Киев, 2015. 569 с.
18. Кравчук В., Павлишин М., Гусар В. Сучасні агротехнології та «гнучкі механізми» Київського протоколу. *Техніка і технології АПК*. 2013. №5. С. 29–33.
19. Эмиссия диоксида углерода из агросерых почв при изменении климата / Ларионова А.А. и др. *Почвоведение*. 2010. №2. С. 186–195.
20. Трускавецький Р.С., Шимель В.В. Порухнення газорегуляторних функцій гідроморфних ґрунтів під впливом дренажу та обробітку. *Вісник ХНАУ «Ґрунтознавство»*. 2001. №3. С. 152–156.
21. Дыхание корней и его вклад в эмиссию CO_2 из почвы / Ларионова А.А. и др. *Почвоведение*. 2003. № 2. С. 183–194.
22. Subke J.-A., Bahn M. On the Temperature Sensitivity of soil respiration: Can we use the immeasurable to predict the unknown? *Soil Biology*

and Biochemistry. 2010. Vol. 42. P. 1653–1656. DOI: 10.1016/j.soilbio.2010.05.026

23. Гумусний стан та емісія діоксиду вуглецю в агроекосистемах / Снітинський В.В. та ін. Агро-екологічний журнал. 2015. №1. С. 53–58.

REFERENCES

1. Lal, R., Mohtar, R.H., Assi, A.T., Ray, R., Baybil, H., Lahn, M. (2017). Soil as a Basic Nexus Tool: Soils at the Center of the Food–Energy–Water Nexus. *Curr Sustainable Renewable Energy. Rep 4*. pp. 117–129. DOI: 10.1007/s40518-017-0082-4.

2. Piccolo, A., Spaccini, R., Drosos, M., Vinci, G., Cozzolino, V. (2018). The Molecular Composition of Humus Carbon: Recalcitrance and Reactivity in Soils. *The Future of Soil Carbon, Its Conservation and Formation*. Academic Press. Edition 1st. Chapter 4. pp. 87–124. DOI: 10.1016/B978-0-12-811687-6.00004-3.

3. Popirnuy, M.A., Siabruk, O.P., Akimova, P.V., Shevchenko, M.V. (2020). Novitni integratyvni metody doslidzhennia stabilizataii organichnoho vugletsu za riznogo obrobittu gruntu [The latest integrative methods for studying the stabilization of organic carbon under different tillage]. *Agrokhimii i gruntoznavstva [Agrochemistry and Soil science]*, no. 90, pp. 13–28. DOI: 10.31073/acss90.

4. Tkachuk, V.P., Trofymenko, P.I. (2020). Vmist humusu za riznogo vykorystannia dervno-pidzolistoho supishchanoho gruntu ta obsiah emisiinykh vtrat CO₂ [Humus content with different use of sod-podzolic sandy soil and volumes of CO₂ emissions]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy [Scientific reports of NULES of Ukraine]*, no. 2 (84). DOI: 10.31548/dopovidi2020.02.

5. Randerson, J.T., Chapin, F.S. (2002). Net ecosystem production: A comprehensive measure of net carbon accumulation by ecosystems. *Ecological Applications*. no. 12, pp. 937–947. Available at: <https://andrewsforest.oregonstate.edu/sites/default/files/lter/pubs/pdf/pub3124.pdf>.

6. Trofymenko, P.I. (2018). Hazovyi sklad nadhruntovoho sharu povitria atmosfery ta yoho rol u formuvanni obsiahiv emisii haziv iz gruntu [Gas composition of the above-ground layer of atmospheric air and its role in the formation of gas emissions from the soil]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk [Taurida Scientific Herald]*, no. 103, pp. 227–235. Available at: http://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103_2018.pdf

7. Trumbore, S. (2006). Carbon respired by terrestrial ecosystems – recent progress and challenges. *Global Change Biology*. Vol. 12, pp. 141–153. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01067.x

8. Trofymenko, P.I., Trofymenko, N.V., Zubova, O.V., Karas, I.F. (2016). Zapasy orhanichnoho vuhletsu u dervno-pidzolistykh ornykh hruntakh Polissia Ukrainy [Reserves of organic carbon in sod-podzolic arable soils of Polissya of Ukraine]. *Visnyk ZhNAEU [Herald of ZhNAEU]*, no. 1, Vol. 1, pp. 46–52.

9. Revtie-Uvarova, A.V., Nikonenko, V.M., Karatsiuba, O.V., Slidenko, O.I. (2020). Parametryzatsiia zmin umistu orhanichnoho vuhletsu zalezho vid systemy udobrennia [Parameterization

of changes in organic carbon content depending on the fertilizer system]. *Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*, no. 11, pp. 16–23. DOI: 10.31073/agrovisnyk202011-02

10. Schlesinger, W.H., Andrews, J.A. (2020). Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*. Vol. 48, pp. 7–20. DOI: 10.1023/A:1006247623877

11. Saiko, V.F. (2002) Problemy zabezpechennia gruntiv orhanichnoiu rehovynnoiu [Problems of providing soils with organic matter]. *Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*, no. 11, pp. 5–8.

12. Agren, G.I., Hyvonen, R., Nilsson, T. (2007). Are Swedish forest soils sinks or sources for CO₂ – model analyses based on forest inventory data. *Biogeochemistry*. no. 82, pp. 217–227. DOI: 10.1007/s10533-007-9151-x.

13. Siabruk, O. (2013). Sezonna dynamika produkuvannia CO₂ ta obsiah vtrat vuhletsu gruntu za riznykh sposobiv obrobittu, system zemlerobstva ta udobrennia [Seasonal dynamics of CO₂ production and volumes of soil carbon losses under different tillage methods, farming and fertilizer systems]. *Visnyk Lvivskoho NAU. Ahronomiia [Journal of Lviv NAU. Agronomy]*, no. 17(1), pp. 130–137. Available at: <http://visnuk.kl.com.ua/joom/arkhiv-nomeriv/ahronomiia.html>.

14. Kovalenko, S.A., Matukhno, Yu.D., Mukosii, M.P. (2013). Zminy pokaznykiv balansu humusu u gruntakh silskohospodarskykh uhid Chernihivskoi oblasti [Changes in humus balance indicators in soils of agricultural lands of Chernihiv region]. *Ahroekologichnyi zhurnal [Agroecological journal]*, no. 3, pp. 52–56.

15. Melnychuk, A.O., Tarariko, M.Iu. (2015). Tsykl vuhletsu ta azotu za riznykh system udobrennia v sivozmini na dervno-pidzolistomu gruntі v Polissi [The cycle of carbon and nitrogen under different fertilizer systems in crop rotation on sod-podzolic soil in Polissia]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia [Balanced nature using]*, no. 1, pp. 53–56. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2015_1_14.

16. Naymov, A.B. (2008) Dukhanie pochvu: sostavlyayushchie, ekolohueskie funktsii, geograficheskie zakonomernosti [Soil respiration: components, ecological functions, geographical patterns]. *Novosybyrsk*, 208 p.

17. Natsyonalnij kadastr antropogennuh vubrosov iz istochnikov i absorbtzii poglotitelyami parnikovuh hazov v Ukraine za 1990–2013 gg [National inventory of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases in Ukraine for 1990–2013]. *Kyiv*, 2015, 569 p.

18. Kravchuk, V., Pavlyshyn, M., Husar, V. (2013) Suchasni ahrotekhnolohii ta «hnuhki mekhanizmy» Kiotskoho protokolu [Modern agricultural technologies and "flexible mechanisms" of the Kyoto Protocol]. *Tekhnika i tekhnolohii APK [Machinery and technology of agro-industrial complex]*, no. 5, pp. 29–33.

19. Larionova, A.A., Kurganova, Y.N., Lopes de, Hereniu V.O. (2010). Emisiya dioksida yglroda iz agrosuruh pochv pri izmenenii klimata [Emission of car-

bon dioxide from agro-gray soils under climate change]. Pochvovedenye [Soil science], no. 2, pp. 186–195.

20. Truskavetskyi, R.S., Shymel, V.V. (2001). Porushennia hazorehuliatornykh funktsii hidromorfnykh gruntiv pid vplyvom drenazhu ta obrobittu [Violation of gas-regulatory functions of hydromorphic soils under the influence of drainage and cultivation]. Visnyk KhNAU “Gruntoznavstvo” [Bulletin of KhNAU “Soil science”], no. 3, pp. 152–156.

21. Larionova, A.A., Evdokimov, I.V., Kurhanova, I.N., Saprionov, D.V., Kyznetsova, L.H., Lopes de, Herenyu V.O. (2003). Dukhanie kornej i ego vklad v emysiyu CO₂ iz pochvu [Root respiration and its contribution to CO₂ emission from the soil]. Pochvovedenie [Soil science], no. 2, pp. 183–194.

22. Subke, J.-A., Bahn, M. (2010). On the temperature sensitivity of soil respiration: can we use the immeasurable to predict the unknown? Soil Biology and Biochemistry. Vol. 42, pp. 1653–1656. DOI: 10.1016/j.soilbio.2010.05.026

23. Snitynskyi, V.V., Habryiel, A.I., Olifir, Yu.M., Hermanovych, O.M. (2015). Humusnyi stan ta emisiia dioksydu vuhletsu v ahroekosystemakh [Humus state and carbon dioxide emissions in agroecosystems]. Ahroekologichnyi zhurnal [Agroecological journal], no. 1, pp. 53–58.

Intensity of CO₂ emissions from sod-podzolic soil at different doses of ameliorants and fertilization of winter rape in Western Polissia

Polovyi V., Yashchenko L., Rovna H., Huk B.

Observations by the intensity of CO₂ emissions on sod-podzolic soil in the field of winter rape showed its dependence on fertilizer systems, liming, seasonal dynamics of air temperature, moisture conditions and soil acidity. In summer, there is an increase in the release

of carbon dioxide, which is associated with maximum biological activity of the soil.

It was found that in the spring rosette phase in variant N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ with dose 0.5 Ha (by the hydrolytic acidity) of dolomite flour the emission intensity was the highest – 121.3 and 130.1 mg of CO₂/kg of soil. The lowest evaporation rate of carbon dioxide (116 mg/kg of soil) was recorded when applying 1.5 Ha doses of dolomite flour on the background of the same fertilizer.

The decrease of carbon dioxide emissions in the phase of rape budding and flowering at an air temperature of 15.2–18.4 °C and productive moisture of 10.8–14.6 mm in the 0–20 cm soil layer it was noted. By the addition of dolomite flour decreasing was 5–20 % to the control and 6–23 % to the background of N₁₂₀P₉₀K₁₂₀. In these phase of culture vegetation, the lowest CO₂ fluxes from the soil (100.9 mg / kg) was observed by the application of dolomite flour at a dose of 1.5 Ha on the fertilization background, while on the control it was 105.7 mg CO₂/kg of soil.

A similar trend was found in the phase of technical maturity of winter rape. At an air temperature of 28.6 °C and a reserve of productive soil moisture of 9.3 mm (0–20 cm layer), the emission index of carbon dioxide for the specified dose of liming and fertilizer was at the level of 60.3 mg CO₂/kg.

It should be noted that in control and variant of N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ application (background) the decreasing of sod-podzolic soil acidity (pH_{KCl}) to 4.1–4.0 units caused an increase of CO₂ production by the soil during the growing season of winter rape. It was proved that the use of dolomite flour at a dose of 1.5 Ha on the background of N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ had a more complete neutralizing effect, which helped to reduce the intensity of CO₂ emissions by 6.4–22.2 %.

Key words: winter rape, CO₂ emissions, fertilizers, ameliorants, soil acidity, productivity.



Copyright: Польовий В.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.



ORCID iD:

Польовий В.М.

Ященко Л.А.

Ровна Г.Ф.

Гук Б.В.

<https://orcid.org/0000-0002-3133-9803>

<https://orcid.org/0000-0003-1407-0133>

<https://orcid.org/0000-0002-7599-5650>

<https://orcid.org/0000-0002-8666-2667>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.174:631.5

Вплив мінерального живлення рослин на формування біометричних показників сорго зернового

Правдива Л.А. 

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

 bioplant_@ukr.net

Правдива Л.А. Вплив мінерального живлення рослин на формування біометричних показників сорго зернового. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 43–52.

Pravdyva L. Influence of crops mineral nutrition on the biometric indicators of grain sorghum formation. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 43–52.

Рукопис отримано: 02.04.2022 р.
Прийнято: 18.04.2022 р.
Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-43-52

Вивчення елементів технології вирощування сорго зернового, зокрема внесення мінеральних добрив, є одним з основних перспективних завдань, що сприятиме формуванню високої продуктивності культури.

У статті наведено результати досліджень впливу різних доз мінеральних добрив на тривалість вегетаційного періоду, польової схожості та біометричних показників рослин сорго зернового сортів Дніпровський 39 та Вінець в Правобережному Лісостепу України.

Дослідження проводили в 2016–2020 роках в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН – зоні Правобережного Лісостепу України.

Встановлено, що застосування добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ збільшувало тривалість вегетаційного періоду рослин сорго зернового порівняно з контролем на 1–2 доби, а у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$ – на 2–3 доби. За розрахункової дози добрив вегетаційний період був найменшим і становив 114 діб у сорту Дніпровський 39 та 112 діб у сорту Вінець. Найбільший вплив на польову схожість насіння у роки досліджень мали погодні умови – 27,1 % та удобрення – 13,2 %, і значно меншим був вплив сортів – 9,5 %.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено сильний зв'язок між діаметром стебла та висотою рослин, а також між площею листової поверхні та висотою рослин.

Досліджено, що за внесення максимальних доз добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$) та розрахункової ($N_{50}P_{40}K_{70}$) отримали максимальні показники росту і розвитку рослин, тому доцільно застосовувати розрахункову дозу добрив під заплановану врожайність, що знизить собівартість продукції.

Ключові слова: сорти, удобрення, польова схожість, висота рослин, площа листової поверхні.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Останнім часом в Україні спостерігаються стрімкі кліматичні зміни, які загострюють проблему пошуку продуктивних стійких до посухи сільськогосподарських культур. Сорго зернове – одна з перспективних зернових культур, яка дає високі врожаї за дефіциту вологи в ґрунті [1]. В Україні площі вирощу-

вання сорго зернового поступово розширюють, культура займає нові екологічні ніші, досягнувши зони Лісостепу з поширеними в ній чорноземними ґрунтами [2, 3].

У технології вирощування культури важливим елементом є внесення мінеральних добрив – це один з найбільш дієвих чинників впливу на динаміку росту та розвитку рослин сорго

зернового, його здатність формувати високу продуктивність за змінних ґрунтово-кліматичних умов [4, 5].

За даними науковців мінеральні добрива сприяють не лише підвищенню продуктивності сорго, а і зміні висоти рослин, площі листової поверхні, вегетативної маси рослин тощо. Основним є правильне визначення дози внесення добрив, враховуючи склад ґрунтів та зволоження зони вирощування [6, 7, 8].

Однак система удобрення по-різному впливає на тривалість фенологічних фаз розвитку рослин сорго зернового [9]. Удобрення рослин не впливає на тривалість періодів росту аж до фази трубкування, адже на початку вегетації споживання елементів живлення з ґрунту сорго мінімальне. Оскільки впродовж перших 30–35 діб після появи сходів надземна частина рослин росте дуже повільно, а коренева має середній добовий приріст на рівні 2–3 см [10, 11]. Потрібно також враховувати, що різні сорти і гібриди сорго зернового можуть різнитися між собою за темпами росту і розвитку [12].

На думку авторів, оптимальною дозою добрив для вирощування сорго було внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Продуктивність культури за цією технологією становила 8,0–8,49 т/га [13, 14].

Сорго зернове має високу здатність використання природних ресурсів, однак вирощування і продуктивність зерна залежить від взаємодії рослин з навколишнім середовищем та від технологічних чинників, одним з яких є внесення добрив, які сприяють підвищенню врожайності [15, 16].

Сорго зернове виносить з ґрунту значну кількість елементів живлення, тому поповнення їх внесенням добрив є важливим елементом технології вирощування [17, 18].

В Україні питання щодо різних доз добрив сорго зернового є недостатньо вивченим, оскільки культура малопоширена і потребує детального дослідження.

Мета дослідження – вивчити вплив мінерального живлення рослин на формування біометричних показників сорго зернового в Правобережному Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2016–2020 років в умовах Білоцерківської ДСС ІБКЦБ НААН України.

У досліді вивчали сорти (чинник А): Дніпровський 39, Вінець; і дози добрив (чинник В): $N_0P_0K_0$ – без добрив (контроль); $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$; $N_{90}P_{90}K_{90}$; $N_{120}P_{120}K_{120}$ та розрахункова доза добрив, яка за роки досліджень у середньому становила $N_{50}P_{40}K_{70}$.

Розрахункову дозу добрив розраховували балансово-розрахунковим методом. Дослід закладали за методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти досліду розміщували на ділянках послідовно. Повторюваність дослідів – чотириразова. Спостереження та обліки проводили згідно з методичними рекомендаціями, розробленими в ІБКЦБ [19].

Ґрунти дослідної ділянки – чорноземи типів 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 % муловатих частинок і від 46 до 54 % – крупного пилу. Рельєф рівнинний, глибина залягання ґрунтових вод – 8 м. Ступінь насиченості основами – 90 %.

За даними Білоцерківської метеорологічної станції температурний режим вегетаційного періоду 2016, 2017, 2018, 2019 та 2020 років характеризувався незначними коливаннями, однак з перевищенням середніх багаторічних даних (рис. 1).

Кількість опадів у роки досліджень також була нерівномірною з певними відхиленнями від багаторічних показників (рис. 2).

Загалом погодні умови у роки проведення досліджень були сприятливими для вирощування сорго зернового.

Характеристика досліджуваних сортів [20].

Сорт сорго зернового Дніпровський 39 – оригінатор Синельниківська СДС ДУ Інститут зернових культур НААНУ. З 2000 року занесено до Реєстру сортів рослин України. Ранньостиглий. Дозріває за 100–105 діб після сходів. Напрямо вирощування – зерно. Потенційна врожайність 6–7 т/га.

Сорт сорго зернового Вінець – оригінатор Генічеська ДС ДУ ІЗК НААНУ. До Реєстру сортів рослин України занесено з 2004 року. Ранньостиглий. Дозріває за 90–95 діб після сходів. Напрямо використання – на зерно, зернокармівий. Врожайність зерна – до 4–6 т/га (на незрошуваних землях).

Досліджувані сорти добре реагують на зрошення та високий агрофон.

Результати дослідження та обговорення.

За результатами проведених досліджень встановлено, що тривалість вегетаційного періоду сорго зернового залежала від сортових особливостей та доз мінеральних добрив (табл. 1). Найменший період вегетації відмічено у сортів сорго на варіанті за внесення розрахункової дози добрив, і становив у сорту Дніпровський 39–114 діб, Вінець – 112 діб. У варіанті без внесення мінеральних добрив вегетаційний період становив відповідно 115 та 112 діб.

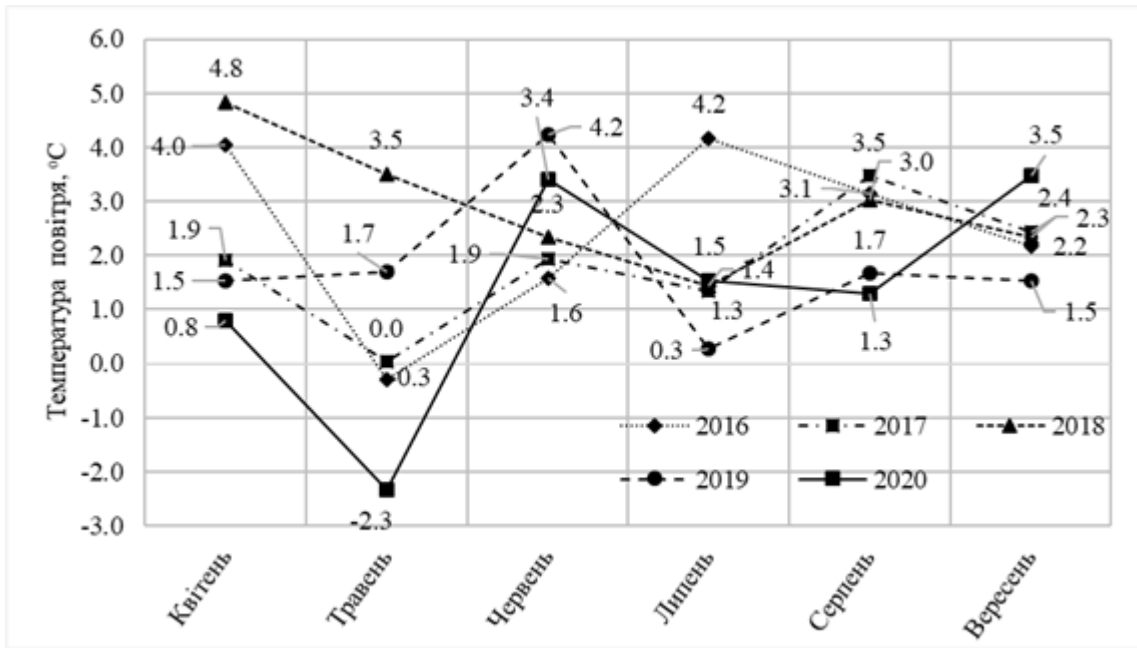


Рис. 1. Відхилення від середніх багаторічних даних температури повітря (БЦ ДСС, 2016–2020 рр.)

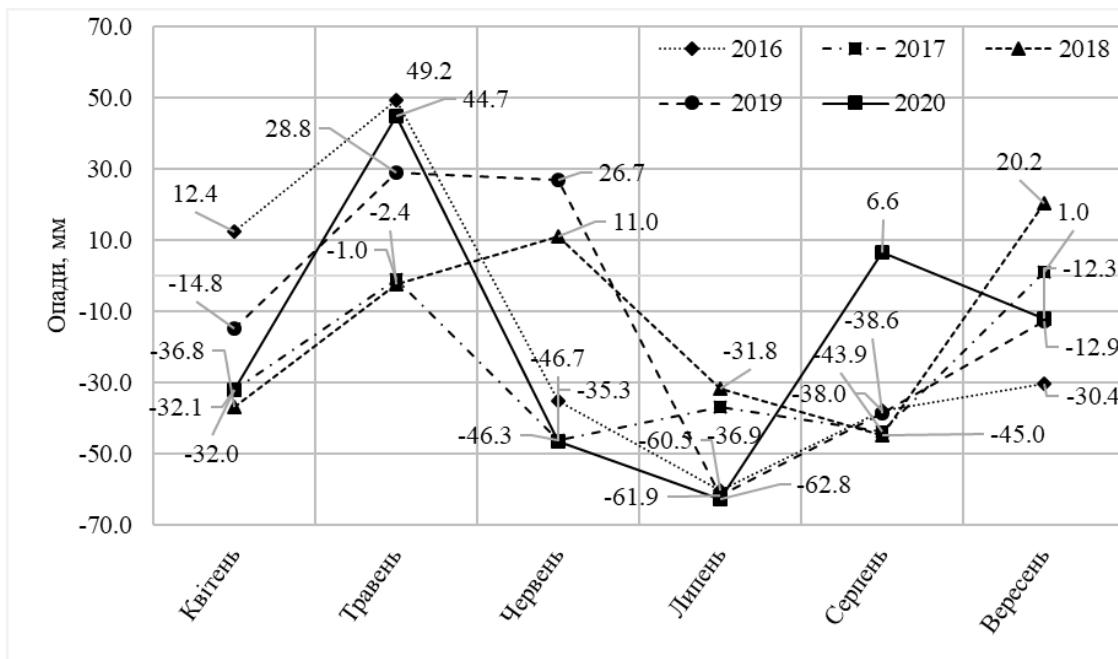


Рис. 2. Відхилення від середніх багаторічних даних кількості опадів (БЦ ДСС, 2016–2020 рр.).

Внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ збільшувало тривалість вегетаційного періоду порівняно з контролем на 1–2 доби, а у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$ на 2–3 доби.

Насіння сорго зернового досліджуваних сортів характеризувалось високими показниками польової схожості, яка переважно залежала від сортових особливостей та умов вирощування, і у сорту Дніпровський 39 була в межах

від 87,2 до 87,6 %; у сорту Вінець від – 86,3 до 86,6 % (рис. 3).

Однак результати дисперсійного аналізу (рис. 4) показали, що найбільший вплив на польову схожість насіння мали погодні умови – 27,1 %, частка впливу сорту і удобрення становила 9,5 та 13,2 %. Взаємодія чинників погодних умов з добривами становила 14,5 %, погодних умов та сорту – 17,8 %. Дещо мен-

ша частка впливу належала взаємодії чинників сорт та дози добрив – 9,8 %, та взаємодії всіх чинників (погодних умов, сорту та доз добрив) – 7,4 %. Іншим недосліджуваним чинникам належить найменша частка – 0,7 %.

Серед багатьох чинників, які впливають на ріст і розвиток рослин, вирішальне значення має рівень мінерального живлення. Внесення мінеральних добрив сприяє швидшому розвитку рослин упродовж усього вегетаційного періоду, а також інтенсивному розвитку кореневої системи, яка активно засвоює елементи живлення і вологу з ґрунту, формуючи високу продуктивність.

В середньому за досліджувані роки висота рослин сорго у варіанті без внесення добрив становила 118,0 см у сорту Дніпровський 39 та 115 см у сорту Вінець (табл. 2). Внесення добрив

у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло підвищенню висоти рослин в середньому на 1,5–3,0 %, у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$ – на 4,0–6,0 %. За розрахункової дози добрив висота рослин становила 119,5 см у сорту Дніпровський 39 та 116,4 см у сорту Вінець. Діаметр стебла в середньому у досліді в обох сортів становив 1,4–1,6 см. Кушіння рослин залежало як від біологічних особливостей сортів сорго, так і певною мірою від доз удобрення. Так, у сорту Дніпровський 39 кушистість становила від 1,1 до 1,4, у сорту Вінець – від 1,4 до 1,7 стебел на рослину.

Удобрення посівів забезпечило збільшення площі листової поверхні рослин. Наростання листового апарату в рослин сорго зернового спостерігали від появи сходів до викидання волоті–цвітіння, де і було отримано найвищі показники площі листової поверхні.

Таблиця 1 – Тривалість фаз розвитку сорго зернового залежно від внесення добрив, діб, (середнє за 2016–2020 рр.)

Сорти	Дози добрив	Міжфазний період										
		сівба – поява сходів	повні сходи	3 – 4 листки	кушіння	вихід у трубку	стеблування	викидання волоті	цвітіння – формування зернівки	молочно-воскова стиглість	повна стиглість	вегетаційний період
Дніпровський 39	Без добрив (контроль)	8	5	5	16	13	13	4	18	21	12	115
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	8	5	5	16	14	13	4	19	20	12	116
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	8	5	5	16	14	13	4	19	20	12	116
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	8	5	5	16	14	14	4	19	20	12	117
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	8	5	5	16	14	14	5	19	20	12	118
	Розрахункова доза	8	5	5	16	14	14	4	18	19	11	114
Вінець	Без добрив (контроль)	9	5	4	14	13	13	4	20	19	12	113
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	9	5	5	14	13	13	4	20	19	12	114
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	9	5	5	14	14	13	4	19	19	12	114
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	9	5	5	14	14	13	4	19	19	12	114
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	9	5	5	14	14	13	4	20	19	12	115
	Розрахункова доза	9	5	5	14	14	13	4	18	18	12	112



Рис. 3. Польова схожість насіння сорго зернового залежно від доз добрив (БЦ ДСС, 2016–2020 рр.).

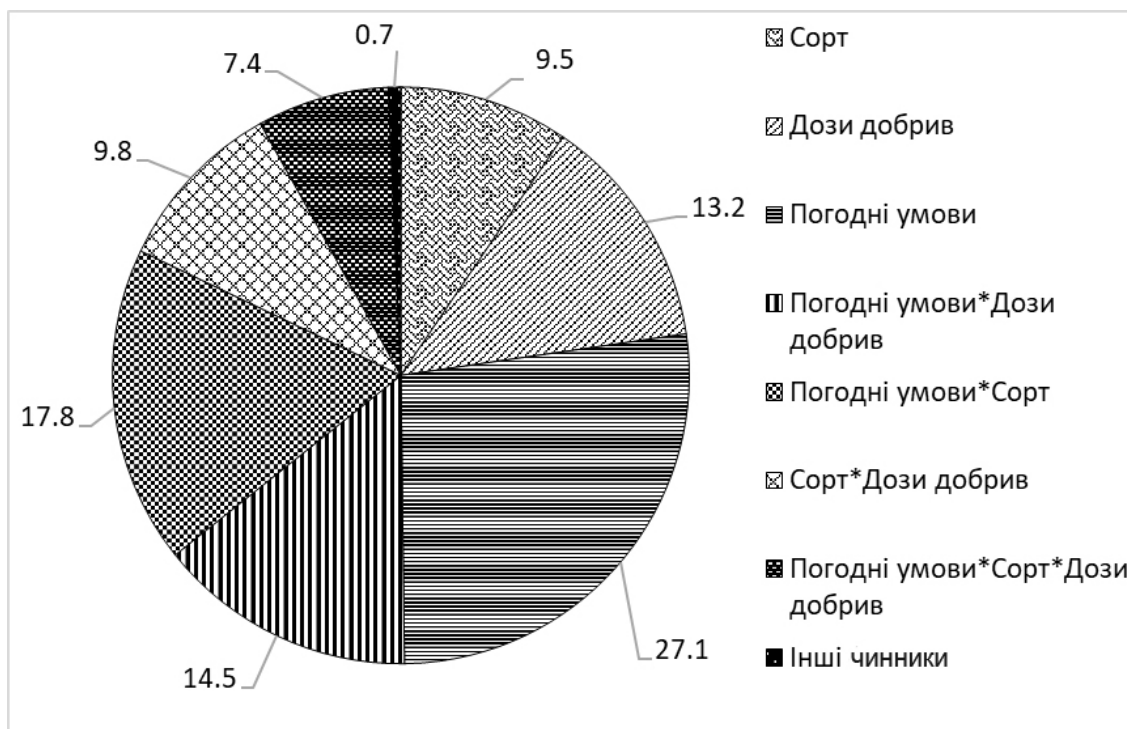


Рис. 4. Частка впливу досліджуваних чинників на польову схожість насіння сорго зернового, %.

Таблиця 2 – Біометричні показники рослин сорго зернового залежно від внесення добрив, (середнє за 2016–2020 рр.)

Сорти	Дози добрив	Висота рослин, см	Діаметр стебла, см	Кущистість рослин, шт./рослину	Площа листової поверхні, тис. м ² /га
Дніпровський 39	Без добрив (контроль)	118,0	1,4	1,1	34,62
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	119,8	1,5	1,2	36,88
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	121,4	1,5	1,2	38,45
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	123,0	1,5	1,3	39,67
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	125,2	1,4	1,3	40,24
	Розрахункова доза	119,5	1,5	1,2	38,74
Вінець	Без добрив (контроль)	115,0	1,5	1,4	31,37
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	115,8	1,5	1,6	35,40
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	116,9	1,6	1,6	36,72
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	118,2	1,6	1,6	37,96
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	119,8	1,5	1,7	38,69
	Розрахункова доза	116,4	1,6	1,6	37,54
НІР _{0,05} :		3,40	0,34	0,38	0,16

Так, у варіанті без внесення добрив у сорту Дніпровський 39 площа листової поверхні становила 34,62 тис. м²/га, за внесення добрив з найменшою нормою N₃₀P₃₀K₃₀ вона збільшувалась на 2,26 тис. м²/га, а за найбільшої норми N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ – на 5,62 тис. м²/га, або на 16,2 %. Розрахункова норма добрив забезпечила збільшення площі листової поверхні на 4,12 тис. м²/га, або на 11,9 %. У сорту Вінець спостерігали аналогічну закономірність підвищення площі листової поверхні залежно від доз добрив.

Кореляційно-регресійний аналіз даних показав сильну кореляцію між діаметром стебла та висотою рослин (рис. 5). Коефіцієнт кореляції становив R=0,7412 (Дніпровський 39) та R=0,7208 (Вінець), коефіцієнт детер-

мінації відповідно становив R²=0,7092 та R²=0,77769.

Встановлено також, що площа листової поверхні має тісний зв'язок з висотою рослин (рис. 6). Коефіцієнт кореляції у сорту Дніпровський 39 становив R=0,9178 та у сорту Вінець R=0,8164, а коефіцієнт детермінації R²=0,9606 та R²=0,8942.

Отже, сорго зернове – це культура, яка в різних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування дає високу продуктивність завдяки добре розвиненій кореневій системі, що відмінно поглинає вологу та поживні елементи з ґрунту. Враховуючи різнобічність використання сорго зернового, варто детально вивчати елементи технології вирощування в конкретних умовах України.

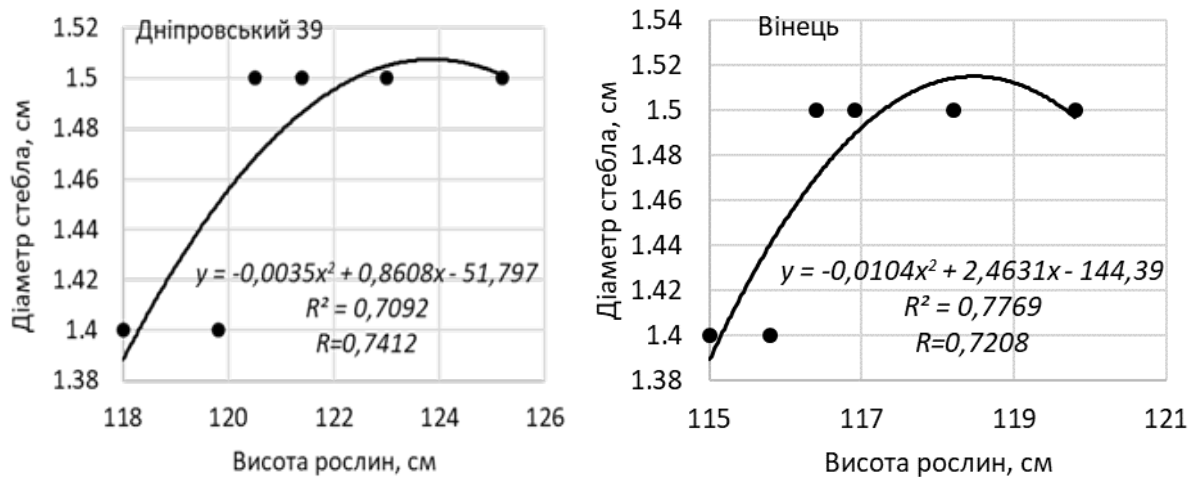


Рис. 5. Кореляційно-регресійний зв'язок між діаметром стебла та висотою рослин, (середнє за 2016–2020 рр.).

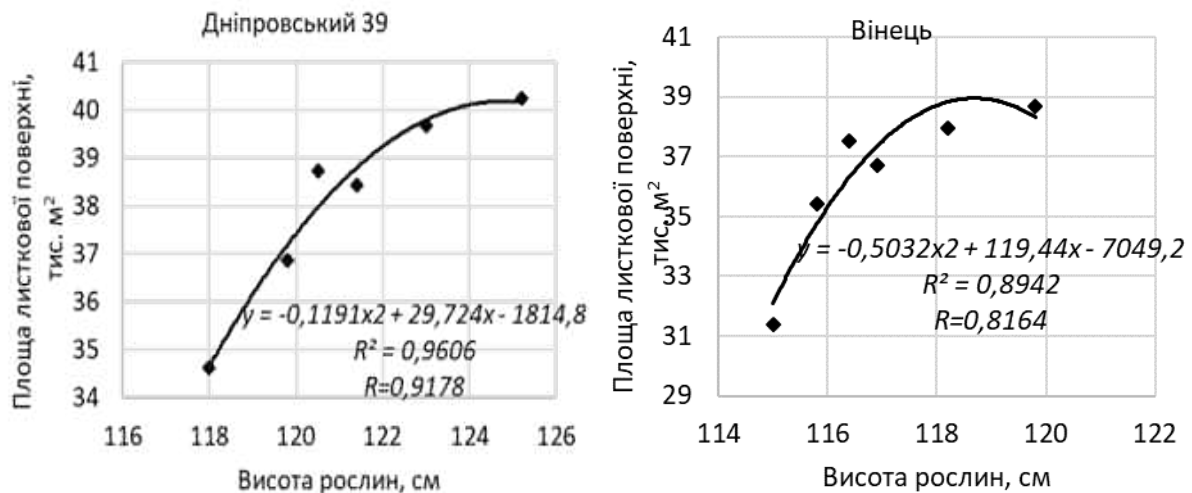


Рис. 6. Кореляційно-регресійний зв'язок між площею листкової поверхні та висотою рослин, (середнє за 2016–2020 рр.).

Висновки. Застосування добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ збільшувало тривалість вегетаційного періоду рослин сорго зернового порівняно з контролем на 1–2 доби, а у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$ – на 2–3 доби. За розрахункової дози добрив вегетаційний період був найменшим і становив 114 діб у сорту Дніпровський 39 та 112 діб у сорту Вінець.

Встановлено, що найбільший вплив на польову схожість насіння у роки досліджень мали погодні умови – 27,1 % та удобрення – 13,2 %, і значно меншим був ступінь впливу сортів – 9,5 %.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено сильний зв'язок між діаметром стебла та висотою рослин, водночас

коефіцієнт кореляції становив $R=0,7412$ (сорт Дніпровський 39) та $R=0,7208$ (сорт Вінець), коефіцієнт детермінації відповідно становив $R^2=0,7092$ та $R^2=0,7769$. Сильну кореляцію відмічено між площею листкової поверхні і висотою рослин, коефіцієнт кореляції у сорту Дніпровський 39 становив $R=0,9178$ та у сорту Вінець $R=0,8164$, а коефіцієнт детермінації $R^2=0,9606$ та $R^2=0,8942$.

Досліджено, що за внесення максимальних доз добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$) та розрахункової ($N_{50}P_{40}K_{70}$) отримали максимальні показники росту і розвитку рослин, тому доцільно застосовувати розрахункову дозу добрив під заплановану врожайність, що знизить собівартість продукції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рослинницькі аспекти та агроекологічні засади вирощування сорго зернового на Півдні України / Базалій В.В. та ін. Таврійський науковий вісник. 2015. № 91. С. 3–6.
2. Іваніна В.В., Пашинська К.Л., Смірних В.М. Винос і баланс елементів живлення в агроценозі сорго зернового залежно від удобрення. Вісник аграрної науки. 2021. № 12. С. 28–32. DOI: 10.31073/agrovisnyk202112-03
3. Каражбей Г.М. Стан і перспективи сорго зернового в Україні. Селекція і насінництво. 2012. № 101. С. 37–42. DOI: 10.30835/2413-7510.2012.59749
4. Ганженко О.М., Герасименко Л.А., Дубовий Ю.П. Вплив фону мінерального живлення на енергетичну продуктивність цукрового сорго. Цукрові буряки. 2014. № 4. С. 14–17.
5. Melaku N.D., Bayu W., Ziadat F. Effect of nitrogen fertilizer rate and timing on sorghum productivity in Ethiopian highland Vertisols. Arch. Agron. Soil Sci. 2018. № 64 (4). P. 480–491. DOI: 10.1080/03650340.2017.1362558
6. Іваніна В.В., Пашинська К.Л., Костащук М.В. Вплив добрив на врожайність та якість зерна сорго зернового. Новітні агротехнології. 2019. № 7. DOI: 10.47414/na.7.2019.204801
7. Recent advances in sorghum biofortification research / Kumar A.A. et al. Plant Breeding Review. 2015. Vol. 39. P. 89–118. DOI: 10.1002/9781119107743.ch03
8. Sujathamma P., Kavitha K., Suneetha V. Response of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars to different fertilizer levels under rainfed condition. International Journal of Agricultural Sciences. 2015. № 5 (1). P. 381–385.
9. Бикін А.В., Антал Т.В., Найденко В.М. Фенологічні особливості сорго зернового залежно від впливу елементів технології вирощування. Таврійський науковий вісник. 2019. № 107. С. 12–21. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.107.2
10. Макаров Л.Х. Соргові культури: монографія. Херсон: Айлант, 2006. 264 с.
11. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum / Zhao D. et al. European Journal of Agronomy. Vol. 22, No. 4. 2005. P. 391–403.
12. Формування продуктивності залежно від стабільності та пластичності сортів сорго зернового / Каражбей Г.М. та ін. Plant Varieties Studying and Protection. 2017. № 13(2). P. 150–154. DOI: 10.21498/2518-1017.13.2.2017.105396
13. Грищенко Р.Є., Любич О.Г., Глієва О.В. Формування врожайності зерна сорго зернового різними системами пагонів залежно від удобрення культури. Землеробство та рослинництво: теорія та практика. 2021. Вип. 2 (2). С. 55–60. DOI: 10.54651/agri.2021.02.07
14. Овсієнко І.А. Формування зернової продуктивності сорго залежно від агротехнічних заходів. Корми і кормовиробництво. 2015. Вип. 81. С. 146–151.
15. Research regarding the influence of nitrogen and phosphorus fertilization on the yield of grain sor-

ghum hybrids / Oprea C.A. et al. AgroLife Scientific Journal. 2016. Vol. 6 (1). P. 150–156.

16. Каленська С.М., Гринюк І.П. Особливості росту і розвитку рослин сорго залежно від видових, сортових особливостей та удобрення культури в умовах Правобережного Лісостепу України. Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2013. Вип. 17, Т. 1. С. 359–363.

17. Каленська С.М., Найденко В.М. Урожайність сорго зернового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення. Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. Вип. 26. С. 67–75.

18. Gebremariam G., Assefa D. Nitrogen Fertilization Effect on Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Yield, Yield Components and Witchweed (*Striga hermonthica* (Del.) Benth) Infestation in Northern Ethiopia. International J. of Agricultural Research. 2015. № 10. P. 14–23. DOI: 10.3923/ijar.2015.14.23

19. Методичні рекомендації з проведення спостережень, обліків та визначення якісних показників у дослідженнях сорго зернового / Правдива Л.А. та ін. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2021. 34 с.

20. Науково-методичні рекомендації / Черчель В.Ю. та ін. Каталог сортів та гібридів. Дніпро: ДУ Інститут зернових культур НААН України, 2021. 132 с.

REFERENCES

1. Bazalii, V.V., Boiko, M.O., Almashova, V.S., Onyshchenko, S.O. (2015). Roslynytski aspekty ta ahroekolohichni zasady vyroshchuvannya sorho zernovoho na Pivdni Ukrainy [Plant aspects and agroecological principles of grain sorghum cultivation in the South of Ukraine]. Tavriyskyi naukovyi visnyk [Taurian Scientific Bulletin], no. 91, pp. 3–6.
2. Ivanina, V.V., Pashynska, K.L., Smirnykh, V.M. (2021). Vynos i balans elementiv zhyvlennia v ahrotsenozi sorho zernovoho zalezchno vid udobrennia [Removal and balance of nutrients in the agroecosis of grain sorghum depending on the fertilizer]. Visnyk aharnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science], no. 12, pp. 28–32. DOI: 10.31073/agrovisnyk202112-03
3. Karazhbei, H.M. (2012). Stan i perspektyvy sorho zernovoho v Ukraini [Status and prospects of grain sorghum in Ukraine]. Seleksiia i nasinnnytstvo [Breeding and seed production], no. 101, pp. 37–42. DOI: 10.30835/2413-7510.2012.59749
4. Hanzhenko, O.M., Herasymenko, L.A., Dubovyi, Yu.P. (2014). Vplyv fonu mineralnoho zhyvlennia na enerhetychnu produktyvnist tsukrovoho sorho [Influence of mineral nutrition background on energy productivity of sugar sorghum]. Tsukrovi buriaky [Sugar beet], no. 4, pp. 14–17.
5. Melaku, N.D., Bayu, W., Ziadat, F. (2018). Effect of nitrogen fertilizer rate and timing on sorghum productivity in Ethiopian highland Vertisols. Arch. Agron. Soil Sci. Vol. 64 (4), pp. 480–491. DOI: 10.1080/03650340.2017.1362558
6. Ivanina, V.V., Pashynska, K.L., Kostashchuk, M.V. (2019). Vplyv dobryv na vrozhnist ta yakist

- zerna sorho zernovoho [Influence of fertilizers on grain sorghum yield and quality]. *Novitni ahrotekhnologii* [Advanced Agritechnologies], no. 7. DOI: 10.47414/na.7.2019.204801
7. Kumar, A.A., Anuradha, K., Ramaiah, B., Grand, S., Rattunde, W., Frederick, H., Virk, P., Pfeiffer, W.H. (2015). Recent advances in sorghum biofortification research. *Plant Breeding Review*. Vol. 39, pp. 89–118. DOI: 10.1002/9781119107743.ch03
8. Sujathamma, P., Kavitha, K., Suneetha, V. (2015). Response of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars to different fertilizer levels under rainfed condition. *International Journal of Agricultural Sciences*. no. 5 (1), pp. 381–385.
9. Bykin, A.V., Antal, T.V., Naidenko, V.M. (2019). Fenolohichni osoblyvosti sorho zernovoho zalezno vid vplyvu elementiv tekhnologii vyroshchuvannya [Phenological features of grain sorghum depending on the influence of elements of cultivation technology]. *Tavriyskiy naukoviy visnyk* [Taurian Scientific Bulletin], no. 107, pp. 12–21. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.107.2
10. Makarov, L.Kh. (2006). *Sorhovi kultury: monohrafiia* [Sorghum crops: monograph]. Kherson, Ailant, 264 p.
11. Zhao, D., Reddy, K.R., Kakani, V.G., Reddy, V.R. (2005). Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *European Journal of Agronomy*. Vol. 22, no. 4, pp. 391–403.
12. Karazhbei, H.M., Shpak, P.I., Kozlovska, M.S., Melnychenko, T.P., Karpynch, M.K. (2017). Formuvannya produktyvnosti zalezno vid stabilnosti ta plastychnosti sortiv sorho zernovoho [Formation of productivity depending on the stability and plasticity of sorghum varieties]. *Plant Varieties Studying and Protection*, no. 13 (2), pp. 150–154. DOI: 10.21498/2518-1017.13.2.2017.105396
13. Hryshchenko, R.Ie., Liubchych, O.H., Hliieva, O.V. (2021). Formuvannya vrozhaivosti zerna sorho zernovoho riznymi systemamy pahoniv zalezno vid udobrennia kultury [Formation of grain sorghum grain yield by different systems of shoots depending on crop fertilizer]. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia ta praktyka* [Agriculture and crop production: theory and practice], no. 2 (2), pp. 55–60. DOI: 10.54651/agri.2021.02.07
14. Ovsienko, I.A. (2015). Formuvannya zernovoi produktyvnosti sorho zalezno vid ahrotekhnichnykh zakhodiv [Formation of sorghum grain productivity depending on agronomic measures]. *Kormy i kormovyrobnytstvo* [Feed and feed production], no. 81, pp. 146–151.
15. Oprea, C.A., Marin, D.I., Bolohan, C., Penescu, A. (2016). Research regarding the influence of nitrogen and phosphorus fertilization on the yield of grain sorghum hybrids. *AgroLife Scientific Journal*. Vol. 6 (1), pp. 150–156.
16. Kalenska, S.M., Hryniuk, I.P. (2013). Osoblyvosti rostu i rozvytku roslyn sorho zalezno vid vydovykh, sortovykh osoblyvostei ta udobrennia kultury v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Features of growth and development of sorghum plants depending on species, varietal characteristics and fertilizers in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi In-tu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv* [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets], Vol. 17, pp. 359–363.
17. Kalenska, S.M., Naidenko, V.M. (2018). Urozhaivist sorho zernovoho zalezno vid shyryny mizhriad ta systemy udobrennia [Yield of grain sorghum depending on the width between rows and fertilizer system]. *Naukovi pratsi In-tu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv buriakiv* [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets], Vol. 26, pp. 67–75.
18. Gebremariam, G., Assefa, D. (2015). Nitrogen Fertilization Effect on Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Yield, Yield Components and Witchweed (*Striga hermonthica* (Del.) Benth) Infestation in Northern Ethiopia. *International J. of Agricultural Research*. no. 10, pp. 14–23. DOI: 10.3923/ijar.2015.14.23
19. Pravdyva, L.A., Hanzhenko, O.M., Doronin, V.A. (2021). Metodychni rekomendatsii z provedennia sposterezhen, oblikiv ta vyznachennia yakisnykh pokaznykiv u doslidzhenniakh sorho zernovoho [Methodical recommendations for conducting observations, accounting and determination of quality indicators in studies of grain sorghum]. Kyiv, FOP Yamchynskiy O.V., 34 p.
20. Cherkhel, V.Iu., Dziubetskyi, B.V., Kyrpa, M.Ia. (2021). *Naukovo-metodychni rekomendatsii. Kataloh sortiv ta hibrydiv* [Scientific and methodical recommendations. Catalog of varieties and hybrids.]. Dnipro, SI Institute of Grain Crops NAAS of Ukraine, 132 p.

Influence of crops mineral nutrition on the biometric indicators of grain sorghum formation

Pravdyva L.

The study of the elements of grain sorghum cultivation technology, in particular, the application of mineral fertilizers, is one of the main promising tasks, which will contribute to the formation of high crop productivity.

The article shows the results of studies on the effect of various doses of mineral fertilizers on the the growing season duration, field germination and biometric indicators of sorghum plants of grain varieties Dniprovsky 39 and Vinets in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

The studies were carried out in 2016–2020 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 – the zone of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

It was found that the use of fertilizers at a dose of $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{60}P_{60}K_{60}$ increased the duration of the growing season of grain sorghum plants by 1–2 days compared to the control, and at a dose of $N_{90}P_{90}K_{90}$ and $N_{120}P_{120}K_{120}$ by 2–3. At the calculated dose of fertilizers, the growing season was the shortest and amounted to 114 days for the Dniprovsky variety 39 and 112 days

for the Vinets variety. The greatest influence on the field germination of seeds in the years of research was exerted by weather conditions – 27.1 % and fertilizers – 13.2 %, and the degree of influence of varieties was much less 9.5 %.

The results of the correlation-regression analysis reveal a strong relationship between the stem diameter and plant height, as well as between the leaf surface area and plant height.

It was found out that with the application of maximum doses of fertilizers ($N_{90}P_{90}K_{90}$ and $N_{120}P_{120}K_{120}$) and the estimated ($N_{50}P_{40}K_{70}$) received the maximum growth and development of plants, so it is advisable to apply the estimated dose of fertilizers below the planned yield, which will reduce production costs.

Key words: varieties, fertilizers, field similarity, plant height, leaf area.



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.




ORCID iD:
Правдива Л.А.

<https://orcid.org/0000-0002-5510-3934>

АГРОНОМІЯ

УДК 930:001 – 051:63 О. Ізмаїльський

**Маловідомі факти наукової спадщини О.О. Ізмаїльського
(до 170-річчя з дня народження)**Примак І.Д. , Присяжнюк Н.М. , Федорук Ю.В. ,Войтовик М.В., Ображій С.В. *Білоцерківський національний аграрний університет*

Примак І.Д., Присяжнюк Н.М., Федорук Ю.В., Войтовик М.В., Ображій С.В. Маловідомі факти наукової спадщини О.О. Ізмаїльського (до 170-річчя з дня народження). Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 53–62.

Prymak I., Prysiazhniuk N., Fedoruk Yu, Voitovyk M., Obrazhyy S. Little known facts of scientific heritage of O.O. Izmailsky (devoted to the 170th anniversary of his birth). «Agrobiologia», 2022. no. 1, pp. 53–62.

Рукопис отримано: 10.02.2022 р.

Прийнято: 25.02.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-53-62

О.О. Ізмаїльський вперше висвітлив питання походження українських степів, стадію їх розвитку, причини виникнення посух та розробив і впровадив у рільничу практику науково обґрунтований комплекс організаційних, агротехнічних і меліоративних заходів боротьби з ними. Вчений-експериментатор довів, що посухи спричиняє не клімат, зокрема, річна сума атмосферних опадів, а характер (культурний стан) поверхні поля і оструктуреність ґрунту. Вказав на необхідність снігозатримання, розробив і впровадив ефективні заходи його проведення, які актуальні донині: кулісні пари, мульчування, нарізання валів сніговими плугами тощо.

Рекомендував артезіанські колодязі, створення штучного рельєфу, терасування схилів, загати, заліснення в боротьбі з посухами. Очоловав прихильників глибокої оранки, яку пропагував і впровадив у господарствах Полтавської і Херсонської губерній. Грізно застерігав, що за безтурботного ставлення людини до прогресуючого висушування українських степів вони в недалекому майбутньому «перетворяться у безплідну пустелю». Пропонував організувати по всій Україні широку мережу дослідних полів і дослідних станцій з метою вирішення злободених питань землеробства.

Встановив взаємозв'язок посух і дифляційних процесів. Однією з безсмертних заслуг науковця є правильний висновок, що причиною посух, а отже, і неврожаїв у південних губерніях є не сума атмосферних опадів, які випадають щороку, а нездатність розпорошеного, безструктурного і розпиленого ґрунту увібрати, акумулювати і віддати рослинам воду і наявні в ній елементи азотного і зольного живлення. Довів необхідність підтримання поверхні ґрунту в розпушеному стані і поглиблення орного шару з метою боротьби з посухою. Розробив комплекс заходів для боротьби з ерозією ґрунту.

Головною причиною виснаження українських степів на воду вважав зміну не клімату, а поверхні ґрунту. Важливе значення у поліпшенні водного режиму надавав водоутримувальній здатності, вологості, структурному стану, водопроникності та іншим агрофізичним властивостям ґрунту, а також мульчуванню поля рослинними рештками. Пояснив причини більш вологого клімату вітчизняних степів у минулому. З вичерпною повнотою вказав способи створення сталого, екологічно безпечного, економічно обґрунтованого землеробства, якомога найбільш адаптованого до степових ландшафтів.

Ключові слова: степ, посухи, ґрунт, вологість, степове землеробство, снігозатримання, культурний стан, обробіток.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. До реформи 1861 р. проблема пилових бур і дефляції південноросійських чорноземів не здавалася гострою. Вона з'явилася після реформи, коли розорали причорноморські степи і перемістили сюди центр товарного виробництва зерна, а селяни отримали від 3 до 7 га [1].

В останній чверті XIX ст. посухи, а разом з ними і чорні бурі стають звичайним явищем; в кінці століття вони набувають катастрофічних розмірів, зокрема, в 1876, 1885, 1886, 1891, 1892, 1898 і 1899 роках. До відміни кріпосного права їх було лише дві: у 1824 і 1848 р. [2]. У кінці XIX століття майже щорічно спостерігалися чорні бурі. Особливо спустошливою і грізною вона була у квітні–травні 1892 року, охопивши всю степову чорноземну смугу царської Росії. «Явище носило такий грізний і страхотливий характер, що всі очікували кінця світу... Потяги залізних доріг не могли рухатися від заносів чорнозему подібно тому, як взимку в снігових заносах. Після бур величезні площі залишилися цілком позбавленими будь-якої рослинності, на багатьох ділянках навіть бур'янистих трав зовсім не було, і в цьому випадку вони представляли чорну, чисту і гладеньку, як тік, поверхню... Канали глибиною до 2 аршин (1,42 м) виявилися засипаними. Захисні смуги залізних доріг місцями були цілком засипані» [3].

Слід зазначити, що після реформи 1861 р. швидко збільшується розораність південноросійських степів. Так, з 1861 до 1887 років цей показник підвищився в 1,5 раза; сюди ж перемістився і центр товарного виробництва пшениці. На зміну примітивним [4, 5, 6] прийшли екстенсивні [7, 8, 9] системи землеробства.

Слід зазначити, що тривалому існуванню у причорноморських степах примітивних систем рільництва (цілинної і перелогової) сприяв феодальний лад, за якого площа земельних уділів у дворян Новоросії досягала 130 тис. га. За таких великих маєтків і порівняно незначної кількості населення феодалі здебільшого не контролювали селян щодо площ розораних цілинних земель. Постійні земельні наділи за таких умов не забезпечували тих прибутків, які приносило вільне рільництво [10].

Після пилової бурі 1892 року голод охопив усю чорноземну смугу Російської імперії, майже всю державу, оскільки майже 75 % рільничої продукції було сконцентровано у двадцяти губерніях степової частини країни. Особливо великих втрат дрібнозему зазнали ґрунти півночі Таврійської і півдня Катеринославської губерній. В одному лише Маріупільському по-

віті дефляція знищила 164 тис. га посівів рільничих культур [11].

Посухи 1891 і 1892 років В.В. Докучаєв, П.А. Костичев, О.О. Ізмаїльський, Г.М. Висоцький сприйняли як особисту трагедію – адже вони життя поклали на пошуки заходів усунення або зменшення негативної їх дії на хліборобство і знайшли їх, однак владні структури держави або не виділяли необхідних коштів, або ігнорували їх втілення у рільничу практику [12]. Де тільки з'являлася можливість, вони переконували, що людина здатна захистити культурні рослини від метеорологічних несприятливих умов, усунути або істотно зменшити негативний вплив метеорологічних небезпечних явищ у землеробстві.

У зв'язку з цим П.А. Костичев читає курс лекцій в Петербурзькому сільськогосподарському музеї, в яких висвітлює комплекс заходів боротьби з посухою, які на прохання слухачів він друкує під назвою «О борьбе с засухой в черноземной области посредством обработки полей и накопления на них снега» [13].

В.В. Докучаєв у тому ж 1892 році видає працю «Наши степи прежде и теперь», всі збори від продажу якої віддає у фонд голодуючим. «Засухи и суховеи страшны нам только потому, что мы не умеем владеть ими», – стверджує автор праці. Розгадав основоположник генетичного ґрунтознавства і наукові перспективи тоді ще дворічних гідрофізичних досліджень ґрунтів Велико-Анадоля, сформулювавши їх наступною тезою: «Если степь при посредстве оврагов и ветров расточает свои почвы, то лес, напротив, является нередко складочным для них материалом» [14].

Вдумливі і точні спостереження за чорними бурями – бичем степового рільництва – провів і Г.М. Висоцький – основоположник вчення про типи водного режиму ґрунтів, який резюмував їх у спеціальній статті [15]. Він неодноразово переконував, що «вода в почве – всё равно, что кровь в организме человека» [16].

Багато зусиль на пошуки заходів боротьби з посухами на рубежі XIX і XX ст. приклали також В.Г. Ротмістрів – директор Одеського дослідного поля [17], К.А. Тімірязєв [18], О.М. Мишкін [19], О.О. Ізмаїльський [20, 21]. І не випадково, що саме останнього вважають шукачем істини і борцем з посухами на півдні України [12].

Праці О.О. Ізмаїльського показали об'єктивний стан степового рільництва і вперше дали глибоке теоретичне пояснення причин виникнення посух. Вони націлювали виробництво не на відновлення первобутнього степу, як це робили окремі степознавці, а вказу-

вали конкретні способи поліпшення степового господарства, зростання продуктивності ґрунтів і запобігання посух та їх шкідливих наслідків. Науковець довів, що боротьба з посухами має здійснюватися не лише з метою зростання кількісного надходження атмосферних опадів до поверхні ґрунту, але й створення умов проникнення води в самий ґрунт і збереження її там, запобігання чи зменшення випаровування.

Актуальність праць нашого співвітчизника зростає, оскільки сьогодні в першому мінімумі чинників життя рослин знаходиться вода, особливо в Лісостепу і Степу України. За останні чверть століття площа країни з надмірним і достатнім зволоженням зменшилася на 10 % і становить лише 7,6 млн га ріллі [22] із наявних 32,67 млн га орних земель [23].

З 1879 р. свою трудову, наукову і освітнянську діяльність О.О. Ізмаїльський пов'язав з Україною. У 1879–1883 рр. – викладач і завідувач ферми Херсонського земського сільськогосподарського училища (нині Херсонський НАУ), 1883–1896 рр. – керуючий маєтком «Пищано-Балясне» в Полтавському повіті. Велику допомогу він надав В.В. Докучаєву у період ґрунтово-геологічного обстеження Полтавщини (1886–1889 рр.), а також у розробленні планів роботи Особливої експедиції Лісового департаменту.

Мета дослідження – проведення комплексного історичного дослідження і аналіз наукової спадщини О.О. Ізмаїльського, особистого внеску в становлення і розвиток ґрунтозахисного і вологозберігаючого степового землеробства.

Матеріал і методи дослідження. Предмет (матеріал) дослідження – наукова діяльність О.О. Ізмаїльського у контексті розвитку ґрунтозахисного і вологозберігального степового рільництва наприкінці XIX ст.

Методичним інструментарієм були системно-структурний, історико-порівняльний, історико-хронологічний, описовий, логічно-аналітичний і бібліографічний методи дослідження, що дало змогу всебічно і об'єктивно висвітлити маловідомі факти наукової спадщини О.О. Ізмаїльського.

Результати дослідження та їх обговорення. О.О. Ізмаїльський (1851–1914) дослідження з вологості ґрунту за умов степового землеробства почав у 1879 р. в Херсонському сільськогосподарському училищі, де він працював одночасно викладачем і завідувачем ферми. У Західній Європі вчення про ґрунт і його родючість мало тоді цілком однобічне «хімічне забарвлення» під впливом мінеральної теорії живлення рослин Ю. Лібіха [24].

У Росії ж вчення про ґрунт і його родючість формувалось в особливу галузь знань, в якій основну увагу відводили не стільки «поверненню» ґрунту взятих з нього сільськогосподарськими культурами елементів живлення, скільки фізичній будові ґрунту, його трансформаційній здатності, тобто здатності вбирати, акумулювати і віддавати рослинам земні чинники життя. Передові вітчизняні науковці прийшли до висновку, що основною причиною втрати ґрунтом його початкової родючості є погіршення не хімічного складу, а фізичних властивостей його, а також недосконалість системи механічного обробітку. Такі видатні дослідники того часу, як І.О. Стебут, О.М. Шишкін, П.А. Костичев та інші, приділяли особливу увагу проблемам зволоження ґрунту, вивченню минулого степів, виникненню чорноземів, зростання лісової рослинності в степах тощо. В.Р. Вільямс зазначав, що саме ці обставини пояснюють той факт, що двоє молодих науковців – В.В. Докучаєв (1877 р.) і О.О. Ізмаїльський (1879 р.) – присвятили свої перші праці, що стали класичними, дослідженню чорноземних ґрунтів та їх властивостей. Інтерес до вивчення вологості ґрунтів і природи вітчизняних чорноземних степів посилювався під впливом неврожаїв від посух, які часто повторювалися. Класична праця О.О. Ізмаїльського «Как высохла наша степь», видана в 1893 р., є відповіддю на посуху 1891–1892 рр. [20]. У 1894 р. була опублікована друга його праця «Влажность почвы и грунтовая вода в связи с рельефом местности и культурным состоянием поверхности почвы» [21]. У ній викладено блискучий експериментальний матеріал, що підтверджує широкі узагальнення і висновки, зроблені в книзі «Как высохла наша степь».

Разом з О.О. Ізмаїльським на посуху 1891–1892 рр., це надзвичайно велике народне лихо, відгукнулись й інші науковці держави, які присвятили свої праці вивченню причин посухи і заходам боротьби з нею [13, 14, 17].

Слід зазначити, що В.В. Докучаєв і О.О. Ізмаїльський уже в перших публікаціях вказують на взаємозв'язок дефляційних процесів і посух. На їх думку, запаси води в ґрунті і протидефляційна стійкість його визначаються вмістом агрономічно цінних агрегатів (структурним станом ґрунту).

У XIX ст. вітчизняними вченими встановлений прямий зв'язок між інтенсивністю антропогенного навантаження на ґрунти степової зони і негативними наслідками в рільничій галузі, зокрема, дефляційними процесами.

Історична заслуга О.О. Ізмаїльського полягає в тому, що він у праці «Как высохла наша

степь» вперше широко висвітлив питання походження українських степів, стадію їх розвитку, причини виникнення посух і заходи боротьби з ними. Вчений дає високу оцінку, поряд з глибоким обробіткою, оструктуреності ґрунту, яка визначає водний і поживний режим його. О.О. Ізмаїльський був не лише видатним українським науковцем, але й великим знавцем організації сільського господарства. Всі його експериментальні дані і сміливі узагальнення мають виняткову силу; його теоретичні передбачення і практичні висновки щодо еволюції вітчизняних степів, вчення про заходи боротьби з посухою і системи обробітку ґрунту тісно пов'язані між собою. На основі багатого фактичного матеріалу він довів, що підтримання поверхні ґрунту в розпушеному стані і поглиблення орного шару мають величезне значення у боротьбі з посухою.

На підставі проведених досліджень в Херсонській губернії вчений прийшов до висновку, що той чи інший культурний стан поверхні ґрунту істотно впливає не лише на вологість його верхніх шарів, але й на загальний запас ґрунтової вологи, і що серед причин виснаження вітчизняних степів на воду перше місце посідає не зміна клімату місцевості, а зміна характеру поверхні ґрунту.

Надалі як управитель великого маєтку (9 тис. десятин) князя Кочубея в Полтавському повіті, О.О. Ізмаїльський продовжив почату ним в Херсонській губернії науково-дослідну роботу з вивчення особливостей степового землеробства. Аналізуючи річні коливання вологості ґрунту, він звернув увагу на те, що «чим сухіша осінь, чим довше залишається поверхня ґрунту позбавленою снігового покриву, чим сильніші морози по голій землі і чим глибше, таким чином, промерзає ґрунт і далі чим швидше наступає весна, тим сухішим буде ґрунт на початку весни».

Здебільшого, стверджує науковець, сніговий покрив на поверхні поля нерівномірний; найчастіше, навіть у роки з великим сніговим покривом, ґрунт залишається або цілком «голим» або трохи прикритим снігом, а ще частіше шаром льодяної кірки в результаті короткострокових зимових відлиг. Сніг же нагромаджується ярами, лісами тощо, тобто в тих місцях, де він не має ніякого значення для культурних рослин. О.О. Ізмаїльський наголошує на необхідності снігозатримання.

Науковець експериментально довів, що за однакових метеорологічних умов запаси води в ґрунтах можуть істотно відрізнитися залежно від їх культурного стану. Цей показник у шарі ґрунту 213 см (3 аршини) на одній десятині

(10888,5 м²) після збирання коренеплодів (до 2000 пудів) виявився на 1130,5; 676,4 і 512,2 м³ більшим, ніж відповідно в степу, яруму і озимому полях. Впродовж літа цей шар ґрунту з однієї десятини втратив води в степу 1778,1 м³, а бурякове поле – 2087,3 м³, тобто на 309,2 м³ більше. Незважаючи на це, бурякове поле в жовтні на глибині 213 см мало вологість ґрунту 15,84 %, а степ – 13,23 %.

Вчений прийшов до висновку, що чим більша абсолютна річна кількість атмосферних опадів і, ще важливіше, чим більша частка їх вбирається ґрунтом, а не стікає з його поверхні, тим вищий рівень ґрунтової води.

Досліджуючи причини, які зумовлюють відмінності у зволоженні ґрунту, О.О. Ізмаїльський, стверджує, що «... ґрунти, залежно від культурного стану їх поверхні, дуже неоднаково використовують дощі, що випадають на їх поверхню». Він вказує на особливо несприятливі умови вітчизняного степу: бідна рослинність, ущільнена поверхня, яка мало вбирає атмосферних опадів, особливо зливого характеру. Рідкі опади не встигають увібратися в глибокі шари степового ґрунту, швидко стікають у низини, а та частка опадів, що проникла у верхній шар ґрунту, випаровується під впливом нічим не стримуваних вітрів.

Результати своїх досліджень науковець формулює наступними загальними положеннями:

1. «Вологість ґрунту залежить від виду і будови поверхні ґрунту навряд чи не більше, ніж від кількості атмосферних опадів.

2. За однієї і тієї самої кількості атмосферних опадів, але за різного культурного стану ґрунтів, один із них щорічно буде збагачуватися вологою, а другий, навпроти, все більше і більше буде висихати.

3. Збільшення запасів вологи в ґрунті залежить переважно від: а) умов, що утруднюють стік атмосферної води з поверхні ґрунту; б) умов, що сприяють проникненню цієї вологи всередину ґрунту; в) умов, що захищають поверхню ґрунту від висихання».

У цих положеннях О.О. Ізмаїльський дав вичерпну відповідь на причини висихання українських степів і вказав основні передумови для корінної перебудови вітчизняного землеробства з метою отримання високих і сталих урожаїв за наявною кількістю атмосферних опадів.

Вчений зазначає, що «порівняно недавно степ був вкритий гігантською рослинністю, в якій міг сховатися вершник, а за свідченням знавця наших південних степів М. Палімпсестова, місцеві старожили ще пам'ятають, коли сира земля лежала не глибше одного аршина

(0,71 м), а ґрунтові води знаходилися на глибині від 6 до 9 сажень. Тепер у тих самих Херсонських степах вода в криницях знаходиться на глибині від 15 до 20 сажень, причому вона нерідко солона».

Ще в 1882 р. на підставі досліджень вологості ґрунтів у Херсонській губернії О.О. Ізмаїльський зробив правильний висновок, що «колишній степ зі своєю гігантською рослинністю повинен мати для краю не менше значення, ніж те, що визнається тепер за лісами». Помилковою є думка окремих авторів, які пояснювали причину більш вологого клімату степів південної Росії в минулому наявністю великих масивів поблизу розташованих лісів. Безперечно, лісові масиви певною мірою впливали на клімат степу.

Відомо, що в часи Геродота південь Росії являв собою обширну рівнину, а невелика смужка лісів, що тягнулася лише вздовж берегів річок, не могла істотно впливати на клімат степу. Чітку відповідь на це питання дає О.О. Ізмаїльський. Він вказує, що незайманий ковиловий степ зовсім по-іншому використовує різні види (тверді, рідкі, змішані) і типи (облогові, зливові, мрячні) атмосферних опадів. Зокрема, ранньою весною, як тільки починається танення снігу, в степу неможливо побачити великі потоки води. Розораний же степ з його жалюгідною рослинністю на вигонах і пасовищах, не здатний увібрати великої кількості вологи, швидко покривається великими, нерідко бурхливими потоками води, яка стікаючи без користі в низини, виносить з собою величезну кількість родючого шару ґрунту і спричиняє початок утворення промоїн, ярів.

З розорюванням і знищенням незайманих степів кількість і розміри ярів значно зросли. Наявність розгалуженої мережі ярів сприяє надзвичайно швидкому збіганню весняних вод з поверхні ґрунту, який залишається майже сухим. Місцеві ж річки, які в минулому спокійно розливалися весною, тепер своїми короткочасними і бурхливими розливами наносять великий збиток сільському господарству і населеним пунктам, примушуючи інколи переносити будівлі на нові місця.

О.О. Ізмаїльський пише, що незайманий степ для господаря створював багато незручностей: «в його гігантській рослинності важко було спостерігати за тваринами, а ці останні в старих заростях ковила з трудом добиралися до м'якого ніжного трав'яного мокрецю; накінець, обробіток такого степу вимагав великих зусиль від господаря, а корисні властивості цих первобутних степів господарем не усвідомлювалися; тому недивно, що господар ніби

поспішав звільнитися від таких незручних територій; він палив степ, вибивав його худобою, а потім – розорював; знявши декілька урожаїв, знову залишав його заростати дикою рослинністю, яку вибивав своєю худобою, позбавляючи її можливості зміцніти».

Людина, як зазначає науковець, позбавила степ гігантської рослинності і знищила ту товсту повсть із відмерлих рослинних решток, яка, як губка, вбирала воду і захищала ґрунт від висушувальної дії палючих сонячних променів і неймовірної сили вітрів. Степ втратив здатність затримувати на своїй поверхні сніг, який тепер легко зноситься з нього, навіть вітром незначної швидкості. Внаслідок цього «весною ґрунт висихав нерідко раніше, ніж встигав відтанути на повну глибину». Зменшення кількості атмосферної вологи, що вбирається ґрунтом, рівнозначне, як стверджує вчений, зменшенню атмосферних опадів, оскільки для раціональної організації польового господарства степів важлива не загальна сума щорічних атмосферних опадів, а лише та частина, що вбирається ґрунтом і надалі може бути використана сільськогосподарськими рослинами.

Нині, надзвичайно актуальним є грізне застереження О.О. Ізмаїльського: «Якщо ми будемо продовжувати так само безтурботно дивитися на прогресуючі зміни поверхні наших степів, а у зв'язку з цим і на прогресуюче висушування степового ґрунту, то навряд чи можна сумніватися, що в порівняно недалекому майбутньому наші степи перетворяться у безплідну пустелю».

Вчений констатував, що проведення в посушливих степах таких важливих заходів як заліснення ярів, будівництво загат у їх вершинах, зміна самої форми поверхні ґрунту тощо, через високу вартість можливе лише в окремих великих господарствах поміщиків. «Крім того, очікувані від них результати можуть бути досягнуті лише в тому разі, коли вони будуть застосовуватися на великих територіях, як заходи громадські, а не окремої господарської одиниці, оскільки в останньому разі можуть бути великі труднощі, вирішення яких непосильно одній особі».

Праця О.О. Ізмаїльського «Как высохла наша степь» тим і цінна, що з винятковою глибиною і виразністю узагальнила коло проблем, пов'язаних з положенням степового землеробства, розкрила причини висушування вітчизняних степів і водночас вичерпно вказала способи створення сталого, екологічно безпечного і високопродуктивного рільництва, якомога найбільш адаптованого до степових ландшафтів.

Науковець в особливому розділі висвітлює заходи, якими людина може зупинити висушування вітчизняних степів. Артезіанські колодязі, загати, залісення, причому в грандіозних обсягах – ось ті нагальні заходи, до яких має бути прикута найбільша увага. Водночас О.О. Ізмаїльський констатував, що ці заходи навряд чи можуть бути впроваджені у великих масштабах. «Усі турботи господаря мають бути зведені до єдиної мети, – по можливості збільшити ту частину атмосферної вологості, яка вбирається ґрунтом, відповідно зменшуючи кількість атмосферної вологи, що марно стікає з поверхні ґрунту». Для досягнення цієї цілі, на його думку, першочерговими заходами є залісення ярів, облаштування загатів у їх вершинах, а потім і зміна самої форми поверхні ґрунту з метою припинення стоку атмосферної вологи. Заразом О.О. Ізмаїльський вказує і на необхідність застосовувати і менш коштовні, а, отже, більш доступні заходи боротьби з посухою. Він одним з перших у вітчизняній сільськогосподарській літературі вказав на важливе значення снігозатримання, як джерела вологи, і розробив легкодоступні заходи його проведення. Досліди в Піщано-Балаянській економії імені Кочубея показали, що залишені в певній послідовності під зиму в полі рослини гаюляну не лише захищали від здування сніговий покрив, але й сприяли більшому його нагромадженню.

О.О. Ізмаїльський вперше у вітчизняній рілльничій практиці застосував кулісний пар, у якому чотириметрові смуги кукурудзи розміщували через кожні двадцять метрів парового поля перпендикулярно напрямку панівних вітрів. Пшениця озима, висіяна восени в кулісному парі між смугами рослин кукурудзи, впродовж зимового періоду рівномірно вкрита сніговим покривом, який захищає рослини від несприятливих умов перезимівлі, а ґрунт від дефляційних і ерозійних процесів. Тоді ж науковець застосував у паровому полі й інший спосіб затримання снігу: впродовж осіннього і зимового періодів мульчували смуги ґрунту гноєм, валки якого розміщували з півночі на південь, що забезпечило рівномірний сніговий покрив на всьому полі. Рекомендував він і оранку полів проводити поперек схилів, контуром, тобто горизонталлями рельєфу. Для боротьби з ерозією пропонував і борознування в напрямі горизонталей місцевості.

Для боротьби з посухою радить знищувати бур'яни, проводити мульчування ґрунту рослинними рештками, поверхню поля підтримувати у розпушеному стані, вносити добрива тощо. Вчений зазначає, що крім цих доступних

заходів боротьби з посухою, в кожній місцевості знайдеться безліч заходів, значення яких буде досить неоднаковим залежно від ґрунтової відміни, рельєфу місцевості та інших умов. Для відшукування цих заходів боротьби з посухою, а рівно і для роз'яснення їх порівняльного значення у різних ґрунтово-кліматичних умовах О.О. Ізмаїльський запропонував систему спеціальних досліджень, організованих за єдиним планом. Він застерігав від «кабінетних досліджень» і особливо наголошував на необхідності наукових досліджень, які б пояснили все те, що відбувається з водою в ґрунті; «... досліджуючи цю останню не у вигляді штучного порошку, приготовленого в кабінеті, а досліджуючи її в природі, не порушуючи природної будови ґрунту...», оскільки від останньої залежить розподіл вологи. Водночас науковець застерігав від некритичного наслідування досвіду «практика – господаря» або від сліпого копіювання «закордону».

Снігозатримання нарізанням снігових валів сніговими плугами також вперше було впроваджено у вітчизняну рілльничу практику в кінці позаминулого століття О.О. Ізмаїльським. За цього заходу процес снігозатримання механізується і проводиться без витрачання матеріалів за невеликих трудових затрат. Нарізають вали за допомогою кінних снігових плугів, а нині – тракторних.

«Ми до цих пір, маючи на увазі відому місцевість, не можемо домовитися – якому обробітку віддати перевагу. Хто радить дотримуватися якомога глибокої оранки, а хто, навпаки, є захисником не лише мілкої оранки, але і прославляє сівбу під рало. Хто рекомендує гній як добриво, а хто стверджує, що за удобрення гноєм рослини легко вигорають. Хто рекомендує чорний пар, а хто стверджує, що чорний пар розтрачує поживні речовини ґрунту і т.д...» – пише О.О. Ізмаїльський.

У зв'язку з цим щодо способів і глибини основного обробітку, як у роки життя О.О. Ізмаїльського [25], так і нині [26], відсутня єдина думка навіть на однакових ґрунтових відмінах.

Слід зазначити, що у 90-х роках XIX ст. вітчизняні науковці і виробничники вели гостру дискусію щодо глибини основного обробітку. Більшість виступали за глибоку оранку. Їх очолював О.О. Ізмаїльський, який був непримиренним і суворим до різних псевдовчених і кар'єристів. Його супротивниками були І. Овсінський і В. Кудашов – великі землевласники, а також різні орендарі. У 1893–1894 рр. у низці статей він критикує управляючого маєтком І.Є. Овсінського за огульне заперечення глибокої оранки та виступи проти передових на-

уковців і дослідних установ того часу [27]. Основна ж ідея І.Є. Овсінського зводилась до пропозиції обробляти ґрунт не глибше п'яти сантиметрів, щоб знищити бур'яни і отримати розпушений шар для заробки насіння [28, 29]. Вчені зазначають, що «...в предложениях И.Е. Овсинского было, несомненно, рациональное зерно, хотя бы в том смысле, что они ломали сложившиеся научные каноны и открывали возможности широкого поиска» [30].

Великий загальний вітчизняний науковців пропонують сьогодні повністю відмовитися від плуга [31], однак більшість рекомендує оранку один раз у три – п'ять років [32, 33]. Відсутня в наукових колах і аграріїв України єдина думка про доцільність і частку чистих парів у сівзмінах Лісостепу і Степу [34, 35].

Отже, для вирішення зловбодених питань землеробства необхідно, як наполягав О.О. Ізмаїльський, організувати добре продумані і всебічно обґрунтовані дослідження, виробничі дослідження і перевірки, для яких по всій державі має бути розгорнута широко розгалужена мережа дослідних полів і дослідних станцій.

Талановитий дослідник неодноразово вказував на неприпустимість шаблону в землеробстві, одстоював необхідність розроблення диференційованих агротехнічних заходів. «Я маю сказати, що коли не можна пошити чобота, придатного на ногу кожній людині, то тим більше не можна вишукати такого загального правила для обробки ґрунту, яке було б однаково придатним у всякий час і на всіх ґрунтах» [21].

Висновки. О.О. Ізмаїльський вперше науково обґрунтував стан вітчизняного землеробства на півдні України і дав глибоке теоретичне пояснення дефляційним процесам і причинам виникнення посух в останній чверті XIX ст. та вказав на їх взаємозв'язок.

Він експериментально довів вирішальне значення дрібногрудочкуватої (агрономічно цінної) водотривкої структури чорнозему в регулюванні водного режиму, а отже, і у підвищенні урожайності. Встановив, що першопричиною зниження продуктивності полів у посушливі роки є, зазвичай, не кількість щорічних атмосферних опадів, а неспроможність безструктурного і розпорошеного ґрунту увібрати, акумулювати і віддати рослинам воду впродовж їх вегетаційного періоду.

Вперше глибоко і всебічно висвітлив питання походження українських степів, стадію їх розвитку, причини виникнення посух і запропонував комплекс науково обґрунтованих заходів боротьби з ними. Встановив, що головною причиною висушування ґрунту є зміна

характеру його поверхні (культурного стану). Дав вичерпну відповідь на причини висихання українських степів і вказав основні способи створення сталого екологічнобезпечного і високопродуктивного землеробства, адаптованого до місцевих ландшафтів.

Грізно застерігав про можливість перетворення українських степів у безплідну пустелю за неконтрольованого антропогенного навантаження на земельні ресурси.

Вперше у вітчизняній хліборобській практиці застосував кулісний пар, снігозатримання нарізанням валів сніговими плугами та інші агрозаходи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Прима І.Д., Войтовик М.В. Ерозія і технологія обробки ґрунту: історія розвитку наукових поглядів до початку другої половини 20 століття. Агробіологія, 2015, 2(121). С. 5–12.
2. Землеробство на еродованих ґрунтах / Прима І.Д. та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. С. 23–33.
3. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними. М. Л.: Изд-во АН СССР, 1948, Т. 1. 487 с.
4. Прима І.Д., Прима О.І. Історичні аспекти формування примітивних систем землеробства в Україні. Вісник Білоцерківського державного аграрного університету. 2006. 43. С. 13–19.
5. Прима І.Д., Прима О.І. Примітивні системи землеробства в Україні: історія їх розвитку і агротехнічні основи: наукові записки Академії наук вищої освіти України. Київ: Вид-во АН ВО України, 2008. С. 97–108.
6. Прима І.Д., Прима О.І. Історія розвитку і становлення примітивних систем землеробства в Україні. Науковий вісник Ужгородського університету. Біологія. 2008. Вип. 24. С. 221–226.
7. Прима І.Д., Ряба О.І. Еволюція цілинної і перелогової систем землеробства в Україні. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Сільськогосподарські науки. Вінниця, 2012. Вип. 6. № 68. С. 3–17.
8. Прима І.Д., Прима О.І. Історичні аспекти формування екстенсивних систем землеробства в Україні. Вісник Білоцерківського державного аграрного університету. 2007. 50. С. 5–13.
9. Землеробство: підручник / Прима І.Д. та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. С. 446–478.
10. Советов А.В. О системах земледелия: избр. соч. Москва: Сельхозгиз, 1950. С. 235–419.
11. Соболев С.С. Защита почв от эрозии. Москва: Изд-во с.-х. литературы, журналов и плакатов. 1961. 231 с.
12. Історія агрономічної науки і техніки: навчальний посібник / Прима І.Д. та ін. Вінниця: ТОВ «Нілан – ЛТД», 2014. С. 68–90.
13. Костычев П.А. О борьбе с засухой в черноземной области посредством обработки полей и накопления на них снега: избранные труды. Москва: Изд.-во АН СССР, 1951. С. 450–530.

14. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь: 5-е издание в пользу пострадавших от неурожая. С.-Петербург: Типография Е. Евдокимова, Б. Итальянская, № 11, 1892. 96 с.

15. Высоцкий Г.Н. Материалы по изучению черных бурь: труды экспедиции лесного департамента. С.-Петербург, 1894. С. 33–48.

16. Г.М. Висоцький – лісівник, ботанік, ґрунтознавець, еколог і географ (до 80-річчя з дня смерті) / Примак І.Д. та ін. Сучасні виклики і актуальні проблеми лісівничої освіти, науки та виробництва: матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Біла Церква: БНАУ, 2021. С. 10–14.

17. Ротмистров В. Сущность засухи по данным Одесского опытного поля. Одесса, 1913. 28 с.

18. Тимирязев К.А. Борьба с засухой: соч. Москва: Сельхозгиз, 1937. Т. 3. С. 123–178.

19. Шишкин А.Н. К вопросу об уменьшении вредного действия засух на растительность. С.-Петербург, 1876. 121 с.

20. Измаильский А.А. Как высохла наша степь. Полтава: Типография Л. Фришберга, 1883. 68 с.

21. Измаильский А. Влажность почвы и ґрунтовая вода в связи с рельефом местности и культурным состоянием поверхности почвы. Результаты исследований влажности почвы в Полтавском уезде с 1886 по 1893 год. Полтава: Типо-Литография Л. Фришберга, 1894. 323 с.

22. 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.

23. Кузін Н.В. Реабілітація деградованих і малопродуктивних земель сільськогосподарського призначення: монографія. Суми: Мрія – 1, 2016. С. 42–43.

24. Либих Ю. Основы земледелия. С.-Петербург: Изд-во Вольного экономического общества, 1855. 123 с.

25. Еволюція теоретичних і практичних основ переходу від полищевого до безполищевого і поверхневого обробітку ґрунту в Україні до середини першої половини 20 ст. / Примак І.Д. та ін. Агробіологія, 2018. 1 (138). С. 17–27.

26. Еволюція теоретичних і практичних основ переходу від полищевого до безполищевого і поверхневого та нульового обробітків ґрунту в Україні з середини першої половини 20 ст. до сьогодні / Примак І.Д. та ін. Агробіологія, 2018. 2. С. 6–17.

27. Механічний обробіток ґрунту: історія, теорія, практика: навчальний посібник / Примак І.Д. та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. С. 128–164.

28. Пономарев В.П. Агрономическая наука Бессарабии в 1812–1917 гг. Кишинев: Штиинца, 1981. С. 79–81.

29. Бертенсон В. По хозяйствам юга России (Херсонская и Подольская губ.): записки Императорского общества сельского хозяйства южной России. 1901. С. 11–12.

30. Почвозащитное земледелие / под общ. ред. А.И. Бараева. Москва: Колос, 1975. С. 232–241.

31. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві: наукова монографія. Національний аграрний університет України / за ред. М.К. Шикюли. Київ: П.Ф. «Оранта», 1998. 680 с.

32. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: ХНАУ, Майдан, 2019. 210 с.

33. Танчик С.П., Цюк О.А., Центило Л.В. Наукові основи систем землеробства: Монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 314 с.

34. Єщенко В.О., Опришко В.П., Копитко П.Г. Сівозміни лісостепової зони. Умань, 2007. С. 18–26.

35. Сівозміни: підручник / Танчик С.П. та ін. Київ: ЦП Компрінг, 2019. С. 143–149.

REFERENCES

1. Prymak, I.D., Voytovyk, M.V. (2015). Eroziya i tekhnolohiya obrobittku ґruntu: istoriya rozvytku naukovykh pohlyadiv do pochatku druhoyi polovyny 20 stolittya [Erosion and tillage technology: the history of the development of scientific views to the beginning of the second half of the 20th century]. *Ahrobiolohiya [Agrobiology]*, no. 2(121), pp. 5–12.

2. Prymak, I.D., Kosolap, M.P., Kovalenko, V.P. (2018). Zemlerobstvo na erodovanykh ґruntakh [Agriculture on eroded soils]. *Vynnytsya, Tvory*, pp. 23–33.

3. Sobolev, S.S. (1948). Razvitiye erozionnykh protsessov na territorii yevropeyskoy chasti SSSR i bor'ba s nimi [Development of erosion processes on the territory of the European part of the USSR and their control]. *Moscow, Publishing house AN SSSR*, no. 1, 487 p.

4. Prymak, I.D., Prymak, O.I. (2006). Istorychni aspekty formuvannya pryमितvynykh system zemlerobstva v Ukraini [Historical aspects of the formation of primitive systems of agriculture in Ukraine]. *Visnyk Bilotserkivs'koho derzhavnogo ahrarnoho universytetu [Bulletin of Bila Tserkva State Agrarian University]*, no. 43, pp. 13–19.

5. Prymak, I.D., Prymak, O.I. (2008). Pryमितvyni systemy zemlerobstva v Ukraini: istoriya yikh rozvytku i ahrotekhnichni osnovy: naukovy zapysky Akademiyi nauk vyshchoyi osvity Ukrainy [Primitive systems of agriculture in Ukraine: history of their development and agrotechnical bases: scientific notes of the Academy of Sciences of Higher Education of Ukraine]. *Kyiv, Publishing house AN VO Ukraine*, pp. 97–108.

6. Prymak, I.D., Prymak, O.I. (2008). Istoriya rozvytku i stanovlennya pryमितvynykh system zemlerobstva v Ukraini [History of development and formation of primitive systems of agriculture in Ukraine]. *Naukovyy visnyk Uzhhorods'koho universytetu. Biolohiya [Scientific Bulletin of Uzhgorod University. Biology]*, no. 24, pp. 221–226.

7. Prymak, I.D., Ryaba, O.I. (2012). Evolyutsiya tsilynnoyi i perelohovoyi system zemlerobstva v Ukraini [Evolution of virgin and fallow systems of agriculture in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Sil'skohospodars'ki nauky [Vinnytsia National Agrar-*

ian University. Agricultural sciences]. Vinnytsya, no. 6(68), pp. 3–17.

8. Prymak, I.D., Prymak, O.I. (2007). Istorychni aspekty formuvannya ekstensyivnykh system zemlerobstva v Ukrayini [Historical aspects of the formation of extensive farming systems in Ukraine]. Visnyk Bilotserkivskoho derzhavnogo ahrarnoho universytetu [Bulletin of Bila Tserkva State Agrarian University], no. 50, pp. 5–13.

9. Prymak, I.D., Yezerkovs'ka, L.V., Fedoruk, YU.V. (2020). Zemlerobstvo: pidruchnyk [Agriculture]. Vinnytsya, Tvory, pp. 446–478.

10. Sovetov, A.V. (1950). O sistemakh zemledeliya: izbr. soch. [About farming systems]. Moscow, Selhozgiz, pp. 235–419.

11. Sobolev, S.S. (1961). Zashchita pochv ot erozii [Soil protection from erosion]. Moscow, Publishing house of agricultural literature, magazines and posters, 231 p.

12. Prymak, I.D., Tkachuk, V.M., Tsentylo, L.V., Prymak, O.I., Kalens'ka, S.M. (2014). Istoriya ahronomichnoyi nauky i tekhniki: navchal'nyy posibnyk [History of agronomic science and technology]. Vinnytsya, Nilan–LTD, pp. 68–90.

13. Kostychev, P.A. (1951). O bor'be s zasukhoy v chernozemnoy oblasti posredstvom obrabotki poley i nakopleniya na nikh snega: izbrannyye trudy [On the fight against drought in the black earth region through the cultivation of fields and the accumulation of snow on them: selected works]. Moscow, Publishing house AN SSSR, pp. 450–530.

14. Dokuchayev, V.V. (1892). Nashi stepi prezhde i teper': 5-ye izdaniye v pol'zu postradavshikh ot neurozhaya [Our steppes then and now: 5th edition in favor of the victims of crop failure]. St. Petersburg, Publishing house Ye. Yevdokimova, B. Ital'yanskaya, no. 11, 96 p.

15. Vysotskiy, G.N. (1894). Materialy po izucheniyyu chernykh bur': trudy ekspeditsii lesnogo departamenta [Materials for the Study of Black Storms: Proceedings of the Expedition of the Forest Department]. St. Petersburg, pp. 33–48.

16. Prymak, I.D., Prysyzhnyuk, N.M., Voytovyk, M.V. (2021). H.M. Vysots'kyy – lisivnyk, botanik, gruntoznaveets', ekolog i heohraf (do 80-richchya z dnya smerti) [G.M. Vysotsky – forester, botanist, soil scientist, ecologist and geographer (to the 80th anniversary of his death)]. Suchasni vyklyky i aktual'ni problemy lisivnychoyi osvity, nauky ta vyrobnytstva: materialy I Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi [Modern challenges and current problems of forestry education, science and production: materials of the I International scientific-practical Internet conference]. Bila Tserkva, BNAU, pp. 10–14.

17. Rotmistrov, V. (1913). Sushchnost' zasukhi po dannym Odesskogo opytnogo polya [The essence of drought according to the Odessa experimental field]. Odessa, 28 p.

18. Timiryazev, K.A. (1937). Bor'ba s zasukhoy: soch. [Drought control]. Moscow, Selhozgiz, Vol. 3, pp. 123–178.

19. Shishkin, A.N. (1876). K voprosu ob umen'shenii vrednogo deystviya zasukh na rasti-

tel'nost' [On the issue of reducing the harmful effects of droughts on vegetation]. St. Petersburg, 121 p.

20. Izmail'skiy, A.A. (1883). Kak vysokhla nasha step' [How our steppe dried up]. Poltava, Publishing house L. Frishberga, 68 p.

21. Izmail'skiy, A. (1894). Vlazhnost' pochvy i gruntovaya voda v svyazi s rel'yefom mestnosti i kul'turnym sostoyaniyem poverkhnosti pochvy [Soil moisture and groundwater in relation to the terrain and the cultural state of the soil surface]. Rezul'taty issledovaniy vlazhnosti pochvy v Poltavskom uyezde s 1886 po 1893 god [Results of studies of soil moisture in the Poltava district from 1886 to 1893]. Poltava, Typo-Lithography by L. Frishberg, 323 p.

22. Voropay, H.V. (2020). Sil's'kohospodars'ke vykorystannya osushuvanykh zemel' humidnoyi zony Ukrayiny v umovakh reformuvannya ahrarnoho sektoru ta zmin klimatu [Agricultural use of drained lands of the humid zone of Ukraine in the context of agricultural sector reform and climate change]. Visnyk ahrarnoyi nauky [Bulletin of Agricultural Science], no. 11, 63 p.

23. Kuzin, N.V. (2016). Reabilitatsiya dehradovanykh i maloproduktyvnykh zemel' sil's'kohospodars'koho pryznachennya: monografiya [Rehabilitation of degraded and unproductive agricultural lands]. Sumy, Publishing and production enterprise "Dream – 1", pp. 42–43.

24. Libikh, YU. (1855). Osnovy zemledeliya [Farming Basics]. St. Petersburg, Publishing House of the Free Economic Society, 123 p.

25. Prymak, I.D., Voytovyk, M.V., Panchenko, O.B. (2018). Evolyutsiya teoretychnykh i praktychnykh osnov perekhodu vid polytsevoho do bezpolytsevoho i poverkhnovoho obrobittu gruntu v Ukrayini do sere-dyny pershoyi polovyny 20 st. [Evolution of theoretical and practical bases of transition from shelf to shelfless and surface tillage in Ukraine to the middle of the first half of the 20th century]. Ahrobiologiya [Agrobiology], no. 1 (138), pp. 17–27.

26. Prymak, I.D., Panchenko, O.B., Voytovyk, M.V. (2018). Evolyutsiya teoretychnykh i praktychnykh osnov perekhodu vid polytsevoho do bezpolytsevoho i poverkhnovoho ta nul'ovoho obrobittiv gruntu v Ukrayini z sere-dyny pershoyi polovyny 20 st. do s'ohodennya [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]. Ahrobiologiya [Agrobiology], no. 2, pp. 6–17.

27. Prymak, I.D., Kosolap, M.P., Panchenko, O.B. (2019). Mekhanichnyy obrobittok gruntu: istoriya, teoriya, praktyka: navchal'nyy posibnyk [Mechanical tillage: history, theory, practice]. Vinnytsya, Tvory, pp. 128–164.

28. Ponomarev, V.P. (1981). Agronomicheskaya nauka Bessarabii v 1812–1917 gg. [Agronomic science of Bessarabia in 1812–1917]. Kishinev, Shtiintsa, pp. 79–81.

29. Bertenson, V. (1901). Po khozyaystvam yuga Rossii (Khersonskaya i Podol'skaya gub.): zapiski Imperatorskogo obshchestva sel'skogo khozyaystva yuzhnoy Rossii [On the farms of southern Russia

(Kherson and Podolsk provinces): notes of the Imperial Society of Agriculture of Southern Russia], pp. 11–12.

30. Barayev, A.I. (1975). *Pochvozashchitnoye zemledeliye* [Conservation agriculture]. Moscow, Kolos, pp. 232–241.

31. Shykul, M.K. (1998). *Vidtvorenniya rodyuchosti gruntiv u gruntozakhysnomu zemlerobstvi: naukova monohrafiya* [Reproduction of soil fertility in soil protection agriculture]. Natsional'nyy ahrannyi universytet Ukrayiny [National Agrarian University of Ukraine]. Kyiv, Oranta, 680 p.

32. Shevchenko, M.V. (2019). *Naukovi osnovy system obrobittu gruntu v umovakh nestiyykoho ta nedostatn'oho zvolozhennya: monohrafiya* [Scientific bases of tillage systems in conditions of unstable and insufficient moisture]. Kharkiv, KHNAU, Maidan, 210 p.

33. Tanchyk, S.P., Tsyuk, O.A., Tsentylo, L.V. (2015). *Naukovi osnovy system zemlerobstva: monohrafiya* [Scientific bases of agricultural systems]. Vinnytsya, Nilan-LTD, 314 p.

34. Yeshchenko, V.O., Opryshko, V.P., Kopytko, P.H. (2007). *Sivozmyny lisostepovoyi zony* [Crop rotation of the forest-steppe zone]. Uman, pp. 18–26.

35. Tanchyk, S.P., Prymak, I.D., Litvinov, D.V., Tsentylo, L.V. (2019). *Sivozmyny: pidruchnyk* [Crop rotation]. Kyiv, Komprynt, pp. 143–149.

Unrenowned facts of scientific heritage of O.O. Izmailsky (devoted to the 170th birth anniversary)

Prymak I., Prisyazhniuk N., Fedoruk Yu., Voitovyk M., Obrazhyy S.

O.O. Izmailsky was the first to cover the issue of the origin of the Ukrainian steppes, their development stage, causes of droughts. The scientist developed scientifically substantiated complex of organizational, agrotechnical and reclamation measures to fight droughts and further implemented them in agricultural practice. The experimentalist has shown that droughts are not caused by climate, in particular, annual amount of precipitation, but rather by the nature (cultural condition) of the field surface and the soil structure. He

pointed out the need for snow retention, developed and implemented effective measures for its implementation which are relevant today: fallows, mulching, cutting shafts with snow plows, etc.

He recommended using artesian wells, artificial relief creation, slopes terracing, dams and afforestation to resist drought. The scientist led the supporters of deep plowing promoted and implemented in the farms of Poltava and Kherson oblasts. The scientists warned that the human careless attitude to the progressing drying of Ukrainian steppes might result in turning it into a barren desert in the near future.

O.O. Izmailsky proposed to organize a wide network of research fields and stations throughout Ukraine in order to address pressing issues of agriculture.

He established the link between droughts and deflationary processes. One of the scientist's immortal merits is his correct concluding that it is the inability of the sprayer, unstructured and dusty soil to absorb, accumulate and give back water and its nitrogen and ash nutrition elements to plants that cause of draughts and hence crop failures in the southern oblasts rather than the sum of the precipitation that falls during a year. The scientists proved the need for support soil surface in a loose state and deepening of the arable layer to resist drought. He developed a set of measures to fight soil erosion.

The scientist considered it is not the climate but the soil surface change that is the main reason for the depletion of the Ukrainian steppes to water. He pointed out that water retention plays an important role in the water regime improving ability, moisture capacity, structural condition, water permeability and other agro-physical soil properties, along with mulching the field with plant residues. The scientists has also explained the reasons for more humid climate of domestic steppes in the past. He pointed out the ways to create a sustainable, environmentally friendly, economically viable agriculture that are adapted to the steppe landscapes to the largest extent.

Key words: steppe, droughts, soil, humidity, steppe agriculture, snow retention, cultural condition, cultivation.



Copyright: Примак І.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.



ORCID iD:

Примак І.Д.

Присяжнюк Н.М.

Федорук Ю.В.

Образій С.В.

<https://orcid.org/0000-0002-0094-3469>

<https://orcid.org/0000-0002-4737-0143>

<https://orcid.org/0000-0003-3921-7955>


<https://orcid.org/0000-0002-3532-6655>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.46:633/635

Видовий та кількісний склад мікофлори сірого лісового ґрунту за інтенсивного садівництва і рослинництваРазанов С.Ф. , Мельник В.О.

Вінницький національний аграрний університет

 Мельник В.О. E-mail: vmel277@gmail.com

Разанов С.Ф., Мельник В.О. Видовий та кількісний склад мікофлори сірого лісового ґрунту за інтенсивного садівництва і рослинництва. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 63–70.

Razanov S., Melnyk V. Species and quantitative composition of the mycoflora of gray forest soil in intensive horticulture and crop production. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 63–70.

Рукопис отримано: 12.03.2022 р.
Прийнято: 28.03.2022 р.
Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-63-70

У статті розглянуто мікофлору ґрунту за різного напрямку використання сільськогосподарських угідь за інтенсивного вирощування сільськогосподарських культур. Визначено видовий та якісний склад мікофлори ґрунту залежно від напрямку використання сільськогосподарських угідь (садівництво та польові сівозміни). В умовах Вінницької області досліджено кількісний та видовий склад грибних угруповань сірого лісового ґрунту за інтенсивного садівництва і рослинництва. Дослідження проведено в умовах Тиврівського району Вінницької області на прикладі сільгоспугідь ТОВ «Агро-Еталон».

Мікроорганізми ґрунту – зручний об'єкт спостережень. На основі аналізу літературних джерел встановлено визначальну функцію мікроорганізмів у збереженні гомеостазу, відновленні родючості ґрунтів та формуванні врожаю сільськогосподарських культур.

За результатами досліджень визначено найбільш розповсюджені види мікроміцетів ґрунту, які є характерними для обох досліджуваних об'єктів: *Penicillium rubrum*, *P. variable*, *P. canescens*, *Arthrinium phaeospermum*, *Mortierella alpina*, *Trichoderma harzianum*, *T. viride* та *Fusarium graminearum*.

Структура мікробного ценозу і співвідношення чисельності еколого-трофічних груп мікроорганізмів різняться залежно від напрямку використання сільськогосподарських угідь.

Встановлено, що ґрунти яблуневого саду за інтенсивного садівництва містили меншу загальну кількість тисяч колонієутворювальних одиниць на грам ґрунту, сапротрофних видів грибів та представлені значно меншим переліком родів грибів порівняно з ґрунтом під інтенсивним рослинництвом. Водночас ґрунти під плодовими насадженнями характеризувались вищою часткою патогенних, потенційних токсиноутворювальних видів грибів та грибів-антагоністів від загальної кількості виділених видів грибів порівняно з ґрунтами, задіяними під сільськогосподарські культури.

Ключові слова: ґрунт, гриби, мікофлора, мікроміцети, інтенсивне садівництво, інтенсивне рослинництво.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Ґрунт, як продукт життєдіяльності і середовище існування мікроорганізмів, являє собою досить складну систему, що охоплює фізіологічно і таксономічно різні види, які забезпечують біологічний кругообіг речовин, процеси формування ґрунтів та їх стійкість до природних і антропогенних чинників [1, 2].

Особливої актуальності за таких умов набуває вивчення мікофлори ґрунтів за інтенсифікації галузі, якій притаманний високий рівень хи-

мічного навантаження на сільськогосподарські угіддя.

У сучасних системах землеробства потребує вирішення проблема деградації ґрунтового покриву внаслідок дедалі більшого антропогенного впливу на сільськогосподарські угіддя. Разом із агрохімічними показниками ґрунтів важливе значення в оцінюванні їх стану мають і мікробіологічні показники, які характеризують кількісний та якісний склад ґрунтової мікробіоти.

Аналіз літератури свідчить про надзвичайно важливе значення мікроорганізмів у ґрунтоутворенні і підтриманні родючості ґрунтів. Численні дослідження показали, що ґрунтові мікроміцети мають вражаючий спектр біотехнологічного потенціалу. Зокрема, мікроміцети беруть участь у виробництві ферментів, є агентами біоконтролю, біоремедиації, біодеградації, біотрансформації, біосинтезу і кругообігу поживних речовин. Мікроміцети – потужні учасники живлення рослин і фітосанітарного стану ґрунту, що залежать від рівня антропогенного навантаження на сільськогосподарські угіддя [2–5].

Відомо, що ґрунтові мікроорганізми мають важливе значення у розвитку рослин та формуванні врожаю. Розвиток мікробіологічних процесів у ґрунті залежить від стану зовнішніх чинників середовища та визначається якісним і кількісним складом активної мікофлори. Доведено, що науково обґрунтоване чергування культур у сівозміні активізує мікробіологічну діяльність ґрунту та сприяє накопиченню мікроорганізмів у ґрунті [6, 7].

Кількісний і видовий (якісний) склад мікофлори ґрунту змінюється залежно від регіональних і кліматичних умов, пори року, температури, хімічного складу, фізичних властивостей, вологості ґрунту, реакції середовища, агротехнічних заходів, удобрення, глибини ґрунтового профілю [8–12]. Доведено існування зв'язків між різними типами ґрунтів, складом і кількісним співвідношенням певних груп мікроорганізмів [9, 11, 13, 14].

Вивчення якісного і кількісного стану ґрунтової мікробіоти дає змогу поліпшувати умови та способи ведення землеробства з метою покращення стану ґрунтової мікробіоти, а отже і родючості ґрунту.

Відомо, що найвищі показники вмісту загальної кількості мікроорганізмів у ґрунті властиві чорноземам та темно-каштановим ґрунтам. Майже втричі нижчий вміст загальної кількості мікроорганізмів у темно-сірих та сірих лісових ґрунтах. Дерново-підзолисті ґрунти характеризуються найменшим вмістом загальної кількості мікроорганізмів [1, 15].

Мікроорганізми – зручний об'єкт спостережень, адже вони є чутливим індикатором середовища існування, що дає змогу вивчити дію на них різних чинників. Вони здатні виявляти найменші зміни, що відбуваються у ґрунті, значно раніше за рослини і тварин, тому заходи з покращення родючості ґрунтів та відновлення їх родючості мають обов'язково враховувати стан мікробіоти [16, 17].

Метою дослідження було визначення видового та кількісного складу мікофлори у ґрунтах залежно від напряму використання сільськогосподарських угідь (садівництво та польові сівозміни).

Матеріал і методи дослідження. Для проведення мікологічного аналізу відбір ґрунтових зразків проводили за загальноприйнятим методом конверту. Ґрунти для дослідження відбирали спеціальним щупом на глибині 0–25 см. Для вивчення середньої кількості і якісного складу мікроміцетів аналізували середній ґрунтовий зразок. Було відібрано зразки ґрунту під інтенсивним садівництвом (яблуневий сад) та інтенсивним рослинництвом (кукурудза після попередника соняшника). Аналіз мікофлори зразків проводили методом ґрунтових розведень Ваксмана (Waksman, 1916; Литвинов, 1969; Наумов, 1937). Для культивування грибів використовували картопляний агар із глюкозою, який готували за методикою Наумова (1937). Ідентифікацію проводили за відповідними визначниками. Загальна кількість колоній, яку підраховували під час посівів ґрунтових суспензій, була обумовлена кількістю КУО (колонієутворювальних одиниць) [4, 18].

Дослідження з вивчення мікробіологічної різноманітності ґрунтів були проведені в умовах Тиврівського району Вінницької області, на прикладі сільгоспугідь ТОВ «Агро-Еталон», що спеціалізується на вирощуванні основних сільськогосподарських (пшениця, кукурудза, соняшник) та плодкових (яблуня, груша, черешня) культур. Ґрунт досліджуваних сільськогосподарських угідь – сірий лісовий, кислотність ґрунту нейтральна, вміст гумусу низький, вміст азоту дуже низький за ступенем забезпеченості, бору – дуже високий. Ґрунти під польовими культурами мали менший відсоток забезпечення обмінним калієм та рухомим фосфором, ніж під плодовими насадженнями [19].

Результати дослідження та обговорення. За використання інтенсивних технологій вирощування в результаті проведеного фітопатологічного аналізу ґрунту було встановлено, що для ґрунту під яблуневим садом загальна кількість грибів становила 149,3 тис. КУО/г ґрунту, а для ґрунту під сільськогосподарськими культурами (кукурудза) – на 28,1 % більше, тобто 191,2 тис. КУО/г (табл. 1).

Відносна кількість мікроскопічних грибів була більша під сільськогосподарськими культурами, що підтверджує попередні дослідження інших вчених [6, 7], що у сівозмінах вища кількість мікроміцетів проти беззмінних посівів.

Таблиця 1 – Кількісний склад мікобіоти ґрунту

Зміст варіанта	Всього, тис. КУО/г ґрунту	у т. ч.				Гриби-антагоністи		Токсикоутворювальні види грибів	
		Патогенні види		Сапротрофні види		тис. КУО/г ґрунту	%	тис. КУО/г ґрунту	%
		тис. КУО/г ґрунту	%	тис. КУО/г ґрунту	%				
Ґрунт під інтенсивним садівництвом	149,3	33,7	22,6	115,6	77,4	53,0	35,5	106,0	71,0
Ґрунт під інтенсивним рослинництвом	191,2	9,8	5,1	181,4	94,9	19,7	10,3	93,1	48,7

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Патогенні гриби у ґрунті щороку стають головною проблемою в сільському господарстві. Фітопатогенні мікроміцети, серед яких переважають види родів *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* можуть спричинювати спалахи низки високошкодочинних хвороб, які призводять до значного недобору врожаю, погіршують його якісні показники. Це спричинює зниження екологічних показників виробленої продукції [2, 20].

У такий спосіб було встановлено, що у ґрунті, задіяному під інтенсивним садівництвом, частка патогенних грибів становила 33,7 тис. КУО/г ґрунту, тобто 22,6 % від загальної кількості виділених видів, що більше у 3,4 раза порівняно з їх вмістом у ґрунтах, що перебували під інтенсивним рослинництвом. Під яблуневим садом вони були представлені двома видами – *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans. та *F. graminearum* Schwabe, що є збудниками фузаріозної кореневої гнилі рослин, а під інтенсивним рослинництвом одним видом – *Fusarium graminearum* Schwabe.

Відомо, що за умов антропогенного навантаження, через нераціональне використання хімічних засобів захисту, зростають швидкість формоутворювальних процесів грибів роду *Fusarium*, утворюючи їх стійкі форми з агресивністю, які можуть призводити до втрати резистентності рослин до хвороб [2, 21].

Частка потенційних токсикоутворювальних видів грибів ґрунту під інтенсивним садівництвом становила 106,0 тис. КУО/г ґрунту, тобто 71,0 %, від загальної кількості виділених видів, що на 13,9 % більше порівняно з їх вмістом у ґрунтах, що перебували під інтенсивним рослинництвом. Із потенційних токсикоутворювальних видів у ґрунті яблуневого саду ідентифіковано *Penicillium rubrum*, *P. variable*, *P. canescens*, *Aspergillus flavus*, *Trichoderma harzianum*, *Fusarium oxysporum*, *F. graminearum*.

Із потенційних токсикоутворювальних видів у ґрунті під інтенсивним рослинництвом ідентифіковано *Penicillium rubrum*, *P. roseopurpureum*, *P. variable*, *P. chrysogenum*, *P. canescens*, *Trichoderma harzianum*, *Fusarium graminearum*. Частка потенційних токсикоутворювальних видів грибів тут становила 48,7 % від загальної кількості виділених видів.

Гриби-антагоністи у досліджуваних ґрунтах представлені родом *Trichoderma* і їх частка під інтенсивним садівництвом була на рівні 53,0 тис. КУО/г ґрунту, що становило від загальної кількості 35,5 %. Водночас необхідно відмітити, що у ґрунтах задіяних під інтенсивним садівництвом вміст грибів-антагоністів був вищий у 2,7 раза порівняно з ґрунтом під інтенсивним рослинництвом. Ці ґрунтові гриби використовують як біологічні заходи боротьби зі збудниками хвороб сільськогосподарських рослин через їх сильну конкурентоспроможність та мікопаразитарну активність щодо інших грибів та мають здатність розчиняти у ґрунті фосфати. Крім того, гриби цього роду використовують як деструктор рослинних решток (сприяє пришвидженню розкладання рослинних решток) [22].

Щодо структури мікробного ценозу і співвідношення чисельності еколого-трофічних груп мікроорганізмів, то воно було різним. Згідно з результатами аналізів було визначено найбільш розповсюджені роди мікроміцетів ґрунту.

Частка сапротрофних видів грибів ґрунту під інтенсивним садівництвом становила 115,6 тис. КУО/г ґрунту, тобто 77,4 % від загальної кількості виділених видів. Серед сапротрофних грибів тут відмічено види роду *Penicillium* (*Penicillium rubrum* Stoll., *P. variable* Sopp., *P. canescens* Sopp); *Arthriniium* (*Arthriniium phaeospermum* (Corda) M.B. Ellis); *Mortierella* (*Mortierella alpina* Peyronel); *Aspergillus* (*Aspergillus flavus* Link); *Trichoderma* (*Trichoderma viride* Pers., *T. harzianum* Rifai).

Частка сапротрофних видів грибів ґрунту під інтенсивним рослинництвом становила 181,4 тис. КУО/г ґрунту, тобто 94,9 % від загальної кількості виділених видів. Серед сапротрофних грибів відмічено види роду *Penicillium* (*Penicillium rubrum* Stoll., *P. roseopurpureum* G. Smith, *P. variable* Sopp., *P. chrysogenum* Thom, *P. canescens* Sopp); *Rhizopus* (*Rhizopus stolonifer* (Ehrenberg: Fries) Vuill.); *Arthriniium* (*Arthriniium phaeospermum* (Corda) M.B. Ellis); *Gliocladium* (*Gliocladium roseum* Bainier); *Myrothecium* (*Myrothecium verrucaria* (Alb.&Schwein.) Ditmar); *Cladosporium* (*Cladosporium herbarum* Fr.); *Mortierella* (*Mortierella alpina* Peyronel); *Paecilomyces* (*Paecilomyces lilacinus* Thom); *Trichoderma* (*Trichoderma viride* Pers., *T. harzianum* Rifai). Отже, вміст у ґрунтах задіяних під інтенсивне садівництво сапротрофних видів грибів був нижчий на 36,3 %.

Слід відмітити, що співвідношення сапротрофної мікобіоти ґрунту за використання інтенсивних технологій вирощування саду та сільськогосподарських культур суттєво відрізняється не лише за відсотковим відношенням, але і за родовим та видовим складом (табл. 2).

ставників роду *Paecilomyces* (*Paecilomyces lilacinus* Thom – це ниткоподібний гриб, який зазвичай виділяється з ґрунту, гниючої рослинності, комах, нематод (як забруднювач), і є причиною інфекції у людей та інших хребетних) [2, 23].

Такі роди мікроміцетів проаналізованих зразків ґрунту як *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium* та *Rhizopus* належать до супресивної мікрофлори, яка здатна своїми метаболітами пригнічувати ріст рослин, а іноді і бур'янів. Гриби роду *Penicillium* без наявності у ґрунті грибів роду *Trichoderma* можуть являти загрозу для росту й розвитку рослин, оскільки за виділення токсинів спричиняють стрес у рослин, що призводить до пригнічення їх розвитку (сингента). Гриби роду *Penicillium* та *Aspergillus* беруть активну участь у розкладанні органіки на початковій стадії (зокрема листя відмерлих коренів тощо), однак здатні спричиняти пліснявіння насіння, стрес у рослин, а *Rhizopus* спричиняє чорну гниль. Отже, наявність та кількість того чи іншого збудника в ґрунті може призвести до ураження рослин [23, 24].

Таблиця 2 – Родове співвідношення сапротрофної мікобіоти ґрунту

Зміст варіанта	Всього, тис. КУО/г ґрунту	у т.ч. сапротрофних грибів		із родів, %									
		тис. КУО/г ґрунту	%	<i>Penicillium</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Arthriniium</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Gliocladium</i>	<i>Myrothecium</i>	<i>Mortierella</i>	<i>Paecilomyces</i>	<i>Aspergillus</i>
Ґрунт під інтенсивним садівництвом	149,3	115,6	77,4	22,5	-	-	3,2	35,5	-	-	9,7	-	6,5
Ґрунт під інтенсивним рослинництвом	191,2	181,4	94,9	41,0	2,6	7,7	2,6	10,3	5,1	12,8	5,1	7,7	-

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Так, сапротрофна мікобіота ґрунту під яблуневим садом не містить представників роду *Rhizopus* (*Rhizopus stolonifer* (Ehrenberg: Fries) Vuill.), *Penicillium* (*P. roseopurpureum* G. Smith, *P. chrysogenum* Thom); *Gliocladium* (*Gliocladium roseum* Bainier); *Myrothecium* (*Myrothecium verrucaria* (Alb.&Schwein.) Ditmar); *Cladosporium* (*Cladosporium herbarum* Fr.); *Paecilomyces* (*Paecilomyces lilacinus* Thom), але вирізняється наявністю пред-

Висновки. Отримані результати свідчать, що ґрунти сільськогосподарських угідь задіяні під вирощування саду і зернових культур різняться за інтенсивністю заселення мікроміцетами та часткою патогенних грибів.

Так, ґрунти під плодовими насадженнями характеризуються нижчою кількістю колонієутворювальних одиниць та вищою часткою патогенних грибів від загальної кількості виділених видів порівняно з ґрунтами під сіль-

ськогосподарськими культурами, що є негативним явищем.

Частка сапротрофних видів грибів ґрунту під інтенсивним садівництвом становила 115,6 тис. КУО/г ґрунту, що на 36,3 % менше порівняно з їх вмістом у ґрунтах, що перебували під інтенсивним рослинництвом.

Частка патогенних видів грибів у ґрунтах, задіяних під інтенсивне садівництво, становила 33,7 тис. КУО/г ґрунту, що у 3,4 рази більше порівняно з ґрунтами під інтенсивним рослинництвом.

Частка потенційних токсиноутворювальних видів грибів ґрунту під інтенсивним садівництвом становила 106,0 тис. КУО/г ґрунту, що на 13,9 % більше порівняно з їх вмістом у ґрунтах, що перебували під інтенсивним рослинництвом.

Частка грибів-антагоністів у ґрунтах, задіяних під інтенсивне садівництво, становила 53,0 тис. КУО/г ґрунту, що у 2,7 рази більше порівняно з ґрунтами інтенсивного садівництва.

Для обох досліджуваних об'єктів характерна наявність таких потенційних токсиноутворювальних видів у ґрунті: *Penicillium rubrum*, *P. variable*, *P. canescens*, *Trichoderma harzianum*, *Fusarium graminearum*. Відмінністю є наявність *Aspergillus flavus* та *Fusarium oxysporum* у ґрунтах під інтенсивним садівництвом. Тимчасом ґрунт під інтенсивним рослинництвом представлений значно ширшим переліком видів роду *Penicillium*. Крім зазначених видів, спільних для обох об'єктів дослідження, у них є ще види *P. roseopurpureum* та *P. chrysogenum*.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Демидов О.А., Дем'янюк О.С. Вплив агро-екологічних чинників на вміст мікробної біомаси у ґрунті. Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. 2017. № 97. С. 39–44. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/448875.pdf>
2. Іутинська Г.О. Ґрунтова мікробіологія: навч. посіб. К.: Арістей, 2006. 284 с.
3. Заболотний О.І., Заболотна А.В. Мікробіологічна активність ґрунту при застосуванні гербіциду мерлін. Молодий вчений. 2014. № 2(05). С. 16–20.
4. Експериментальна ґрунтова мікробіологія / Волкогон В.В. та ін. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2014_2%2805%29_4
5. Курдиш І.К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів. Сільськогосподарська мікробіологія. № 9. 2009. С. 7 Волкогон В.В. та ін. 32. DOI: 10.35868/1997-3004.9.7-32.
6. Вплив сівозмін на мікрофлору зрошуваного темно-каштанового ґрунту / Коваленко А.М. та ін. Актуальні питання сільськогосподарської мікробіології: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. Чернігів, 2019. С. 53–55.
7. Коваленко А.М., Куц Г.М. Зрошення і сівозміни як фактор впливу на мікрофлору ґрунту. Еволюція ґрунтів України під впливом антропогенної діяльності: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Херсон, 2015. Вип. 9. С. 29–34.
8. Марченко А.Б. Біоекологічні підходи до управління фітосанітарним станом агробіоценозів *Callistephus chinensis* L. Nees.: монографія. Біла Церква, 2016. 226 с.
9. Демиденко О.В. Кореляційні зв'язки фізіологічних груп мікроорганізмів з показниками родючості чорнозему опідзоленого за різних систем удобрення. Вісник аграрної науки. 2021. №4 (817). С. 20–27. DOI: 10.31073/agrovisnyk202104-03
10. Вплив агротехнічних заходів на мікробні угруповання сірого лісового ґрунту / Малиновська І.М. та ін. Проблеми екологічної біотехнології. №1. 2014.
11. Резнік С.В. Вплив різних систем землеробства на еколого-трофічні угруповання мікроорганізмів чорноземів типових в умовах лівобережного Лісостепу України. Сільськогосподарська мікробіологія. №33, 2021. С. 62–71. DOI: 10.35868/1997-3004.33.62-71
12. Тараненко А.О. Різноманітність ґрунтової біоти в умовах ґрунтовокліматичних зон Полтавської області. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2014. № 84. С. 100–107. URL: https://journal.udau.edu.ua/assets/files/84/agro/ukr/14_00000000.pdf
13. Коріновська О.М., Гришко В.М. Загальна характеристика чисельності та видового складу мікроміцетів в ґрунтах забруднених сполуками важких металів. Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи). 2012. №2 (4). С. 176–179.
14. Резнік С.В. Зміни еколого-трофічних угруповань мікроорганізмів чорноземів типових за різних систем землеробства. Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів. 2019. № 1. С. 69–74.
15. Дем'янюк О.С., Шерстобоева О.В., Демидов О.А. Біологічна активність чорнозему типового залежно від виду органічного субстрату органо-мінеральної системи удобрення. Вісник Житомирського національного агро-екологічного університету. 2016. № 2 (1). С. 17–25.
16. Тараненко С.В. Вплив різних технологій вирощування кукурудзи на ґрунтові мікроорганізми. Наукові доповіді НУБіП. 2015. 2 (20).
17. Мікробний біом різних ґрунтів і ґрунтово-кліматичних зон Полтавської області / Пагіка В.П. та ін. Мікробіологічний журнал. 2014. №5 (76). С. 20–25. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MicroBiol_2014_76_5_6
18. ДСТУ ГОСТ 17.4.4.02:2019. Охорона довкілля. Якість ґрунту. Методи відбирання та підготовки проб для хімічного, бактеріологічного,

гельмінтологічного аналізу. [Чинний від 2019–04–01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2019. 13 с.

19. Оцінка агроекологічного складу сірих лісових ґрунтів за різного сільськогосподарського використання / Разанов С.Ф. та ін. Збалансоване природокористування. 2021. №1. С. 146–153. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2021.231901

20. Терновий Ю.В., Гаврилюк Л.В., Остапюк Н.А. Мікобіота насіння гібридів сої за органічної технології вирощування. Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2018. С. 155–158.

21. Гаврилюк Л.В., Косовська Н.А., Парфенюк А.І. Фізіолого-біохімічні властивості *Fusarium graminearum* Schw. за впливу екзометаболітів рослин різних сортів сої. Актуальні питання сільськогосподарської мікробіології: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Чернігів, 2019. С. 15–18.

22. Saprotrophic soil fungi to improve phosphorus solubilisation and release: In vitro abilities of several species / Ceci A. et al. *Ambio*. 2018; 47 (Suppl 1):30–40. DOI: 10.1007/s13280-017-0972-0

23. Радченко О.С., Степура Л.Г., Домбровська І.В. Практикум із загальної мікробіології. К.: Фітосоціоцентр, 2011. 168 с.

24. Здоровий ґрунт – запорука гарних урожаїв! «Майстерня аграрія»: періодичне видання ТОВ «Сингента» URL: https://www.syngenta.ua/sites/g/files/zhg666/f/2021/11/28/ma_2021_no_3.pdf.

REFERENCES

1. Demydov, O.A., Dem'janjuk, O.S. (2017). Vplyv agroekologichnykh chynnykiv na vmist mikrobnoi' biomasy u g'runtі [Influence of agroecological factors on the content of microbial biomass in soil]. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk. Sil's'kogospodars'ki nauky* [Tavrian Science Bulletin. Agricultural sciences], no. 97, pp. 39–44.

2. Iutyns'ka, G.O. (2006). *Gruntova mikrobiologija: navchal'nyj posibnyk* [Soil microbiology]. Kyiv, Aristeas, 284 p.

3. Zabolotnyj, O.I., Zabolotna, A.V. (2014). Mikrobiologichna aktivnist' g'runtu pry zastosuvanni gerbicydu merlin [Microbiological activity of the soil after using the herbicide Merlin]. *Molodyj vchenyj* [Young scientist], no. 2(05), pp. 16–20.

4. Volkogon, V.V., Nadkernychna, O.V., Tokmakova, L.M., Mel'nychuk, T.M., Chaykovs'ka, L.O. (2010). *Eksperymental'na g'runtova mikrobiologija: monografija* [Experimental soil microbiology]. Kyiv, Agrarian Science, 464 p.

5. Kurdysh, I.K. (2009). Rol' mikroorganizmiv u vidtvorenni rodjuchosti gruntiv [The role of microorganisms in the reproduction of soil fertility]. *Sil's'kogospodars'ka mikrobiologija* [Agricultural microbiology], no. 9, pp. 7–32.

6. Kovalenko, A.M., Kuc, G.M., Novohyzhnij, M.V., Kovalenko, O.A., Tymoshenko, G.Z. (2019). Vplyv sivozmin na mikrofluoru zroshuvanogo temno-kashtanovogo g'runtu [Influence of crop rotations on the microflora of irrigated dark chestnut soil]. *Aktual'ni*

pytannja sil's'kogospodarskoi' mikrobiologii': materialy Vseukrayins'koyi nauk.-prakt. konferentsii [Current issues of agricultural microbiology: Proceedings of the All-Ukrainian scientific-practical conference]. Chernihiv, pp. 53–55.

7. Kovalenko, A.M., Kuc, G.M. (2015). Zroshennja i sivozminy jak faktor vplyvu na mikrofluoru g'runtu [Irrigation and crop rotations as a factor of influence on the soil microflora]. *Evoljucija g'runtiv Ukrai'ny pid vplyvom antropogennoi' dijal'nosti: materialy Vseukrayins'koyi naukovy-praktychnoyi konferentsiyi* [Evolution of soils of Ukraine under the influence of anthropogenic activity: materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Kherson, no. 9, pp. 29–34.

8. Marchenko, A.B. (2016). Bioekologichni pidhody do upravlinnja fitosanitarnym stanom agrobiocenozy *Callistephus chinensis* L. Nees.: monohrafija [Bioecological approaches to phytosanitary management of agrobiocenoses of *Callistephus chinensis* L. Nees.]. Bila Tserkva, 226 p.

9. Demydenko, O.V. (2021). Korelyatsiyni zv'yazky fiziologichnykh hrup mikroorganizmiv z pokaznykamy rodyuchosti chornozemu opidzolenoho za riznykh system udobrennya [Correlation relations of physiological groups of microorganisms with fertility indicators of podzolic chernozem under different fertilizer systems]. *Visnyk ahraryoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], no. 4(817), pp. 20–27. DOI: 10.31073/agrovisnyk202104-03

10. Malynovs'ka, I.M., Tkachenko, M.A., Sachok, V.G., Skumina, M.O. (2014). Vplyv agrotekhnichnykh zahodiv na mikrobnі ugrupuvannja sirogo lisovogo g'runtu [Influence of agrotechnical measures on microbial groups of gray forest soil]. *Problemy ekologichnoi' biotekhnologii'* [Problems of ecological biotechnology], no. 1.

11. Rjeznik, S.V. (2021). Vplyv riznykh system zemlerobstva na ekologo-trofichni ugrupuvannja mikroorganizmiv chornozemiv tipovykh v umovah livoberezhnogo Lisostepu Ukrai'ny [Influence of different systems of agriculture on ecological and trophic groups of microorganisms of typical chernozems in the conditions of the left-bank Forest-steppe of Ukraine]. *Sil's'kogospodars'ka mikrobiologija* [Agricultural microbiology], no. 33, pp. 62–71. DOI: 10.35868/1997-3004.33.62-71

12. Taranenko, A.O. (2014). Riznomanitnist' g'runtovoi' bioty v umovah g'runtovoklimatichnykh zon Poltav's'koi' oblasti [Diversity of soil biota in the conditions of soil-climatic zones of Poltava region]. *Zbirnyk naukovykh prac' Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnyctva* [Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture], no. 84, pp. 100–107. Available at: https://journal.udau.edu.ua/assets/files/84/agro/ukr/14_00000000.pdf

13. Korinovs'ka, O.M., Gryshko, V.M. (2012). Zagal'na harakterystyka chysel'nosti ta vydovogo skladu mikromicetiv v g'runtah zabrudnenykh spolukamy vazhkykh metaliv [General characteristics of the number and species composition of micromycetes in soils contaminated with heavy metal compounds].

Naukovyj visnyk Chernivets'kogo universytetu. Biologija (Biologichni systemy) [Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Biology (Biological systems)], no. 4 (2), pp. 176–179.

14. Rieznik, S.V. (2019). Zminy ekolohotrofichnykh uhrupuvan'mikroorhanizmiv chornozemiv typovykh za riznykh system zemlerobstva [Changes of ecological-trophic groups of microorganisms of chernozems typical for various farming systems]. Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarno-ho universytetu imeni V. V. Dokuchayeva. Gruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiya gruntiv [Bulletin of V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University. Soil Science, Agrochemistry, Agriculture, Forestry, Soil Ecology], no. 1, pp. 69–74.

15. Dem'yanyuk, O.S., Sherstoboyeva, O.V., Demydov, O.A. (2016). Biologichna aktyvnist' chornozemu typovoho zalezno vid vydu orhanichnoho substratu orhano-mineral'noyi systemy udobrennya [Biological activity of typical chernozem depending on the type of organic substrate of the organic and mineral fertilizer system]. Visnyk Zhytomyr'skoho natsional'noho ahroekolohichnoho universytetu [Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University], no. 2 (1), pp. 17–25.

16. Taranenko, S.V. (2015). Vplyv riznykh tehnologij vyroshhuvannja kukurudzy na g'runtovi mikroorganizmy [Influence of different technologies of corn cultivation on soil microorganisms]. Naukovi dopovidi NUBiP [Scientific reports of the National University of Life and Environmental Sciences], no. 2 (20). Available at: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nd/2015-2/09svmdrb.Pdf>

17. Patyka, V.P., Taranenko, S.V., Taranenko, A.O., Kalinichenko, A.V. (2014). Mikrobnyj biom riznykh g'runtiv i g'runtovo-klimatychnyh zon Poltavs'koi oblasti [Microbial biome of different soils and soil-climatic zones of Poltava region]. Mikrobiologichnyj zhurnal [Microbiological Journal], no. 5, pp. 20–25.

18. DSTU GOST 17.4.4.02-2019. Ohorona dovkillja. Jakist' g'runtu. Metody vidbyrannja ta pidgotovannja prob dlja himichnogo, bakteriologichnogo, gel'mintologichnogo analizu [State Standard 17.4.4.02-2019. Environment protection. Soil quality. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis. Effective from 2019–04–01 official publication]. Kyiv, UkrNDNTs, 13 p.

19. Razanov, S.F., Mel'nyk, V.O., Nazaruk, B.V., Kucenko, M.I. (2021). Ocinka agroekologichnogoskladu siryh lisovyh g'runtiv za riznogo sil'skogospodars'kogo vykorystannja [Assessment of agro-ecological composition of gray forest soils under the different agricultural uses]. Zbalansovane pryrodokorystuvannja [Balanced nature management], no. 1, pp. 146–153. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2021.231901

20. Ternovyj, Ju.V., Gavryljuk, L.V., Ostapjuk, N.A. (2018). Mikrobiota nasinnja gibrydiv soi' za organichnoi' tehnologii' vyroshhuvannja [Mycobiota seeds of soybean hybrids by organic cultivation technology]. Ekologichna bezpeka ta zbalansovane

pryrodokorystuvannja v agropromyslovomu vyrobnyctvi: materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. [Ecological safety and balanced nature management in agro-industrial production: materials Intern. scientific-practical conf.]. Kyiv, pp. 155–158.

21. Gavryljuk, L.V., Kosovs'ka, N.A., Parfenjuk, A.I. (2019). Fiziologo-biohimichni vlastyvoli Fusarium graminearum Schw. za vplyvu ekzometabolitiv roslyn riznyh sortiv soi' [Physiological and biochemical properties of Fusarium graminearum Schw. under the influence of plant metabolites of different soybean varieties]. Aktual'ni pytannja sil'skogospodars'koi' mikrobiologii': materialy Vseukr. naukovoprakt. konf. [Current issues of agricultural microbiology: materials All-Ukrainian. scientific-practical conf.]. Chernihiv, pp. 15–18.

22. Ceci, A., Pinzari F., Russo, F., Maggi, O., Persiani, A.M. (2018). Saprotrophic soil fungi to improve phosphorus solubilisation and release: In vitro abilities of several species. *Ambio*. 47(Suppl 1):30–40. DOI: 10.1007/s13280-017-0972-0

23. Radchenko, O.S., Stepura, L.G., Dombrovs'ka, I.V. (2011). Praktykum iz zagal'noi' mikrobiologii' [Workshop on general microbiology]. Kyiv, Phytosociocenter, 168 p.

24. Zdorovyj grunt – zaporuka harnykh urozhaiv! «Maisternia ahrarii»: periodychnye vydannia TOV «Synhenta» [Healthy soil is the key to good harvests! «Agricultural Workshop»: a periodical of «Syngenta»]. Available at: https://www.syngenta.ua/sites/g/files/zhg666/f/2021/11/28/ma_2021_no_3.pdf.

Species and quantitative composition of the mycoflora of gray forest soil in intensive horticulture and crop production

Razanov S., Melnyk V.

The article examines the mycoflora of the soil in different areas of agricultural land use for intensive cultivation of crops. The aim of the article is to study the number of soil mycoflora in different areas of agricultural land use with intensive cultivation of crops (horticulture and field crop rotations). In the conditions of Vinnytsia region the quantitative and species composition of fungal groups of gray forest soil under intensive horticulture and crop production was studied. Research on microbiological diversity of soils were carried out in the Tivriv district of Vinnytsia region on the example of agricultural land of the LLC «Agro-Etalon».

Soil microorganisms are convenient object of observation. Based on the analysis of literature sources, the determining role of microorganisms in maintaining homeostasis, restoring soil fertility and crop formation has been established.

The study of the qualitative and quantitative state of the soil microbiota allows to improve the conditions and methods of agriculture in order to improve the state of the soil microbiota, and hence soil fertility. As the result the most common types of soil micromycetes characteristic of both studied objects were identified. Among them are *Penicillium rubrum*, *P. variable*,

P. canescens, *Arthrinium phaeospermum*, *Mortierella alpina*, *Trichoderma harzianum*, *T. viride* and *Fusarium graminearum*.

The structure of the microbial coenosis and the ratio of the number of ecological and trophic groups of microorganisms differ depending on the direction of use of agricultural land.

The soils of the apple orchard under intensive horticulture contained a smaller total number of thousands of colony-forming units per gram of soil, saprotrophic

fungal species and are represented by a much smaller list of fungal genera compared to the soil under intensive vegetation.

At the same time, it should be noted that soils under orchards were characterized by a higher share of pathogenic, potential toxin-forming fungi and antagonist fungi than the total number of isolated fungi compared to soils used under crops.

Key words: soil, fungi, mycoflora, micromycetes, intensive gardening, intensive crop production.



Copyright: Разанов С.Ф., Мельник 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.



ORCID iD:

Разанов С.Ф.

<https://orcid.org/0000-0002-4883-2696>


АГРОНОМІЯ

УДК 632.9:502; 616.36

Оцінка сумісного пестицидного та кадмієвого навантаження на ґрунт з використанням вищих рослин

Хижняк С.В. , Коверсун І.В. , Березовський О.В. , Войціцький В.М. 

Національний університет біоресурсів і природокористування України

 khs2014@ukr.net

Хижняк С.В., Коверсун І.В., Березовський О.В., Войціцький В.М. Оцінка сумісного пестицидного та кадмієвого навантаження на ґрунт з використанням вищих рослин. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 71–78.

Khyzhnyak S., Koversun I., Berezovsky O., Voytsitsky V. Assessment of the combined pesticide and cadmium load on the soil using higher plants. «Agrobology», 2022. no. 1, pp. 71–78.

Рукопис отримано: 22.02.2022 р.
Прийнято: 09.03.2022 р.
Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-71-78

Багатокomпонентність забруднення агроєкосистем ускладнює ефективність його контролю. Небезпечність пестицидного та кадмієвого навантаження на ґрунт досліджували в умовах лабораторного дослідження із застосуванням сільськогосподарських рослин. Метою роботи було інтегральне оцінювання методом біотестування сумісного навантаження на ґрунт пестицидів та Кадмію. Як тест-культуру використали пшеницю *Triticum aestivum* L. У досліджах застосовували пестициди, що широко використовують у сільському господарстві: системні фунгіциди Азимут (д.р.: тебуконазол, 125 г/дм³ + триадимефон, 100 г/дм³) та Азимут Класик (д.р.: тебуконазол, 250 г/дм³), а також гербіцид ґрунтової дії Екстрабіт (д.р.: S-метолахлор, 960 г/дм³). Визначали накопичення рослинами Кадмію (методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою) та активних речовин пестицидів (методом високоефективної рідинної хроматографії з мас-детектором). Встановлено, що перевищення дози внесення пестицидів призводить до їх накопичення рослинами. За комплексного навантаження ґрунту Кадмієм (відповідає 3 ГДК) та відповідного пестициду (з перевищенням дози) спостерігається збільшення накопичення пестициду рослинами: для Азимут та Азимут Класик у 1,85 та 1,47 рази (визначали за вмістом тебуконазолу), а для Екстрабіт – у 1,74 рази (визначали за вмістом S-метолахлору). Крім того, в умовах дослідження відмічено фітотоксичність пестицидів. Так, встановлено для фунгіциду Азимут та гербіциду Екстрабіт зниження величини показників початкового росту рослин (довжина коренів та проростків) більш як на 40 % вказує на рівень фітотоксичності вище середнього. Зроблено висновок про необхідність у разі застосування нових пестицидних формуляцій (зокрема пестицидів ґрунтової дії) проводити випробування з оцінювання їх токсичності щодо вищих рослин. Це важливо для розроблення контрзаходів щодо зменшення надходження пестицидів до сільськогосподарських рослин, особливо в умовах забруднення ґрунтів важкими металами.

Ключові слова: біотестування, сумісна дія, пестициди, Кадмій, фітотоксичність, *Triticum aestivum* L.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Хімізація землеробства унаслідок використання пестицидів та мінеральних добрив на сільськогосподарських угіддях впливає на структуру та біологічну активність ґрунту [1, 2]. Пестициди є дієвим чинником в агроєкосистемах, тому зростає небезпека забруднення ними ґрунту та інших компонентів навколишнього середовища. Серед пестицидів найбільш рухомими у ґрунтах є гербіциди, крім

того, переважно їх вносять безпосередньо у ґрунт, що зумовлює найбільшу небезпеку щодо його забруднення [3]. Залишається актуальною проблема забруднення земель сільськогосподарського призначення залишковими кількостями пестицидів. Хімічна стійкість пестицидів зумовлює їх накопичення в об'єктах довкілля, а також динаміку міграції трофічними ланцюгами. Це є небезпечним для всіх живих організмів, створюючи несприятливі умови для жит-

тедіяльності і функціонування як екосистеми, так і безпосередньо людини [4].

Крім того, внесення мінеральних добрив, пестицидів та матеріалів для вапнування є значним джерелом забруднення сільськогосподарських угідь важкими металами, зокрема Плюмбумом, Кадмієм, Купрумом та Цинком [5, 6]. Водночас існує висока небезпека міграції важких металів з ґрунту у сільськогосподарські рослини, які на них вирощуються [7], що унеможливує їх подальше використання [8]. Згідно з даними ВООЗ 30–40 % злоякісних онкологічних захворювань спричинено споживанням забруднених токсикантами харчових продуктів [9].

Один із найбільш токсичних важких металів – Кадмій, враховуючи його здатність до біоаккумуляції в екосистемах та значний період напіврозпаду в організмі людини [10]. Йони кадмію характеризуються рухливістю у ґрунтах. Так, до 70 % Кадмію, що потрапляє у ґрунт, легко переходить до рослин, накопичується в них, а потім надходить до організму тварин та людини. Забруднені рослини можуть містити навіть до 400 мг/кг Cd і більше.

Значна увага приділяється дослідженням фізіолого-біохімічних реакцій рослин пшениці на дію важких металів, що пов'язано із широким ареалом поширення та важливістю цієї культури [11]. На відміну від інших елементів (за винятком Zn), Кадмій може накопичуватися у порівняно великих кількостях в генеративних органах, а його вміст у зерні в середньому може збільшуватись з 0,2 до 4 мг/кг [10].

Слід враховувати, що багатокомпонентність забруднення агроекосистем ускладнює ефективність його контролю. Це передбачає необхідність удосконалення підходів щодо оцінювання хімічних навантажень на агроекосистеми.

У сучасній науковій літературі широко висвітлено негативні наслідки пестицидів для людини та довкілля [12, 13]. Залишається актуальним питання оцінювання рівнів залишкових кількостей пестицидів у системі ґрунт–рослина, а також розроблення заходів щодо обмеження надходження цих речовин до рослин. Актуальним є дослідження ефекту сумісного впливу пестицидного та кадмієвого (чи інших важких металів) навантажень на компоненти агробіоценозу. Результати цих досліджень можна врахувати, зокрема, для попередження негативних екологічних наслідків за використанням пестицидів у районах, які забруднені важкими металами [14].

Достовірну інформацію щодо забруднення компонентів довкілля, зокрема ґрунтів, здатні надавати методи біотестування, які засновані на

реакції живих організмів на негативний вплив забруднювальних речовин. Вони є: швидкими та доступними; мають високу відтворюваність та достовірність; об'єктивні за отриманими результатами. Наявність широкого спектра рослинних біотестів, зокрема дикоростучих та сільськогосподарських рослин, дає змогу використовувати їх для тестування різноманітних чинників хімічної та фізичної природи [13].

Мета дослідження – інтегральне оцінювання методом біотестування щодо токсичності сумісного навантаження ґрунту пестицидами та Кадмієм з використанням пшениці *Triticum aestivum* L.

Матеріал і методи дослідження. У дослідженнях використано пестициди, що широко застосовують у сільському господарстві. Фунгіциди у препаративній формі концентрат, що емульгується (КЕ): Азимут Класик, КЕ (д.р.: тебуконазол, 250 г/дм³) з нормою витрати за однократного оброблення 1 дм³/га, а також Азимут, КЕ (д.р.: тебуконазол, 125 г/дм³ + триадимефон, 100 г/дм³) з нормою витрати за 2-кратного використання 1,5–2 дм³/га. Активні речовини (д.р.) фунгіцидів належать до хімічного класу триазоли. Системний гербіцид ґрунтової дії Екстрабіт, КЕ (д.р.: S-метолахлор, 960 г/дм³) з нормою витрати за однократного оброблення – 1,6 дм³/га. Активна речовина належить до хімічного класу хлорацетаніліди (аміди, хлорацетаміди).

В умовах лабораторного дослідження проводили тестування за показниками проростання насіння та початкового росту рослин згідно з ISO 11269–1:2004 [15]. Цей метод застосовують під час моніторингу забруднення ґрунтів, а також екоотоксикологічного оцінювання пестицидів [16].

Підготовлений ґрунтовий субстрат наважували по 100 г у чисті сухі стакани, після чого обробляли пестицидами чи CdCl₂. Для рівномірного розподілу в ґрунті пестициди вносили у вигляді розчинів водної емульсії відповідних пестицидних формуляцій (2-кратне перевищення норми внесення), які готували методом поступових розведень. Кадмій вносили у вигляді водного розчину кадмію хлориду з розрахунку, що 1 ГДК Кадмію у ґрунті становить 3 мг/кг ґрунту. Було сформовано наступні варіанти для дослідження: 1 – контроль; 2 – Кадмій, вміст якого у ґрунті відповідає 3 ГДК; 3 – фунгіцид Азимут, вміст якого в ґрунті еквівалентний кількості 2 та 4 дм³/га; 4 – фунгіцид Азимут Класик, вміст якого в ґрунті еквівалентний кількості 2 дм³/га; 5 – гербіцид Екстрабіт, вміст якого в ґрунті еквівалентний кількості 3,2 дм³/га;

6–10 – сумарне внесенні у ґрунт CdCl_2 та пестицидів у відповідних кількостях.

Контрольні і дослідні варіанти піддавали компостуванню впродовж 14 діб за температури 20 °С. Під час компостування підтримували вологість на рівні $(65 \pm 2) \%$. Випробування проводили у 3-кратній повторності.

Після компостування відбирали проби ґрунту і проводили дослідження методом часткового висівання насіння на ґрунт в чашках Петрі. Як тест-культуру використано пшеницю озиму (*Triticum aestivum* L.) сорту Подолянка. Чашки з насінням закривали і пророщували у термостаті за температури 24 °С упродовж 48 год (до проростання у контролі 90–100 % від загальної кількості пророслих насінин), після чого проводили підрахунок пророслих насінин. Пророслою вважається насінина, у якої корінець прорвав насіннєву оболонку [16]. Фітотоксичний ефект (ФЕ) оцінювали за показниками початкового росту рослин (довжина коренів чи проростків рослин), який розраховували за формулою:

$$\text{ФЕ} = \frac{M_0 - M_x}{M_0} \cdot 100\%$$

де M_0 – значення біопараметра (висота проростків чи довжина коренів) у посуді з контрольним субстратом;

M_x – значення аналогічного біопараметра у посуді з досліджуваним субстратом.

Статистично достовірна різниця між дослідом та контролем більше 20 % вказує на середній рівень фітотоксичності, а більше 40 % – більше середнього [16].

Масову концентрацію Кадмію у рослинних зразках визначали за використання атомно-емісійного спектрометра з індуктивно-зв'язаною плазмою (ICP-AES) згідно з [17].

Визначення вмісту в досліджуваних зразках активних речовин пестицидів базується на їх екстракції органічним розчинником, очищенні екстрактів та наступним детектуванням з використанням хромато-мас-спектрометра Agilent Technologies 7900-MSD 5975C [18]. Колонка HP-5 MS 15m x 0.25mmID x 0.25um. Кількісне визначення проводили за допомогою прикладної програми Аналітика-Chrom методом співвідношення зі стандартом за висотою піків.

Результати щодо вмісту активних речовин (чи Кадмію) у рослинах наведено у розрахунку на суху речовину. Повторність у досліді 3-разова. Результати виражені як середне арифметичне. Математичне опрацювання результатів дослідження проводили на персональному комп'ютері з використанням програм

ми Statistica-10 та пакету прикладних програм Microsoft Excel.

Результати дослідження та обговорення.

Пестициди, що є екологічно агресивними забруднювачами довкілля, за хімічним складом належать до різних класів хімічних сполук, тому їх вплив на біологічні властивості ґрунтів та перебіг біохімічних процесів у живих організмах, що стосується і рослинних культур, на яких вони застосовуються, залежать від хімічної природи, доз, систематичності застосування тощо [19]. В експериментах використано пестицидні формуляції тебуконазолу, які застосовують як системні фунгіциди в боротьбі з фітопатогенами для захисту сільськогосподарських культур, та гербіцид ґрунтової дії, що містить S-метолахлор, щодо впливу на *Triticum aestivum* L.

Результати дослідження в лабораторних умовах фітотоксичного ефекту пестицидів наведено в таблиці 1. Слід підкреслити, що за цих умов не виявлено змін за показниками проростання насіння (дані не наведено). Встановлено, що внесення у ґрунт Кадмію у кількості еквівалентній 3 ГДК, незначно впливає на показники початкового росту рослин (статистично значуща різниця між дослідом та контролем менше 20 %). Внесення фунгіциду Азимут (д.р.: тебуконазол + триадимефон) в кількості еквівалентній 2 чи 4 $\text{дм}^3/\text{га}$ призводить до зниження показників початкового росту рослин: середня довжина коренів знижується на 15 та 54,3 %, а проростків – на 18,3 та 61,7 % відповідно щодо контролю. Подібні зміни спостерігаються і за сумісного внесення Кадмію та фунгіциду Азимут. За умов внесення фунгіциду Азимут в кількості еквівалентній 4 $\text{дм}^3/\text{га}$ (окремо чи сумісно з Кадмієм) розрахована величина фітотоксичного ефекту (ФЕ) за показниками початкового росту рослин більше 40 %, що вказує на рівень фітотоксичності більше середнього.

Застосування фунгіциду Азимут Класик в кількості еквівалентній 2 $\text{дм}^3/\text{га}$ (окремо чи сумісно з Кадмієм) також призводить до зниження величини показників початкового росту рослин: довжина кореня знижується в середньому на 19,1 %, а проростків на 24,7 % щодо відповідного контролю. Розрахована величина фітотоксичного ефекту відповідає середньому рівню фітотоксичності.

Застосування гербіциду Екстрабіт в кількості еквівалентній 3,2 $\text{дм}^3/\text{га}$ (окремо чи сумісно з Кадмієм) призводить до зниження довжини коренів у середньому на 51,5 %, а проростків – на 43 % щодо контролю, а рівень фітотоксичності за дії гербіциду (окремо чи сумісно з Кадмієм) більше середнього.

Таблиця 1 – Показники початкового росту пшениці *Triticum aestivum* L. за впливу фунгіциду Азимут, КЕ (д.р.: тебуконазол, 125 г/дм³ + триадимефон, 100 г/дм³), фунгіциду Азимут Класик, КЕ (д.р.: тебуконазол, 250 г/дм³), гербіциду Екстрабіт, КЕ (S-метолахлор, 960 г/дм³) та Кадмію; (M±m, n=8)

Умови дослідю: внесення у ґрунт (еквівалентна кількість)	Довжина кореня		Довжина проростка	
	мм	до контролю, %	мм	до контролю, %
Контрольний ґрунт	32,08±0,31	-	14,96±0,13	-
Кадмій (3 ГДК)	30,01±0,26	93	13,95±0,05	93,2
Фунгіцид Азимут (2 дм ³ /га)	27,31±0,21	85,1	12,22±0,10	81,7
Фунгіцид Азимут (2 дм ³ /га) + Кадмій (3 ГДК)	26,02±0,22	81,0	11,87±0,11	79,3
Фунгіцид Азимут (4 дм ³ /га)	14,66±0,43*	45,7	5,88±0,04*	39,3
Фунгіцид Азимут (4 дм ³ /га) + Кадмій (3 ГДК)	14,96±0,43*	46,6	6,14±0,04*	41,0
Фунгіцид Азимут Класик (2 дм ³ /га)	25,95±0,43*	80,9	11,27±0,11*	75,3
Фунгіцид Азимут Класик (2 дм ³ /га) + Кадмій (3 ГДК)	24,63±0,43*	76,8	11,12±0,10*	74,3
Контрольний ґрунт	28,0±0,33	-	10,65±0,05	-
Кадмій (3 ГДК)	26,6±0,4	95,0	9,88±0,06	92,8
Гербіцид Екстрабіт (3,2 дм ³ /га)	13,57±0,28*	48,5	6,07±0,05*	57,0
Гербіцид Екстрабіт (3,2 дм ³ /га) + Кадмій (3 ГДК)	12,91±0,33*	46,1	6,01±0,06*	56,3

Примітка: * $p \leq 0,05$ щодо контролю.

Отже, в умовах лабораторного дослідю доведено, що зростання норми використання пестицидів призводить до інгібуючого ефекту щодо початкових фаз розвитку рослин пшениці як за окремого внесення, так і сумісно із Кадмієм.

Надалі визначали накопичення Кадмію та активних речовин пестицидів рослинами. Встановлено, що в умовах внесення у ґрунт Кадмію (3 ГДК) рівень його накопичення рослинами становить 0,70–0,78 мг/кг сухої маси рослин. Ця величина перевищує ГДК Кадмію для сіна, яка становить 0,3 мг/кг сухої маси рослин [10]. Водночас, встановлений рівень накопичення Кадмію рослинами не призводить до вираженого фітотоксичного ефекту (табл. 1).

Внесення у ґрунт відповідних пестицидів сумісно із Кадмієм обумовлює нижчий рівень накопичення Кадмію рослинами. Зокрема, за використання фунгіциду Азимут встановлено зниження цієї величини на 51 та 71 %, фунгіциду Азимут Класик – на 37 % та гербіциду Екстрабіт – на 67 % (табл. 2).

Поглинання та накопичення рослинами фунгіцидів оцінювали за вмістом тебуконазолу, а для гербіциду – за вмістом S-метолахлору. Порівнюючи вміст активних речовин пести-

цидів у рослинах з МДР, яке становить для тебуконазолу 0,1–0,2 мг/кг, а для S-метолахлору – 0,1 мг/кг [13], слід відмітити перевищення цієї величини в умовах дослідю (табл. 2). Крім того, у разі використання фунгіциду Азимут встановлено, що за 2-разового збільшення внесення пестициду у ґрунт вміст тебуконазолу у рослинах зростає в 1,7 раза (табл. 2). Водночас необхідно враховувати, що в роботі використано модельні експерименти.

Сумісне внесення у ґрунт Кадмію та відповідного пестициду призводить до ще більшого накопичення рослинами їх активних речовин порівняно з внесенням лише пестицидів. Так, за використання фунгіциду Азимут накопичення тебуконазолу зростає у 1,85 та 1,75 раза, а за використання фунгіциду Азимут Класик – у 1,47 раза. За внесення гербіциду Екстрабіт накопичення S-метолахлору зростає у 1,74 раза (табл. 2).

За результатами дослідження сумісне внесення у ґрунт Кадмію та пестицидів призводить до зниження накопичення Кадмію рослинами, а також до зростання накопичення пестицидів. Водночас встановлений ефект фітотоксичності, за показниками початкового росту рослин (табл. 1), пов'язаний із накопиченням активних речовин пестицидів, а не Кадмію.

Таблиця 2 – Рівень накопичення Кадмію, тебуконазолу чи S-метолахлору (мг/кг сухої маси рослин) *Triticum aestivum* L. (M±m, n=6)

Умови досліджу		Внесена у ґрунт еквівалентна кількість	Вміст Кадмію (мг/кг сухої маси рослин)	Вміст тебуконазолу чи S-метолахлору (мг/кг сухої маси рослин)
1	Фунгіцид Азимут	2 дм ³ /га	-	0,33±0,01
	Кадмій	3 ГДК	0,70±0,11	-
	Фунгіцид Азимут + Кадмій	2 дм ³ /га + 3 ГДК	0,34±0,02*	0,61±0,02*
2	Фунгіцид Азимут	4 дм ³ /га	-	0,56±0,03
	Кадмій	3 ГДК	0,78±0,09	-
	Фунгіцид Азимут + Кадмій	4 дм ³ /га + 3 ГДК	0,23±0,01*	0,98±0,03*
3	Фунгіцид Азимут Класик	2 дм ³ /га	-	1,10±0,05
	Кадмій	3 ГДК	0,73±0,08	-
	Фунгіцид Азимут Класик + Кадмій	2 дм ³ /га + 3 ГДК	0,46±0,02*	1,62±0,05*
4	Гербіцид Екстрабіт	3,2 дм ³ /га	-	1,76±0,04
	Кадмій	3 ГДК	0,75±0,04	-
	Гербіцид Екстрабіт + Кадмій	3,2 дм ³ /га + 3 ГДК	0,25±0,02*	3,06±0,05*

Примітка:* $p \leq 0,05$ щодо відповідного окремого внесення.

Отже, в умовах забруднення ґрунту важкими металами може зростати токсичність пестицидів для рослин. Це небезпечно, зокрема для тебуконазолу, оскільки він повільно розкладається в ґрунті, водночас швидко надходить до рослини та рівномірно розповсюджується тканинами. У разі, якщо сполуки пестицидів та їх метаболітів є малорухомими, вони можуть зберігатися у рослинах тривалий час, аж до повного дозрівання урожаю. Відмічали, що токсична дія пестицидів залежить як від норм витрат, так і від хімічних властивостей пестициду, а в умовах забруднення ґрунту Кадмієм, це, можливо, пов'язано із конкуренцією за способи надходження хімічних речовин до рослин.

Нині питання безпечного використання пестицидів вирішують зменшенням їх навантаження на агроценози нормуванням вмісту залишкової кількості у природних середовищах, продуктах харчування, удосконаленням асортименту, а також регламентацією хімічного оброблення сільськогосподарських культур [20].

Розроблення екологічних нормативів щодо ґрунтів значно відрізняє від створення нормативів для інших середовищ (атмосфера, водні системи). Це пов'язано зі складністю і неоднорідністю об'єкта – ґрунт складається із кількох фаз: тверда, рідка, газоподібна і біотична, що

відрізняє його від інших природних середовищ, та значно ускладнює нормування вмісту забруднювальних речовин, особливо в разі комплексного забруднення. Використання методів біотестування, які засновані на реакції живих організмів на негативний вплив забруднювальних речовин, дає змогу надавати об'єктивну інформацію щодо токсичності компонентів навколишнього середовища, зокрема ґрунтів. Отже, цей підхід можна використовувати для вивчення питань комплексного навантаження екотоксикантів на агробіоценози, а застосування пестицидів на великих площах сільськогосподарських культур розпочинати лише після випробувань щодо їх безпечності для рослин.

Під час оцінювання екотоксичності пестицидів необхідно проводити випробування щодо їх впливу на вищі рослини, з урахуванням забрудненості ґрунту іншими поллютантами. Це важливо для розроблення заходів щодо зменшення надходження екотоксикантів до сільськогосподарських рослин.

Висновки. Проведені лабораторні дослідження методом біотестування з використанням тест-об'єкта *Triticum aestivum* L. свідчать про токсичність сумісного навантаження ґрунту Кадмію та відповідних системних фунгіцидів: Азимут (д.р.: тебуконазол, 125 г/дм³ +

триадимефон, 100 г/дм³) та Азимут Класик (д.р.: тебуконазол, 250 г/дм³), а також гербіциду ґрунтової дії Екстрабіт (д.р.: S-метолахлор, 960 г/дм³). Збільшення дози застосування пестицидів супроводжується інтенсифікацією фітотоксичності (за показниками початкового росту рослин). Перевищення цього показника для пестицидів Азимут та Екстрабіт > 40 % свідчить про рівень фітотоксичності вище середнього. За цих умов сумісне надходження пестицидів та Кадмію (3 ГДК у ґрунті) додатково не впливає на початкові параметри росту рослин.

Водночас збільшення дози застосування пестицидів призводить до зростання накопичення активних речовин рослинами, а сумісне надходження відповідних пестицидів та Кадмію сприяє ще більшому накопиченню активних речовин рослинами (показник зростає у 1,47–1,85 раза).

Зроблено висновок щодо необхідності перед застосуванням нових пестицидних формуляцій (особливо пестицидів ґрунтової дії чи протруювачів насіння) проводити випробування щодо їх токсичності для с./г. рослин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services / Chagnon M. et al. *Environ. Sci. Pollut.* 2015. 22. P. 119–134.

2. Найдюнова О.Є. Динаміка чисельності мікрофлори і біохімічної активності чорнозему типового за застосування комплексу пестицидів. Агрохімія і ґрунтознавство. міжвід. тем. наук. збірник. Харків. 2020. Вип. 90. С. 65–75. DOI: 10.31073/acss90-07

3. Rashid B., Husnain T., Riazuddin S. Herbicides and Pesticides as potential pollutants: A Global Problem. *Plant adaptation and Phytoremediation*. Chapter 19. 2010. Part 2. P. 427–447. DOI: 10.1007/978-90-481-9370-7_19.

4. Mixture toxicity of copper, cadmium and zinc to barley seedlings is not explained by antioxidant and oxidative stress biomarkers / Versieren L. et al. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2016. № 36(1). P. 456–460. DOI: 10.1002/etc.3529

5. Plant transcriptomics and responses to environmental stress: an overview / Imadi S.R. et al. *Journal of Genetics*. 2015. № 94(3). P. 525–537. DOI: 10.1007/s12041-015-0545-6.

6. Разанов С.Ф., Ткачук О.П. Інтенсивна хімізація землеробства як передумова забруднення зернової продукції важкими металами. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Біла Церква. 2017. № 1(134). С. 66–71.

7. DalCorso G., Farinati S., Furini A. Regulatory networks of cadmium stress in plants. *Plant Signaling & Behavior*. 2010. № 5(6). P. 663–667. DOI: 10.4161/psb.5.6.11425

8. Chorna V.I., Voroshylova N.V., Syrovatko V.A. Cadmium distribution in soils of Dnipropetrovsk oblast

and its accumulation in crop production. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. 8(1). P. 910–917. DOI: 10.15421/2018_293

9. Гученко М.М., Козловська Т.Ф., Гученко М.І. Дослідження причинно-наслідкових зв'язків між експозицією хлорорганічних сполук і станом здоров'я населення. Екологічна безпека. Наукове видання Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. Кременчук: КДПУ. 2009. Вип. 1(5).

10. Quantitative trait loci associated with phenological development, low-temperature tolerance, grain quality and agronomic characters in Wheat (*Triticum aestivum L.*) / Fowler D. et al. *PLoS One*. 2016. № 11(3). DOI: 10.1371/journal.pone.0152185

11. Khyzhnyak S.V. Cellular mechanisms of cadmium toxicity. К.: „LAT&K”. 2010. 213 p.

12. Cunningham M. Use of pesticides: benefits and problems associated with pesticides. *Food and Chemical Toxicology*. 2015. № 43 (2). P. 261–269.

13. Пестициди та їх еколого-токсикологічна оцінка / Хижняк С.В. та ін. К.: РВВ НУБіП України. 2019. 226 с.

14. Фурдичко О.І. Наукові основи сталого розвитку агроєкосистем України. Екологічна безпека агропромислового виробництва. К.: ДІА. 2021.

15. ДСТУ ISO 11269–1:2004. Якість ґрунту. Визначення дії забрудників на флору ґрунту. Частина 1. Метод визначення інгібіторної дії на ріст коренів.

16. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи / Гродзинський Д.М. та ін. К.: Фітосоціоцентр. 2006. 103 с.

17. ДСТУ ISO 11885:2005. Якість води. Визначення 33 елементів методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою. К.: Держпромстандарт України, 2006. 12 с.

18. EVS-EN 15662 (2008) Foods of plant origin – Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and cleanup by dispersive SPE–QuEChERS-method. URL: <https://www.evs.ee/products/evs-en-15662-2008>.

19. Devi Y.B., Meetei T.T., Kumari N. Impact of Pesticides on Soil Microbial Diversity and Enzymes: A Review. *Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018. Vol. 7. Issue 6. P. 952–958. DOI: 10.20546/ijemas.2018.706.113

20. Влізлю В.В., Салига Ю.Т. Проблеми біологічної безпеки застосування пестицидів в Україні. *Вісн. аграр. науки*. 2012. № 1. С. 24–28.

REFERENCES

1. Chagnon, M., Kreutzweiser, D., Mitchell, E.A.D., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Sluijs, J.P.V. (2015). Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. *Environ. Sci. Pollut.* no. 22, pp. 119–134.

2. Naidyonova, O.E. (2020). Dinamika chiselnosti mikroflori i biokhimichnoi aktivnosti chornozemy tipovogo za zastosyvannya kompleksy pestitsidov [Dynamics of the number of microflora and biochemical

activity of chernozem typical for the use of pesticide complex]. *Agrokhimiiay i gruntoznavstvo: mizhvid. tem. nayk. zbirnyk [Agrochemistry and soil science. Interdepartmental. Topics. Science. Digest]. Kharkiv, Vol. 90, pp. 65–75. DOI: 10.31073/acss90-07.*

3. Rashid, B., Husnain, T., Riazuddin, S. (2010). Herbicides and Pesticides as potential pollutants: A Global Problem. *Plant adaptation and Phytoremediation. Chapter 19. Part 2, pp. 427–447. DOI: 10.1007/978-90-481-9370-7_19.*

4. Versieren, L., Evers, S., Elgawad, H., Asard, H., Smolders, E. (2016). Mixture toxicity of copper, cadmium and zinc to barley seedlings is not explained by antioxidant and oxidative stress biomarkers. *Environmental Toxicology and Chemistry. no. 36(1), pp. 456–460. DOI: 10.1002/etc.3529*

5. Imadi, S.R., Kazi, A.G., Ahanger, M.A. (2015.) Plant transcriptomics and responses to environmental stress: an overview. *Journal of Genetics. no. 94(3), pp. 525–537. DOI: 10.1007/s12041-015-0545-6.*

6. Razanov, S.F., Tkachuk, O.P. (2017). Intensyvna khimizatsiia zemlerobstva yak peredumova zabrudnennia zernovoi produktsii vazhkymy metalamy [Intensive chemicalization of agriculture as a prerequisite for contamination of grain products with heavy metals]. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynytstva [Technology of production and processing of livestock products]. Bila Tserkva, no. 1(134), pp. 66–71.*

7. DalCorso, G., Farinati, S., Furini, A. (2010). Regulatory networks of cadmium stress in plants. *Plant Signaling & Behavior. no. 5(6), pp. 663–667. DOI: 10.4161/psb.5.6.11425*

8. Mudryi, I.V. (2005). Deiaki aspekty problemy vyroshchuvannia yakisnoi roslynnytskoi produktsii pry zastosuvanni mineralnykh dobryv ta metodychni pidkhody shchodo toksykoloho-hihienichnoi yikh otsinky [Some aspects of the problem of growing quality crop products using mineral fertilizers and methodological approaches to their toxicological and hygienic assessment]. *Problemy kharchuvannia. Medychna Ukraina [Nutrition problems. Medical Ukraine], no. 4, pp. 44–47.*

9. Guchenko, M.M., Kozlovs'ka, T.F., Guchenko, M.I. (2009). Doslydzhennya pruchuno-naslidkovykh zvyazkiv mizh ekspozitsiyeu khlororganichnykh spoluk i stanom zdorov'ya naseleण्या. *Ekologichna bezpeka. [Investigation of the causal relationship between organochlorine exposure and public health. Ecological safety]. Naukove vydannja Kremenchtskogo derzhavnogo pjlytekhnychnogo universytetu imeni Mykhayla Ostrogradskogo [Scientific publication Kremenchug State Polytechnic University named after Mykhailo Ostrogradsky]. Kremenchuk, KNPU, no. 1(5).*

10. Fowler, D., Diaye N., Laudencia-Chingcuanco, D., Pozniak, C. (2016). Quantitative trait loci associated with phenological development, low-temperature tolerance, grain quality and agronomic characters in Wheat (*Triticum aestivum L.*). *PLoS One. no. 11(3). DOI: 10.1371/journal.pone.0152185*

11. Khyzhnyak, S.V. (2010). Cellular mechanisms of cadmium toxicity. *Kyiv, LAT& K, 213 p.*

12. Cunningham, M. (2015). Use of pesticides: benefits and problems associated with pesticides. *Food and Chemical Toxicology. no. 43 (2), pp. 261–269.*

13. Khyzhnyak, S.V., Baranov, Yu.S., Demchenko, V.F., Voitsytskiy, V.M. (2019). Pestytisydy ta yikh ekoloho-toksykologichna otsinka [Pesticides and their ecological and toxicological evaluation]. *Kyiv, NULES Ukraine, 226 p.*

14. Furdychko, O.I. (2021). Naukovy osnovy stalogo rozvytku agroekosistem Ukraine [Scientific bases of sustainable development of agroecosystems of Ukraine]. *Ekologichna bezpeka agropromyslovogo vyrobnytstva [Ecological safety of agro-industrial production]. Kyiv, DIA.*

15. DSTU ISO 11269–1:2004. Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora – Part 1. Method for the measurement of inhibition of root growth.

16. Grodzinsky, D.M., Shylina, Yu.V., Kutsokon, N.K. (2006). Zastosuvannia roslynnykh test-system dlia otsinky kombinovanoi dii faktoriv riznoi pryrody [Application of plant test systems to assess the combined action of factors of different nature]. *Kyiv, Phytosocial Center.*

17. DSTU ISO 11885:2005. Water quality. Determination of 33 elements by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry.

18. EVS-EN 15662 (2008) Foods of plant origin – Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and cleanup by dispersive SPE–QuEChERS-method. Available at: <https://www.evs.ee/products/evs-en-15662-2008>.

19. Devi, Y.B., Meetei, T.T., Kumari, N. (2018). Impact of Pesticides on Soil Microbial Diversity and Enzymes: A Review. *Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. no. 7(6), pp. 952–958. DOI: 10.20546/ijcmas.2018.706.113*

20. Vlizlo, V.V., Salyga, Yu.T. (2012). Problemy biologichnoi bezpeki zastosuvannia pestitsydyv v Ukraine [Problems of biological safety of pesticide use in Ukraine]. *Visnyk agrarnoi' nauky [Bulletin of Agricultural Science], no. 1, pp. 24–28.*

Assessment of the combined pesticide and cadmium load on the soil using higher plants

Khyzhnyak S., Kovarsun I., Berezovsky O., Voytsytsky V.

The multicomponent nature of agroecosystem pollution complicates the effectiveness of the ecotoxicological control. The danger of the combined pesticide and cadmium soil load was investigated in the laboratory conditions using agricultural plants (test crops). The aim of the study was an integral assessment of the complex impact of pesticide and cadmium soil contamination on wheat *Triticum aestivum L.* by biotesting. The widely used pesticides in agriculture were tested: systemic fungicides Azimut (a.i.: tebuconazole, 125 g/dm³ + triadimefon, 100 g/dm³), Azimut Classic (a.i.: tebuconazole, 250 g/dm³) and soil-acting herbicide Extrabit (a.i.: S-metolachlor, 960 g/dm³). The levels of Cadmium accumulation by plants (by

inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy) and pesticide active ingredients (by high-performance liquid chromatography with a mass detector) were determined. It was found that a exceeding the rate of pesticide application leads to their accumulation by plants. At combined soil load with Cadmium (3-fold maximum allowable concentration, MAC) and the associated pesticide, an increase in the accumulation of active ingredients by plants is observed (tebuconazole by 1.85 and 1.47 times for Azimut and Azimut Classic, respectively, and S-metolachlor by 1.47 times for Extrabit) compared to a single pesticide. In addition, phytotoxicity of pesticides was noted in the

conditions of the experiment. Thus, for the fungicide Azimut and the herbicide Extrabit, a decrease in the initial growth rate of plants (length of roots and seedlings) by more than 40 % was found, which indicates a level of phytotoxicity above average. It was concluded that new pesticide formulations (including soil-acting pesticides) should be tested for toxicity in relation to higher plants. This is important for development of countermeasures to reduce pesticide accumulation in agricultural plants, especially in conditions of soil contamination with heavy metals.

Key words: biotesting, combined action, pesticides, cadmium, phytotoxicity, *Triticum aestivum* L.



Copyright: Хижняк 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.



ORCID iD:

Хижняк С.В.

Коверсун І.В.

Березовський О.В.

Войціцький В.М.

<https://orcid.org/0000-0001-6745-2894>

<https://orcid.org/0000-0002-5484-4204>



<https://orcid.org/0000-0002-0909-1119>

<https://orcid.org/0000-0002-5641-0071>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.63.631.531.12

Вплив способів вирощування насіння триплоїдного ЧС гібрида буряків цукрових на посівні якості насіння та продуктивні властивості фабричних коренеплодів

Глеваський В.І.¹ , Куянов В.В.², Примак І.Д.¹ , Малик Д.А.¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Інститут післядипломної освіти НУХТ Глеваський В.І. E-mail: glevas@ukr.net

Глеваський В.І., Куянов В.В., Примак І.Д., Малик Д.А. Вплив способів вирощування насіння триплоїдного ЧС гібрида буряків цукрових на посівні якості насіння та продуктивні властивості фабричних коренеплодів. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 79–84.

Hlevaskiy V., Kuyanov V., Prymak I., Malik D. Influence of the method of growing seeds of a three-ploid hybrid of sugar beet on the productivity of root crops. «Agrobiologia», 2022. no. 1, pp. 79–84.

Рукопис отримано: 08.04.2022 р.

Прийнято: 25.04.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-79-84

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У працях Ч. Дарвіна є обґрунтування явища гібридної сили, яке полягає в диференціації статевих клітин утвореного організму в кращій придатності до умов вирощування [1].

Використання цитоплазматичної чоловічої стерильності відкрило перспективи в селекції

У статті вивчали вдосконалення способів співвідношення розміщення чоловічостерильного компонента та запилювача за вирощування гібридного насіння буряків цукрових, та їх вплив на продуктивність коренеплодів.

Правильно підібране співвідношення компонентів за вирощування насіння чоловічостерильних гібридів дає змогу уникнути низки негативних явищ у насінництві, зокрема низького ефекту гетерозису, ступеня роздільноплідності та незадовільної якості насіння.

Висока якість насінневого матеріалу залежить від вибору чоловічостерильного компонента і запилювача, які мають характеризуватися високою продуктивністю та комбінаційною здатністю і, звичайно, ефективним способом вирощування, раціональним співвідношенням компонентів та розміщенням їх на ділянці.

Дослідженнями встановлено, що за правильного підбору чоловічостерильного компонента і запилювача можна ефективніше і раціональніше використати площу поля. Так, урожайність насіння з загальної і облікової площі має рівні показники.

Встановлено також, що найвищу урожайність насіння спостерігали у варіантах, де використовували суміш компонентів схрещування. За такої схеми максимально використовувалась плантація, однак є значний недолік – неможливо уникнути змішування чоловічостерильного компонента і запилювача під час очищення насіння.

За розміщення рослин смугами найвищу урожайність з облікової плантації спостерігали у співвідношенні компонентів 6:2, а найменшу за 10:2.

Збільшуючи кількість рядків чоловічостерильного компонента з 6:2 до 10:2, схожість насіння суттєво знижується.

Вищу продуктивність коренеплодів отримано від сівби насінням, яке вирощували сумішню компонентів схрещування, ніж за вирощування його смугами.

Ключові слова: насіння, буряки цукрові, компоненти схрещування, триплоїдний гібрид, схема садіння, схожість, урожайність, однонасінність, цукристість, збір цукру.

створення міжлінійних диплоїдних і триплоїдних гібридів. Для таких гібридів характерна висока якість насіння [2–5].

Для отримання гібридного насіння буряків цукрових використовують материнські форми однонасінних чоловічостерильних ліній і їх запилювачі – багатонасінні диплоїдні або те-

траплоїдні матеріали. Базове насіння збирають лише з однонасінного чоловічостерильного компонента. Однорідність посівного матеріалу дає змогу довести його до високих посівних кондицій: однонасінність, енергія проростання, схожість і вирівняність [6–10].

Насінництво буряків цукрових має свої особливості, це обумовлено біологічними особливостями вирощування, значною різноманітністю насіння і використанням для посівів гібридного насіння, отриманого з чоловічостерильного компонента.

За вирощування урожайність і якість насіння змінюються від підбору, співвідношення чоловічостерильного компонента і запилювача, розміщення на ділянці гібридизації, способу вирощування. Компоненти схрещування повинні мати високу комбінаційну здатність [11–13].

Для отримання базового насіння буряків цукрових використовують різні способи і схеми садіння або посіви компонентів схрещування. Цей вибір залежить від біологічних особливостей, призначених для сівби чи садіння компонентів. Широке застосування має роздільний спосіб вирощування насіння, практикують також змішування компонентів.

За вирощування смугами чоловічостерильного компонента і запилювача є позитивні і негативні сторони. Позитивні – насіння збирають з чоловічостерильного компонента і отримують 100 % гібридне насіння, за цього способу є можливість регулювати синхронність цвітіння між компонентами та строки садіння, проведення чеканки. Водночас є недоліки, зокрема недопущення змішування компонентів. Засіяна чи посаджена полоса розділяється одна від одної пропуском, щоб не допустити сплетіння стебел і змішування насіння в період збирання. За такої схеми садіння залишається вільна площа, яка не використовується не лише завдяки смугам між компонентами схрещування, а й після видалення рослин запилювача, коли вони відцвітають [14–16].

Вирощування гібридного насіння сумішню компонентів схрещування спрощує насінницький процес, є економічнішим, дає змогу максимально використовувати площі поля під чоловічостерильні форми. Однак цей спосіб не забезпечує повного відокремлення клубочків запилювача в процесі підготовки насіння на насінневих заводах. Трапляється також, коли за розміром насіння компонентів мало різниться, клубочки батьківської форми неможливо відокремити із суміші механічним способом [17–20].

Нині гібридне насіння, створене на цитоплазматичній чоловічостерильній основі, ви-

рощують за різних співвідношень, способів і схем садіння чи посіву компонентів схрещування, що обумовлено біологічними властивостями.

Мета дослідження. Досліджено вплив способів вирощування триплоїдного чоловічостерильного гібрида буряків цукрових на посівні якості насіння та продуктивні властивості фабричних коренеплодів.

Матеріал і методи дослідження. Досліди проводили у 2019–2021 рр. на дослідному полі НВЦ БНАУ. У польових дослідах облікова площа ділянки становила 25 м², повторність – чотириразова. Для дослідження використовували триплоїдний гібрид Злука, створений Іванівською ДС сумісно з Білоцерківською ДСС ІЦБіБК, високо цукристий, урожайно-цукристого напрямку.

У період вегетації проводили наступні обліки і спостереження: початок і кінець фаз розвитку насінників, висота рослин, типи насінників, стерильність, лабораторна схожість насіння, маса 1000 плодів, однонасінність, урожайність насіння, польова схожість насіння, фіксували дати початку появи фаз розвитку рослин фабричних буряків цукрових, маса 100 рослин і ступінь ураження їх коренеюдом, урожайність коренеплодів та їх цукристість згідно з методичними рекомендаціями ІЦБіБК.

Схема досліду містила такі варіанти: 1) садіння змішуванням коренеплодів чоловічостерильного компонента із вмістом 16 % запилювача; 2) вирощування насінників – змішування чоловічостерильного компонента і запилювача, вирощеними з суміші насінням за співвідношення 5:1; 3) вирощування насінників смугами чоловічостерильного компонента і запилювача у співвідношеннях – 6:2; 4) 8:2; 5) 10:2.

Результати дослідження та обговорення. Дослідженнями встановлено, що кількість рядків чоловічостерильного компонента впливає на урожайність і якість насіння. Так, урожайність з загальної і облікової площ має різні показники (табл. 1). Найвищою – 2,3 і 2,5 т/га вона була у першому і другому варіантах за вирощування від змішування чоловічостерильного компонента і запилювача. За розміщення рядків компонентів смугами високу урожайність спостерігали за співвідношення 6:2 – 1,9 т/га. Зі збільшенням рядків чоловічостерильного компонента до 10:2 урожайність насіння зменшувалася на 0,15 т/га. Одна з основних причин зниження урожайності – відсутність достатньої кількості пилку у рослин тетраплоїдного запилювача для запилення квіток чоловічостерильного компонента. Якщо перерахувати урожайність сировини, зібраної із загальної площі, то

вона буде, навпаки, більшою за співвідношення 10:2 – 1,25 т/га, а нижчою за 6:2 – 1,2 т/га. За збільшення рядків на ділянці чоловічостерильного компонента підвищується урожайність із загальної площі, однак знижується схожість. За чергування рядків чоловічостерильного компонента і запилювача у співвідношенні 10:2 вона становила 76 %, а за 6:2 – 82 %. У варіантах, де вирощували насіння від змішування компонентів, схожість була 81–82 %.

Найбільша маса 1000 насінин – 13,8 і 14,2 г була у варіантах, де вирощували насінники за змішування компонентів, завдяки вмісту запилювача. За вирощування смугами компонентів схрещування більшу масу 1000 плодів –

13,0 г спостерігали у п'ятому варіанті за співвідношення 10:2, а найменшу – 12,8 г за співвідношення 6:2.

Однонасінність – 88 % була найвищою у третьому варіанті за вирощування чоловічостерильного компонента і запилювача у співвідношенні 6:2, а найменша – 85 % також за роздільного садіння компонентів, однак у співвідношеннях 8:2 і 10:2.

Сівбу насінням буряків цукрових на фабричні цілі використовували фракцію 4,5–5,5 мм. Продуктивність коренеплодів триплоїдного гібрида наведено в таблиці 2, де видно, що достовірної різниці за урожайністю і цукристістю не спостерігали.

Таблиця 1 – Продуктивність гібридного насіння буряків цукрових залежно від способу вирощування (середнє 2019–2020 рр.)

Варіант	Урожайність, т/га		Схожість, %	Маса 1000 плодів, г	Однонасінність, %
	загальна площа	облікова площа			
Садіння змішуванням коренеплодів чоловічостерильного компонента із вмістом 16 % запилювача	2,5	2,5	81,0	14,2	80,0
Вирощування насінників – змішування чоловічостерильного компонента і запилювача, вирощеними з суміші насінням за співвідношення 5:1	2,3	2,3	82,0	13,8	82,0
Вирощування насінників смугами чоловічостерильного компонента і запилювача у співвідношеннях 6:2	1,2	1,9	82,0	12,8	88,0
Вирощування насінників смугами чоловічостерильного компонента і запилювача у співвідношеннях 8:2	1,2	1,8	79,0	12,9	85,0
Вирощування насінників смугами чоловічостерильного компонента і запилювача у співвідношеннях 10:2	1,3	1,8	76,0	13,0	85,0
НІР ₀₅		0,3	5,4		

Таблиця 2 – Продуктивність коренеплодів буряків цукрових триплоїдного гібрида залежно від способу вирощування насіння (середнє 2020–2021 рр.)

Варіант	Урожайність, т/га	Цукристість, %	Збір цукру, т/га
Садіння змішуванням коренеплодів чоловічостерильного компонента із вмістом 16 % запилювача	55,0	18,8	10,3
Вирощування насінників – змішування чоловічостерильного компонента і запилювача, вирощеними з суміші насінням за співвідношення 5:1	55,0	18,7	10,3
Вирощування насінників смугами чоловічостерильного компонента і запилювача у співвідношеннях 6:2	53,4	18,7	10,0
Вирощування насінників смугами чоловічостерильного компонента і запилювача у співвідношеннях 8:2	52,5	18,5	9,7
Вирощування насінників смугами чоловічостерильного компонента і запилювача у співвідношеннях 10:2	52,2	18,5	9,6
НІР ₀₅	2,1	0,3	

Найвищу урожайність коренеплодів – 55 т/га і збір цукру – 10,3 т/га отримали у варіантах, де висівали насіння, отримане за змішування чоловічостерильного компонента і запилювача. Менший урожай – 53,4 т/га і збір цукру – 10,0 т/га отримано з насіння за вирощування коренеплодів смугами у співвідношенні чоловічостерильного компонента і запилювача 6:2, а найнижчий урожай – 52,2 т/га за збору цукру – 9,6 т/га зафіксовано у п'ятому варіанті також з насіння, отриманого за вирощування смугами коренеплодів у співвідношенні 10:2.

Висновки. 1. Урожайність насіння – 2,3 і 2,5 т/га була найвищою у варіантах, де змішували компоненти схрещування. 2. Вирощуючи чоловічостерильний компонент і запилювач смугами, високу урожайність насіння з облікової площі відмічено за співвідношення 6:2 – 1,90 т/га, найменшу за співвідношення 10:2 – 1,75 т/га. 3. У перерахунку на загальну площу, навпаки, найвищу урожайність зафіксовано за співвідношення чоловічостерильного компонента і запилювача 10:2 – 1,25 т/га, а найменшу за співвідношення 6:2 – 1,2 т/га. 4. Із збільшенням рядків чоловічостерильного компонента зменшується схожість насіння. Так, у співвідношенні компонентів схрещування 10:2 схожість 76 %, а за 6:2 – 82 %. 5. У фабричних посівах найвища урожайність коренеплодів була від насіння, отриманого за змішування чоловічостерильного компонента і запилювача, порівняно з насінням, отриманим за вирощування смугами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ч. Дарвін. Походження видів. К., 1949. С. 56–59.
2. Роїк М.В., Чердничок О.І. Методика оцінки і доборів за цитологічними та цитоембріологічними тестами в селекційному процесі для покращання біологічної якості насіння цукрових буряків. Наукові праці Інституту цукрових буряків. К.: Поліграфконсалтинг, 2005. Вип. 8. С. 178–189.
3. Роїк М.В., Гізбуллін Н.Г. Нові гібриди цукрових буряків та система їх насінництва. Насінництво: теорія і практика технологій вирощування та оздоровлення насіння та садивного матеріалу, конкуренто-здатних в умовах Європейського ринку. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Сімферополь: Аріал. 2012. Вип. 16. С. 19–21.
4. Доронін В.А., Бусол В.А., Белік Я.В. Вплив заходів передпосівного оброблення на біологічні властивості насіння цукрового буряка Насінництво: теорія і практика технологій вирощування та оздоровлення насіння та садивного матеріалу, конкурентоздатних в умовах Європейського ринку. Збірник наукових праць Інституту біоенерге-

тичних культур і цукрових буряків НААН України. Сімферополь: Аріал. 2012. Вип. 16. С. 110–112.

5. Корнєєва М.О., Власюк М.В., Опанасенко Т.Г. Комбінаційна здатність за схожістю насіння запилювачів при створенні ЧС гібридів цукрових буряків. Цукрові буряки. 2005. № 4. С. 13–15.

6. Корнєєва М.О., Ненька О.В. Генетичний аналіз ліній запилювачів цукрового буряка уманської селекції за енергією проростання насіння. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Сімферополь: ВД «Аріал», 2012. Вип. 16. С. 113–118.

7. Глеваський В.І., Рибак В.О., Шаповаленко Р.М. Взаємозв'язок між розміром насіння і продуктивністю буряків цукрових. Агробіологія: зб. наук. праць. БНАУ. Біла Церква. 2017. С. 71–76.

8. Гражданкін О. Нові можливості з насінням цукрових буряків від компанії Beta seed. Пропозиція. 2015. № 2. С. 68–69.

9. Балагура О.В. Продуктивність посівів цукрових буряків залежно від генотипу і строків сівби. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. К.: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. Вип. 17. Том II. С. 189–192.

10. Вишневіська Л.В., Кононенко Л.М., Січка А.О. Продуктивність гібридів буряку цукрового в умовах правобережного Лісостепу України. Агробіологія: збірник наукових праць. Білоцерків. нац. аграр. ун-т. Біла Церква. 2014. Вип. 1(109). С. 122–126.

11. Гринів С.М. Удосконалення основних агротехнічних прийомів вирощування цукрових буряків сучасних гібридів у лівобережній частині Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. К., 2010. 20 с.

12. Іваніна В.В. Енергетична ефективність агротехнологій за різних систем удобрення зернобурякової сівозміни. Цукрові буряки. 2014. №2. С. 15–16.

13. Іоніцой Ю.С. Роль вологозабезпечення в життєздатності гібридів буряків цукрових різного походження. Вісник аграрної науки. 2014. №4. С. 24–28.

14. Карпук Л.М., Кикало М.М. Особливості росту і розвитку біологічних форм цукрових буряків залежно від норм висіву насіння. Агробіологія: збірник наукових праць. Білоцерків. нац. аграр. ун-т. Біла Церква, 2014. Вип. 1(109). С. 44–47.

15. Корнєєва М.О., Мельник Я.А., Навроцька Е.Е. Успадкування вмісту натрію як елемента технологічної якості коренеплодів у топкросних ЧС гібридів цукрового буряку. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Агрономія. 2012. Випуск 78. Частина 1. С. 75–84.

16. Максимович В. Технології вирощування цукрових буряків. Київ: ТОВ Сингента, 2014. 100 с.

17. Маслак О., Ільченко О. Економіка цукрових буряків в Україні. Пропозиція. 2015. №6. С. 32–36.

18. Островський Л.Л. Продуктивність гібридів цукрових буряків української селекції. Агроном. 2012. №4. С. 110–116.

19. Bischoff J. Verfahren der Bodenbearbeitung und Zuckerruben im Vergleich. Zuckerrube. 2013. № 4. С. 30–33.

20. Nelles F. Was leisten Nematodenresistenz und-toleranz bei Zuckerruben-sorten? Zuckerrube. 2013. № 4. С. 48–49.

REFERENCES

1. Ch., Darwin (1949). Pokhodzhennia vydiv [Origin of species]. Kyiv, pp. 56–59.

2. Roik, M.V., Cherednychok, O.I. (2005). Metodyka otsinky i doboriv za tsytolohichnymy ta tsytoembriolohichnymy testamy v selektsiynomu protsesi dlia pokrashchannia biolohichnoi yakosti nasinnia tsukrovkykh buriakiv [Methods of evaluation and selection by cytological and cytoembryological tests in the selection process to improve the biological quality of sugar beet seeds]. Naukovi pratsi Instytutu tsukrovkykh buriakiv [Scientific works of the Institute of Sugar Beets]. Kyiv, Polihrafkonsal'tynh, Issue 8, pp. 178–189.

3. Roik, M.V., Hizbullin, N.H. (2012). Novi hibrydy tsukrovkykh buriakiv ta systema yikh nasynnytstva. Nasynnytstvo: teoriia i praktyka tekhnolohii vyroshchuvannia ta ozdorovlennia nasinnia ta sadyvnoho materialu, konkurento-zdatnykh v umovakh Yevropeiskoho rynku [New sugar beet hybrids and their seed production system. Seed production: theory and practice of technologies for growing and improving seeds and planting material, competitive in the European market]. Zbirnyk naukovykh prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovkykh buriakiv NAAN Ukrainy [Collection of scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS of Ukraine]. Simferopol, Arial, Issue 16, pp. 19–21.

4. Doronin, V.A., Busol, V.A., Bielik, Y.V. (2012). Vplyv zakhodiv peredposivnoho obroblennia na biolohichni vlastyivosti nasinnia tsukrovoho buriaka Nasynnytstvo: teoriia i praktyka tekhnolohii vyroshchuvannia ta ozdorovlennia nasinnia ta sadyvnoho materialu, konkurento-zdatnykh v umovakh Yevropeiskoho rynku [Influence of pre-sowing treatment measures on biological properties of sugar beet seeds Seed production: theory and practice of technologies for growing and improving seeds and planting material, competitive in the European market]. Zbirnyk naukovykh prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovkykh buriakiv NAAN Ukrainy [Collection of scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS of Ukraine]. Simferopol, Arial, Issue 16, pp. 110–112.

5. Kornieieva, M.O., Vlasiuk, M.V., Opanasenko, T.H. (2005). Kombinatsiina zdattist za skhozhistiu nasinnia zapyliuvachiv pry stvorenni ChS hibrydiv tsukrovkykh buriakiv [Combination ability of seed pollinator germination in the creation of sugar beet hybrids]. Tsukrovi buriaky [Sugar beets], no. 4, pp. 13–15.

6. Kornieieva, M.O., Nenka, O.V. (2012). Henecheyi analiz linii zapyliuvachiv tsukrovoho buriaka umanskoj selektsii za enerhiieiu prorostannia nasinnia [Genetic analysis of sugar beet pollinator lines of

Uman selection by seed germination energy]. Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovkykh buriakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets]. Simferopol, VD «Arial», Issue 16, pp. 113–118.

7. Hlevaskyi, V.I., Rybak, V.O., Shapovalenko, R.M. (2017). Vzaiemozviazok mizh rozmirom nasinnia i produktyvnistiu buriakiv tsukrovkykh [Relationship between seed size and sugar beet productivity]. Ahrobiolohiia: zb. nauk. prats BNAU [Agrobiology: Coll. Science work. BNAU]. Bila Tserkva, pp. 71–76.

8. Hrazhdankin, O. (2015). Novi mozhlyvosti z nasinniam tsukrovkykh buriakiv vid kompanii Beta seed [New opportunities with sugar beet seeds from Beta seed]. Propozytsiia [Offer], no. 2, pp. 68–69.

9. Balahura, O.V. (2014). Produktyvnist posiviv tsukrovkykh buriakiv zalezho vid henotypu i strokiv sivby [Productivity of sugar beet crops depending on genotype and sowing dates]. Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovkykh buriakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets]. Kyiv, FOP Korzun D.I., Issue 17, Vol. II, pp. 189–192.

10. Vyshnevska, L.V., Kononenko, L.M., Sichkar, A.O. (2014). Produktyvnist hibrydiv buriaku tsukrovoho v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Productivity of sugar beet hybrids in the conditions of the right-bank Forest-steppe of Ukraine]. Ahrobiolohiia: zbirnyk naukovykh prats. Bilotserkiv. nats. ahrar. un-t [Agrobiology: Collection of scientific works. Bila Tserkva. nat. agrarian. un-t]. Bila Tserkva, no. 1(109), pp. 122–126.

11. Hryniv, S.M. (2010). Udoskonalennia osnovnykh ahrotekhnichnykh pryiomiv vyroshchuvannia tsukrovkykh buriakiv suchasnykh hibrydiv u livoberezhnii chastyni Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.09 [Improvement of basic agrotechnical methods of growing sugar beets of modern hybrids in the left-bank part of the Forest-Steppe of Ukraine: author's ref. dissertation for the degree of Cand. of Agricultural Science: special. 06.01.09]. Kyiv, 20 p.

12. Ivanina, V.V. (2014). Enerhetychna efektyvnist ahrotekhnolohii za riznykh system udobrennia zerno buriakovoiv sivozminy [Energy efficiency of agrotechnologies under different fertilizer systems of beet crop rotation]. Tsukrovi buriaky [Sugar beets], no. 2, pp. 15–16.

13. Ionitsoi, Y.S. (2014). Rol volohozabezpechennia v zhyttiezdatnosti hibrydiv buriakiv tsukrovkykh riznoho pokhodzhennia [The role of moisture supply in the viability of sugar beet hybrids of different origins]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science], no. 4, pp. 24–28.

14. Karpuk, L.M., Kykalo, M.M. (2014). Osoblyvosti rostu i rozvytku biolohichnykh form tsukrovkykh buriakiv zalezho vid norm vysivu nasinnia [Features of growth and development of biological forms of sugar beets depending on seed sowing rates]. Ahrobiolohiia: zbirnyk naukovykh prats. Bilotserkiv. nats. ahrar. un-t [Agrobiology: Collection of scientific works. Bila Tserkva. nat. agrarian. un-t]. Bila Tserkva, no. 1(109), pp. 44–47.

15. Kornieieva, M.O., Melnyk, Y.A., Navrotska, E.E. (2012). Uspadkuvannia vmistu natriiu yak elementa tekhnolohichnoi yakosti koreneplodiv u topkrosnykh ChS hibrydiv tsukrovoho buriaku [Inheritance of sodium content as an element of technological quality of root crops in top-cross hybrids of sugar beet]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. Ahronomiia [Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture. Agronomy]. Part 1, Issue 78, pp. 75–84.

16. Maksymovych, V. (2014). Tekhnolohii vyroshchuvannia tsukrovyykh buriakiv [Sugar beet growing technologies]. Kyiv, TOV Synhenta, 100 p.

17. Maslak, O., Ilchenko, O. (2015). Ekonomika tsukrovyykh buriakiv v Ukraini [Sugar beet economy in Ukraine]. Propozytsiia [Offer], no. 6, pp. 32–36.

18. Ostrovskiy, L.L. (2012). Produktyvnis hibrydiv tsukrovyykh buriakiv ukrainskoi selektsii [Productivity of sugar beet hybrids of Ukrainian selection]. Ahronom [Agronomist], no. 4, pp. 110–116.

19. Bischoff, J. (2013). Verfahren der Bodenbearbeitung zu Zuckerruben im Vergleich. Zuckerrube. no. 4, pp. 30–33.

20. Nelles, F. (2013). Was leisten Nematodenresistenz und-toleranz bei Zuckerruben-sorten? Zuckerrube. no. 4, pp. 48–49.

Influence of the method of growing seeds of a three-ploid hybrid of sugar beet on the productivity of root crops

Hlevaskiy V., Kuyanov V., Prymak I., Malik D.

Influence of method of growing seeds of triploid hybrid of sugar beet on root productivity. This article examines the issues of improving the methods of ratio of male-sterile component and pollinator in the culti-

vation of hybrid sugar beet seeds and how it affects the productivity of root crops.

Properly selected ratio of components in the cultivation of seeds of male hybrids allows to avoid a number of negative phenomena in seed production; it is to ensure a low effect of heterosis, the degree of fertility and poor seed quality.

The productivity of seed depends on the selection of crossbreeding components, which should be characterized by high productivity and combinatorial ability, and of course on the method of cultivation, the ratio of components and their placement in the hybridization site. Research has shown that from the correct selection of crossbreeding components, the field area can be used to the maximum and rational. So the yield of seeds from the total and accounting area have different indicators. It was also found that the highest seed yield was observed in variants where a mixture of crossbreeding components was used, with such a scheme and the plantation was used to the maximum. But with such a planting scheme there is an important drawback; it is impossible to avoid mixing the male-sterile component and the pollinator during seed cleaning.

When placing the seedlings in strips, the highest yield from the accounting plantation was at a ratio of 6:2, and the lowest at 10:2.

Increasing the number of rows of male-sterile component from 6:2 to 10:2 seed germination decreases significantly.

Higher productivity of root crops was obtained from sowing seeds that were grown with a mixture of crossbreeding components than when growing it in strips.

Key words: seeds, sugar beet, components of hybridization, triploid hybrid, planting scheme, similarity, yield capacity, monoecious, sugar content, sugar collection.



Copyright: Глеваський В.І. 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.



ORCID iD:

Глеваський В.І.


Приймак І.Д.

<https://orcid.org/0000-0002-3939-7215>

<https://orcid.org/0000-0002-0094-3469>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.111.1«324»:631.524.84/527.53.2

Селекційно-генетичні особливості прояву кількості зерен у головному колосі у гібридів з пшенично-житніми транслокаціями 1BL.1RS і 1AL.1RS в умовах Лісостепу УкраїниДубовик Н.С.¹ , Сабадин В.Я.¹ , Кириленко В.В.² ,Гуменюк О.В.² , Лобачов В.О.³ ¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України³ Агрофірма «Колос ЛТД» Сабадин В.Я. E-mail: valia.sabady@btsau.edu.ua

Дубовик Н.С., Сабадин В.Я., Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Лобачов В.О. Селекційно-генетичні особливості прояву кількості зерен у головному колосі у гібридів з пшенично-житніми транслокаціями 1BL.1RS і 1AL.1RS в умовах Лісостепу України. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 85–94.

Dubovyk N., Sabady V., Kyrylenko V., Humentyuk O., Lobachov V. Breeding and genetic features of the manifestation of the number of grains per main ear manifestation in hybrids with 1BL.1RS and 1AL.1RS wheat-rye translocations in the Forest Steppe of Ukraine. «Agrobology», 2022. no. 1, pp. 85–94.

Рукопис отримано: 18.04.2022 р.

Прийнято: 03.05.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-85-94

Досліджено рівень прояву гетерозисного ефекту в гібридних популяціях, що підвищить ефективність селекційного процесу пшениці озимої за ознакою кількість зерен у головному колосі. Вивчено 30 гібридних комбінацій, створених за використання повної діалельної схеми схрещувань шести сортів пшениці м'якої озимої, носіїв пшенично-житніх транслокацій (ПЖТ): 1AL.1RS – Експромт, Золотоколоса, Колумбія та 1BL.1RS – Калинова, Світанок Миронівський, Легенда Миронівська. Відмічено значення адитивних і неадитивних ефектів генів у детермінації ознаки кількість зерен у головному колосі. У разі залучення в схрещування сорту Світанок Миронівський гібриди успадковували досліджувану ознаку переважно за адитивною моделлю, а за участю сортів Експромт, Золотоколоса, Легенда Миронівська, Калинова, Колумбія – за неадитивною моделлю. Кращими за кількістю випадків з високими ефектами загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) за ознакою кількість зерен у головному колосі були сорти-носії ПЖТ: 1BL.1RS – Легенда Миронівська, 1AL.1RS – Золотоколоса та Колумбія. Незалежно від погодних умов року виявлено гетерозисний ефект у групі схрещувань 1BL.1RS / 1BL.1RS та відібрано в наступних поколіннях трансгресивні форми. Порівняно з кращою батьківською формою перевищення за кількістю зерен у головному колосі в F_1 мали 26,7 (2016 р.) і 33,3 % (2017 р.) гібридів, коефіцієнт істинного гетерозису (Hbt) становив від 2,15 до 10,71 % і від 0,32 до 11,77 % відповідно. Позитивний початок інтенсивного формування (F_2) та ступінь трансгресії в F_3 за ознакою зафіксовано в 73,3 % популяцій. Найвище значення показника виявили в популяції: F_2 – Золотоколоса / Колумбія, Світанок Миронівський / Експромт (по 32,1 %), Калинова / Золотоколоса (31,7 %); F_3 – Колумбія / Золотоколоса (41,5 %), Золотоколоса / Експромт (35,9 %). У більшості з них батьківськими компонентами були сорти-носії 1AL.1RS транслокації.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, пшенично-житні транслокації, кількість зерен у головному колосі, загальна комбінаційна здатність, специфічна комбінаційна здатність, гетерозис, трансгресії.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Вихідний матеріал є основою селекції, а його вивченість обумовлює її результативність. Селекційна практика підтверджує необхідність цілеспрямованого пошуку цінних батьківських форм [1].

Одним із вдалих способів збагачення геноплазми пшениці чужинними генетичними компонентами міжсортною гібридизацією є використання пшенично-житніх транслокацій (ПЖТ) [2]. Нині набувають поширення сорти пшениці озимої з ПЖТ, які характеризуються

підвищеним адаптивним потенціалом та мають попит у виробництві, а для селекції це вихідний матеріал [3, 4].

У ліній та сортів пшениці, носіїв 1RS.1BL транслокацій, доведено підвищення врожайності та толерантності до несприятливих погодних умов, особливо відмічено високу посухостійкість [5, 6]. Лінії з 1RS.1BL/1RS.1AL транслокаціями вважають цінним генетичним матеріалом для поліпшення м'якої пшениці [7, 8].

Для створення гетерозисних гібридів важливим етапом є визначення комбінаційної здатності зразків, а також її мінливості під впливом різних умов. Це значно підвищує ефективність пошуку кращих гібридних комбінацій для отримання гетерозису. Дослідження комбінаційної здатності сучасних сортів пшениці проводять як в Україні, так і за кордоном [9–11].

У селекційному процесі необхідно підбирати батьківські форми для схрещування, враховуючи оцінки їх комбінаційної здатності. Це дасть змогу отримати максимальні гетерозисні ефекти в гібридних комбінаціях [12, 13]. Ефективно здійснити таке оцінювання можна завдяки системі діалельних схрещувань і за результатами визначити комбінаційну здатність кожної батьківської форми, що була залучена до схеми гібридизації [14].

Умови середовища мають важливе значення у мінливості ефектів комбінаційної здатності. Батьківські форми, які є перспективними для гібридизації, мають характеризуватися стабільністю ознак у різних екологічних умовах [15]. У селекційному процесі відбувається накопичення генів, що збільшує прояв ознак. Вони обумовлюють зернову продуктивність (кількість колосків та зерен у колосі, маса зерна з колоса). Водночас спостерігається тенденція зміни ефектів загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) від від'ємних значень у сортів ранньої селекції до високих позитивних у сучасних сортів. Крім того, ефекти ЗКЗ значно варіюють під впливом умов середовища [2].

Ефективність селекційного процесу можна істотно підвищити за добору в гібридних популяціях особин з трансгресіями цінних ознак і подальшої їх генетичної стабілізації. Вивчення природи трансгресивної мінливості ще не дає змоги сформулювати чіткі рекомендації застосування у селекції. Відомо, що продуктивність колоса – це результат інтегральної взаємодії генів, які контролюють кількість зерен у колосі та їх масу. Ці елементи продуктивності можуть успадковуватись незалежно один від одного [16].

Вивчення особливостей прояву загальної та специфічної комбінаційної здатності (СКЗ) пшениці озимої різними вченими засвідчило,

що підбір батьківських компонентів доцільніше проводити на основі їх ЗКЗ, оскільки вона стабільніша за роками і краще характеризує генотипи, ніж потенційні компоненти гібрида порівняно з СКЗ. Подальший добір пар можливо проводити на основі СКЗ за врожайністю зерна. Це дасть змогу отримати як адитивну, так і неадитивну частину генетичної мінливості кількості зерен з колоса [2, 17].

У дослідженнях [2, 18] комбінаційної здатності ліній пшениці за основними елементами продуктивності було встановлено, що незалежно від покоління й умов року в генетичному контролі ознак переважали ефекти ЗКЗ. Вони вказували на домінування адитивних ефектів генів. Це дало змогу проводити добір у ранніх поколіннях гібридних комбінацій.

Мета дослідження. Виявити селекційно-генетичні особливості прояву ознаки кількість зерен у головному колосі в гібридів, створених за участю сучасних сортів пшениці м'якої озимої, які є носіями пшенично-житніх транслокацій. Виділити, за використання повної схеми діалельних схрещувань, генетичні джерела з підвищеним рівнем комбінаційної здатності. Залучити їх у схрещування для одержання в гібридних поколіннях максимальних гетерозисних ефектів.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2016–2018 рр. Матеріалом для досліджень були 30 гібридних комбінацій, створених завдяки застосуванню повної діалельної схеми схрещувань шести сортів пшениці м'якої озимої, носіїв пшенично-житніх транслокацій (ПЖТ): 1AL.1RS – Експромт, Колумбія, Золотоколоса; 1BL.1RS – Калинова, Легенда Миронівська, Світанок Миронівський.

Гібридні комбінації було розподілено за групами схрещувань сортів-носіїв ПЖТ на 4 групи: 1AL.1RS / 1AL.1RS – 20 %; 1BL.1RS / 1BL.1RS – 20 %; 1AL.1RS / 1BL.1RS – 30 %; 1BL.1RS / 1AL.1RS – 30 %.

Розміщували ділянки розсадника F_1 за схемою: материнська форма, гібрид, батьківська форма (запилювач). Гібридні комбінації досліджували у 2016 і 2017 рр. – F_1 ; у 2018 р. – F_2 , F_3 . Упродовж вегетації проводили фенологічні спостереження. За настання повної стиглості здійснювали структурний аналіз елементів продуктивності головного колоса батьківських компонентів та гібридів за ознакою кількість зерен у головному колосі: F_1 , F_3 – по 25 рослин і F_2 – по 200.

Ступінь фенотипового домінування в гібридних комбінаціях за досліджуваними ознаками обраховували за В. Griffing [19]. Дані

групували, користуючись класифікацією G. M. Veil, R. E. Atkins [20].

Прояв гіпотетичного (Ht) та істинного (Htb) гетерозису в гібридних комбінаціях F_1 визначали за вказівками Matzinger et al. [21], S. Fonseca, F. Patterson [22]. У дослідженнях гіпотетичний гетерозис (Ht) показував перевищення прояву ознаки в F_1 над середнім значенням батьківських компонентів [23]. Гетерозис істинний (heterobeltiosis) (Htb) дав змогу виявити переважання прояву ознаки в F_1 порівняно із кращою батьківською формою [24].

Ступінь та частоту трансгресії кількісних ознак визначали за формулами, які запропонували Г.С. Воскресенська та В.І. Шпота [25].

Загальну комбінаційну здатність і специфічну комбінаційну здатність та генетичні параметри розраховували відповідно до вказівок М.А. Fedina, D.Ia. Silisa та А.В. Smiriaieva [14], з використанням програми Excel 2010.

Характеристики вологозабезпеченості умов росту рослин пшениці озимої обраховували за середньомісячним гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) [26]. Користувались диференціацією 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. Оптимальним для пшениці є показник ГТК = 1,2.

Результати дослідження та обговорення.

Гідротермічні умови в роки проведення досліджень вказували на засушливий передпосівний період у серпні, вересні (ГТК 0,15–0,81), а також у травні – 2017 р. (0,54), 2018 р. (0,58) та квітні – 2018 р. (0,59); червні – липні 2016 р. (0,28), 2017 р. (0,25). У червні 2016 р. (1,14) та липні 2018 р. (1,26) мали нормальний рі-

вень ГТК. Вологими також були місяці: жовтень 2015–2017 рр. (ГТК 3,18–9,27); квітень 2016 р. (1,72), 2017 р. (2,04); травень 2016 р. (2,04); червень 2018 р. (1,58), а також липень 2017 р. (1,62).

За використання повної діалельної схеми схрещування шести сортів пшениці озимої, оцінювали генетичні особливості рівнів ЗКЗ та СКЗ, співвідношення їх варіанс за селекційною ознакою кількість зерен у головному колосі.

Достовірні константи СКЗ за ознакою кількість зерен у головному колосі відмічено в сортах Експромт, Калинова, Легенда Миرونівська та Колумбія, що підтверджує їх селекційну цінність.

Позитивні ефекти ЗКЗ за ознакою кількість зерен у головному колосі достовірно високі зафіксовані в сорту Легенда Миرونівська. Нижчі, однак істотні ефекти у сортів Колумбія і Золотоколоса. Достовірно низькі ефекти ЗКЗ відмічали у сортів Експромт та Світанок Миرونівський (-1,04 – -2,05) (табл. 1).

Проаналізувавши ефекти ЗКЗ та варіанси СКЗ, відмітили, що кращими за кількістю випадків з високими ефектами ЗКЗ за ознакою кількість зерен у головному колосі були сорти-носії ПЖТ: 1BL.1RS – Легенда Миرونівська, 1AL.1RS – Колумбія та Золотоколоса.

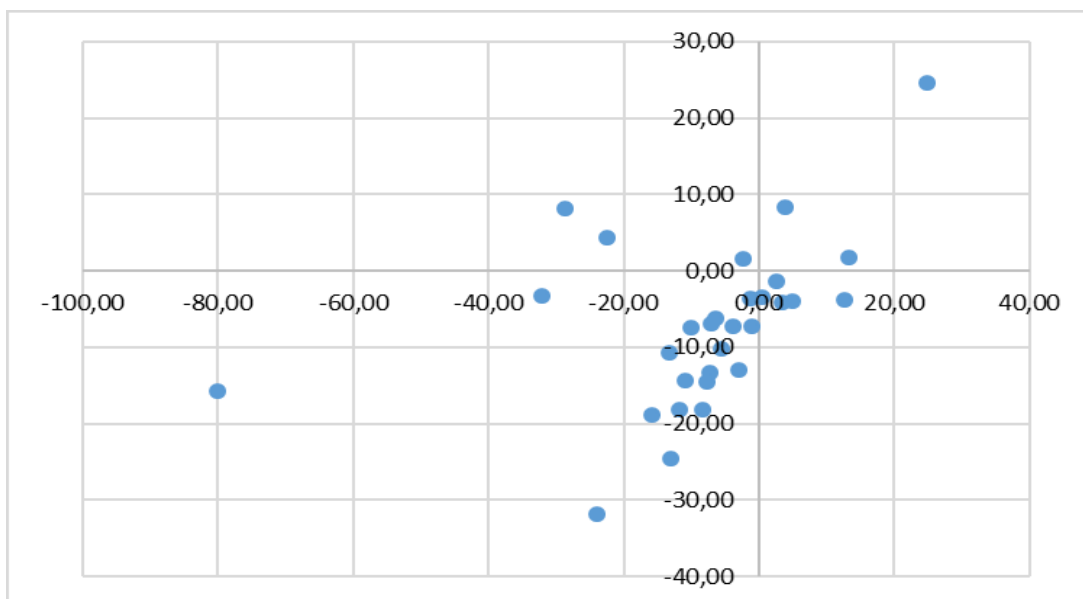
У 2016 р. за кількістю зерен у головному колосі гетерозис (позитивне наддомінування) спостерігали в чотирьох (13,3 %) гібридних комбінаціях: Калинова / Легенда Миرونівська, Золотоколоса / Легенда Миرونівська, Калинова / Колумбія і Експромт / Колумбія. Частково позитивне домінування – у двох: Легенда Миرونівська / Світанок Миرونівський і Світанок Миرونівський / Легенда Миرونівська (рис. 1).

Таблиця 1 – Константи специфічної комбінаційної здатності (СКЗ), ефекти і варіанси загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) за ознакою кількість зерен у головному колосі, 2016 р.

Компонент схрещувань	Світанок Миرونівський	Експромт	Золотоколоса	Легенда Миرونівська	Калинова	Колумбія	Ефекти ЗКЗ (gi)	Варіанса ЗКЗ (σ^2 gi)	Варіанса СКЗ (σ^2 si)
Світанок Миرونівський	-						-2,05**	4,18	2,75
Експромт	1,19*	-					-1,04**	1,03	1,38
Золотоколоса	-0,40	-1,90*	-				0,63**	0,36	12,87
Легенда Миرونівська	-0,97*	-0,48	6,35*	-			1,62**	2,59	14,20
Калинова	-2,11*	0,82*	-1,57*	-0,94*	-		0,33	0,07	5,42
Колумбія	2,28*	0,37	-2,49*	-3,96*	3,80*	-	0,50**	0,21	10,10

Примітки: * – константи істотні на 5 % рівні, $HP_{05} = 0,68$;

** – ефекти ЗКЗ істотні на 5 % рівні, $HP_{05}(gi) = 0,40$.



Примітка: вісь ординат: Ht – гіпотетичний гетерозис, %;
вісь абсцис: Hbt – істинний гетерозис, %

Рис. 1. Ступінь гетерозису пшениці озимої за ознакою кількість зерен у головному колосі в F_2 , 2016 р.

Максимальний ступінь гетерозису був у гібридів: Калинова / Колумбія ($h_p = 3,16$ %; $H_t = 12,68$ %; $H_{bt} = -3,86$ %) і Калинова / Легенда Миронівська ($h_p = 113,00$ %; $H_t = 24,84$ %; $H_{bt} = 24,56$ %).

У 2017 р. гетерозис відмічали у п'ятнадцяти (50 %) гібридних комбінаціях, частково позитивне домінування – у трьох (рис. 2).

Максимальний ступінь гетерозису у несприятливих умовах 2017 р. мали гібриди: Світанок Миронівський / Калинова ($h_p = 5,31$ %; $H_t = 13,09$ %; $H_{bt} = 13,14$ %), Калинова / Світанок Миронівський ($h_p = 5,99$ %; $H_t = 14,77$ %; $H_{bt} = 14,72$ %), Золотоколоса / Світанок Миронівський ($h_p = 2,67$ %; $H_t = 19,86$ %; $H_{bt} = 19,95$ %). Позитивне наддомінування встановили в гібридній комбінації Калинова / Легенда Миронівська, незалежно від погодних умов року (рис. 3).

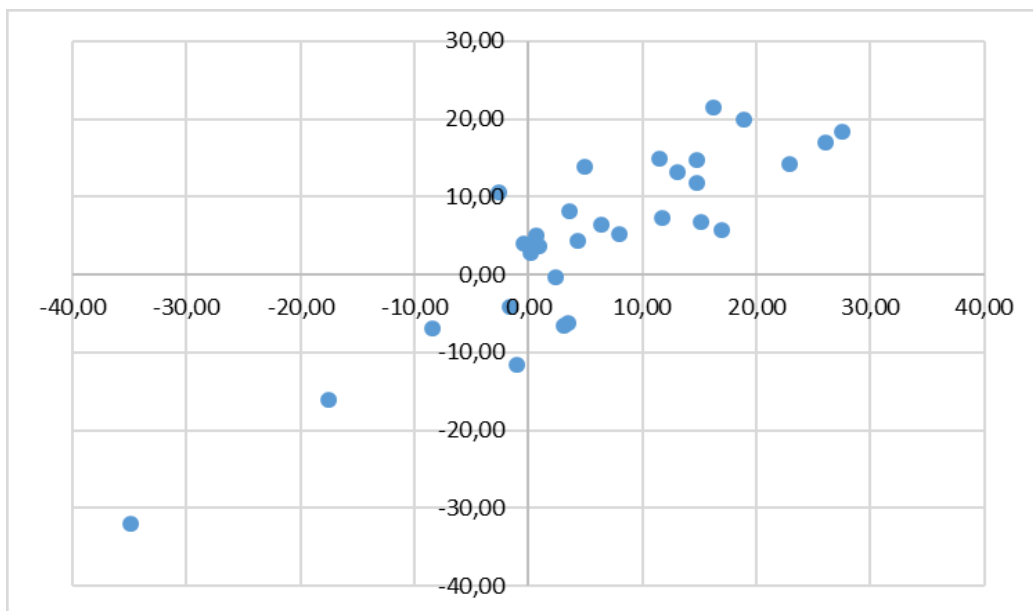
У популяціях другого та третього гібридних поколінь пшениці за використання сортів із ПЖТ спостерігали початок інтенсивного формування (позитивні трансгресії) ознаки, яка залежала від ступеня гетерозису чи депресії. У F_2 кількість зерен у головному колосі початок прояву позитивної трансгресії визначили у 28 гібридних комбінацій (93,0 %). За кількістю зерен у головному колосі до кращих гібридних популяцій у F_2 належали: Світанок Миронівський / Експромт ($T_c = -23,2$ %, $T_r = 45,0$ %), Золотоколоса / Колумбія ($T_c = 32,1$ %, $T_r =$

52,1 %), Калинова / Золотоколоса ($T_c = 31,7$ %, $T_r = 52,0$ %) та ін. (рис. 4).

Позитивну трансгресію у F_3 спостерігали в 24 гібридних комбінаціях (80,0 %). Позитивний ступінь трансгресії, за кількістю зерен у головному колосі, зафіксовано в гібридних популяціях: Колумбія / Експромт ($T_c = 36,5$ %, $T_r = 96,0$ %), Калинова / Золотоколоса ($T_c = 35,0$ %, $T_r = 88,0$ %), Світанок Миронівський / Колумбія ($T_c = 35,2$ %, $T_r = 88,0$ %) та ін. (рис. 5).

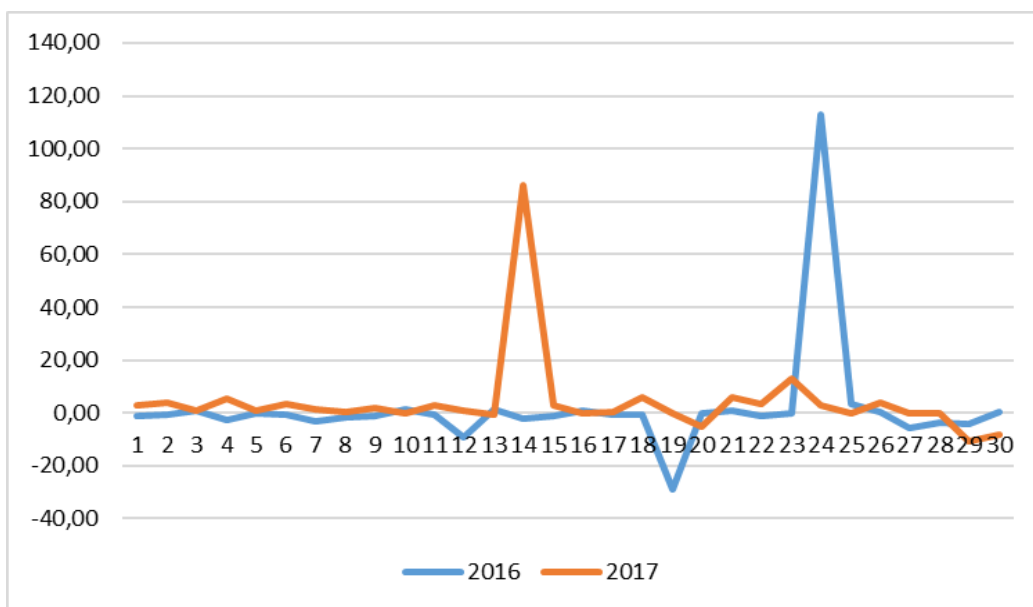
Специфічна комбінаційна здатність характеризує цінність генотипів конкретної комбінації схрещування. Вона визначається відхиленням параметру ознаки від середньої ЗКЗ для обох батьківських форм. У детермінації ознаки кількість зерен у головному колосі генотипів слід відмітити значення адитивних і неадитивних ефектів генів.

Так, за оцінкою різниці варіанс ЗКЗ ($\sigma^2_{g_i}$) і СКЗ ($\sigma^2_{s_i}$) гібриди успадковували ознаку переважно за адитивною моделлю ($\sigma^2_{g_i} > \sigma^2_{s_i}$), залучаючи у схрещування сорт Світанок Миронівський (1BL.1RS), що доводило доцільність проведення доборів за фенотипом. За неадитивною моделлю ($\sigma^2_{g_i} < \sigma^2_{s_i}$) гібриди успадковували ознаку кількість зерен у головному колосі за залучення сортів: Експромт (1AL.1RS), Золотоколоса (1AL.1RS), Калинова (1BL.1RS), Легенда Миронівська (1BL.1RS) і Колумбія (1AL.1RS), тому добори доцільно проводити за генотипом.



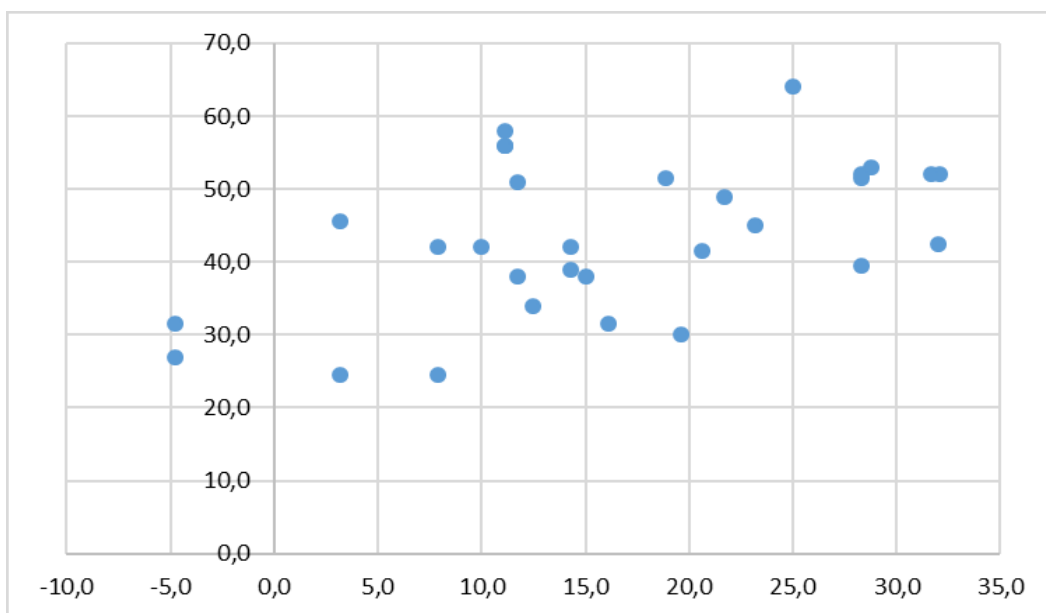
Примітка: вісь ординат: Ht – гіпотетичний гетерозис, %;
вісь абсцис: Hbt – істинний гетерозис, %.

Рис. 2. Ступінь гетерозису пшениці озимої за ознакою кількість зерен у головному колосі в F₁, 2017 р.



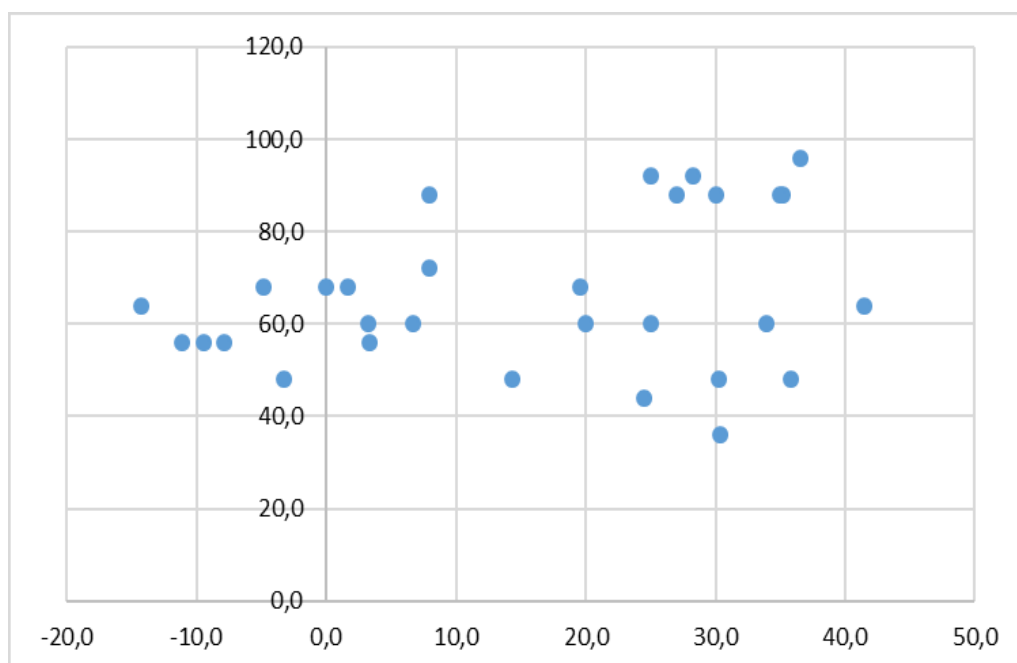
Примітка: вісь ординат: ступінь фенотипового домінування (hp), %;
вісь абсцис: номер гібридної комбінації.

Рис. 3. Ступінь фенотипового домінування (hp) пшениці озимої за ознакою кількість зерен у головному колосі в F₁, 2016, 2017 рр.



Примітка: вісь ординат: Tc – ступінь трансгресії, %;
вісь абсцис: Tr – частота трансгресії, %.

Рис. 4. Ступінь та частота трансгресії пшениці озимої за ознакою кількість зерен у головному колосі в F₂, 2018 р.



Примітка: вісь ординат: Tc – ступінь трансгресії, %;
вісь абсцис: Tr – частота трансгресії, %.

Рис. 5. Ступінь та частота трансгресії пшениці озимої за ознакою кількість зерен у головному колосі в F₃, 2018 р.

Сорти-носії ПЖТ 1AL.1RS – Золотоколоса та Колумбія і 1BL.1RS – Легенда Миронівська можливо використовувати в комбінаційній селекції для створення перспективних популяцій для добору рослин за високою продуктивністю. Вони мають найбільшу кількість позитивно активних генів аналізованої ознаки (ефекти ЗКЗ істотні за $HIP_{05}(gi) - 0,40$).

У роки досліджень істотно впливали на реакцію батьківських форм і гібридів гідротермічні режими. Негативний вплив посухи відмічали для сортів Золотоколоса і Експромт, у бік зменшення кількості зерен генотипів на 30 і 35 %. В умовах 2016 р. у цих сортів сформовано колос із найбільшою кількістю зерен. Така реакція свідчить про їх знижену посухостійкість. Незалежно від умов року сорт Світанок Миронівський формував колос з кількістю зерен 40–42 шт. У 2016 р. максимальне значення ознаки (47,0 шт.) відмічали у гібридів, де материнською формою використовували сорт Легенда Миронівська.

Перевищення за кількістю зерен із головного колоса в F_1 порівняно з кращою батьківською формою, мали 26,7 (2016 р.) і 33,3 % (2017 р.) гібридів. Коефіцієнт істинного гетерозису (Hbt) становив від 2,15 до 10,71 % і від 0,32 до 11,77 % відповідно.

Дані фенотипового домінування кількості зерен у головному колосі в F_1 свідчать, що незалежно від умов року проміжне успадкування мали 26,7 % гібридних комбінацій. Позитивне наддомінування відмічено у посушливих умовах 2017 р. у 50 % комбінацій.

У 2017 р. відмічено ефект гетерозису за залучення до схрещувань сортів Золотоколоса 1AL.1RS і Світанок Миронівський 1BL.1RS як материнського компонента (80 %) або батьківського (60 %).

Проведено аналіз мінливості за ознакою кількість зерен у головному колосі з метою виявлення трансгресивних форм та визначення можливості їх добору. У популяціях F_2 ступінь позитивної трансгресії за ознакою кількість зерен у головному колосі встановлено в 93,3 % комбінацій, у F_3 – 80,0 %. Найвище значення виявили в гібридних популяціях F_2 Калинова / Золотоколоса (31,7 %), Золотоколоса / Колумбія, Світанок Миронівський / Експромт (по 32,1 %); у F_3 – Золотоколоса / Експромт (35,9 %), Колумбія / Золотоколоса (41,5 %). У родоводі кращих комбінацій присутні батьківські компоненти сорти-носії 1AL.1RS транслокації.

Добір морфобіотипів у F_2 пов'язаний зі складністю виділення гомозиготних трансгресив, оскільки вони бувають гетерозиготними формами та фенотипово не різняться. У зв'яз-

ку з цим виділяти трансгресивні фенотипи найкраще в більш пізніх поколіннях (F_3-F_5).

Частота виділення трансгресивних форм за кількістю зерен у головному колосі залежала від генотипу, покоління та умов довкілля. За аналізу даних F_2 у 2016 р. спостерігали нижчий рівень прояву характеру успадкування порівняно із 2017 р. У комбінаціях відмітили зниження частоти трансгресій в F_2 та її підвищення у F_3 .

Висновки. Відмічено значення адитивних і неадитивних ефектів генів у детермінації ознаки кількість зерен головного колоса. У разі залучення в схрещування сорту пшениці озимої Світанок Миронівський (1BL.1RS) гібриди успадковують досліджувану ознаку переважно за адитивною моделлю, що свідчить про необхідність проведення доборів за фенотипом. За участю в родоводі сортів Золотоколоса (1AL.1RS), Експромт (1AL.1RS), Легенда Миронівська (1BL.1RS), Колумбія (1AL.1RS) і Калинова (1BL.1RS) – за неадитивною моделлю, добори слід робити за генотипом.

Сорти Світанок Миронівський, Золотоколоса, Легенда Миронівська, і Колумбія доцільно використовувати в комбінаційній селекції як ефективні генетичні джерела підвищення озерненості колоса. Вони мають найбільшу кількість позитивно активних генів ознаки кількість зерен основного колоса серед оцінених сортів.

Під час дослідження характеру успадкування кількості зерен у головному колосі виявлено кращі гібридні комбінації, які містять 1BL.1RS транслокації: Світанок Миронівський / Легенда Миронівська і Калинова / Легенда Миронівська.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Результати використання інтрогресивних генотипів при створенні донорів стійкості до борошнистої роси, видів іржі та інших ознак у пшениці м'якої / Моцний І.І. та ін. Селекція і насінництво. 2020. Випуск 117. С. 119–138. DOI: 10.30835/2413-7510.2020.207004
2. Бакуменко О.М., Осьмачко О.М., Власенко В.А. Комбінаційна здатність сортів пшениці озимої Крижинка та Смуглянка: монографія. Суми: Мрія. 2019. 194 с.
3. Changes in allele frequencies at storage proteins of winter common wheat under climate change / Kozub N.O. et al. Cytology and Genetics. 2020. 54(4). P. 305–317. DOI: 10.3103/S0095452720040076
4. Creation of bread spring wheat breeding material with wheat-rye translocations / Хоменко С.О. та ін. Plant varieties studying and protection. 15, 1 (Apr. 2019), 2019. P. 18–23. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.1.2019.162477>.

5. Mapping a region within the 1RS.1BL translocation in common wheat affecting grain yield and canopy water status / Howell T. et al. *Theoretical and Applied Genetics*. 2014. 127(12). P. 695–2709. DOI: 10.1007/s00122-014-2408-6

6. Investigating physiological and morphological mechanisms of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) lines with 1RS translocation / Karki D. et al. *Am J Plant Sci*. 2014. 5(13). P. 1936–1944. DOI: 10.4236/ajps.2014.513207

7. Polymorphism in the short arm of 1R RYE chromosomes in wheat lines with 1RS.1BL translocation and 1R(1B) substitution from different sources / Toporash M.K. et al. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2018. 16(2). P. 212–216. DOI: 10.7124/visnyk.utgis.16.2.1059

8. Studying recombination between the 1RS arms from the rye Petkus and Insave involved in the 1BL.1RS and 1AL.1RS translocations using storage protein loci as genetic markers / Kozub N. et al. *Cytology and Genetics*. 2018. 52(6). P. 440–447. DOI: 10.3103/S0095452718060063

9. Influence of climatic factors on *Triticum aestivum* L. grains formation in F₁ crossing varieties with 1AL.1RS and 1BL.1RS translocations / Kyrylenko V.V. et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. 11 (2). P. 99–105. DOI: 10.15421/2021_85

10. Chetverik O.A., Zvyagin A.F., Kozachenko M.R. Combining ability of soft winter wheat varieties by plant traits in F₁ hybrids in topcross system. *Селекція і насінництво*. 2014. 105. P. 85–94. DOI: 10.30835/2413-7510.2014.42058

11. Bakumenko O.M., Vlasenko V.A. Effects of wheat-rye translocations on the combining ability of winter bread wheat cultivars. *Селекція і насінництво*. 2018. 113. С. 7–18. DOI: 10.30835/2413-7510.2018.134353

12. Khotyleva L.V., Kilchevsky A.V., Shapturenko M.N. Theoretical aspects of heterosis. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016. 20(4). P. 482–492. DOI: 10.18699/VJ16.174

13. Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight / Lozinskiy M. et al. *Agronomy Research*. 2021. 19(2). P. 540–551. DOI: 10.15159/AR.21.071

14. Fedin M.A., Silis D.Ya., Smiryayev A.V. *Statistical methods of genetic analysis*. Moscow: Kolos. 1980, 207 p.

15. Tavares L., Carvalho C., Bassoi M. Adaptability and stability as selection criterion for wheat cultivars in Paraná State. *Ciências Agrárias, Londrina*. 2015. 36(5). P. 2933–2942. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n5p2933

16. The analysis of gene effect in the inheritance of kernel number per spike in barley hybrid / Madic M.A. et al. *Genetika*. 2005. 37(3). P. 261–269. DOI: 10.2298/GENSR0503261M

17. Combining ability analysis for some polygenic traits in a 5x5 diallel cross of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) / Chowdhry M.A. et al. *Asian J. Plant Sci*. 2005. 4(4). P. 405–408.

18. Krotova L.A., Kuzmyna S.P. Combining ability of mutants and lines of spring wheat for the main elements of productivity. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2010. 3 (65). P. 36–41.

19. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950. 35. P. 303–321.

20. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*. 1965. 39(3).

21. Matzinger D.F., Mannand T.J., Cockerham C.C. Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. *Crop Science*. 1962. 2. P. 238–286.

22. Fonseca S., Patterson F.L. Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*. 1968. 8(1). P. 85–88

23. Mazer K., Dzhyhns D. *Biometric genetics*. Москва, Мир, 1985. 463 p.

24. Singh H., Sharma S.N., Sain R.S. Heterosis studies for yield and its components in bread wheat over environments. *Hereditas*. 2004. 141. P. 106–114.

25. Voskresenskaia H.S., Shpota V.I. Transgression of Brassica traits and a method for quantifying this phenomenon. 1967. 7. P. 18–20.

26. *Методики випробування і застосування пестицидів / Трибель С.О. та ін.; за ред. С.О. Трибеля*. К.: Світ, 2001. 448 с.

REFERENCES

1. Motsnyi, I.I., Nargan, T.P., Nakonechnyi, M.Yu., Lyfenko, S.P. (2020). Introgressive genotypes for creating bread wheat donors of resistance to powdery mildew, rusts and of other traits. *Seleksiia i nasinnystvo [Breeding and seed production]*, no. 117, pp. 119–138. DOI: 10.30835/2413-7510.2020.207004

2. Bakumenko, O.M., Osmachko, O.M., Vlasenko, V.A. (2019). *Kombinacijna zdattnist' sortiv pshenyци ozymoї Kryzhynka ta Smugljanka [Combinative ability of winter wheat cultivars Kryzhynka and Smuhlianka]*. Sumy, Dream, 194 p.

3. Kozub, N.O., Sozinov, I.O., Chaika, V.M., Sozinova, O.I., Janse, L.A., Blume, Ya.B. (2020). Changes in allele frequencies at storage proteins of winter common wheat under climate change. *Cytology and Genetics*. 54(4), pp. 305–317. DOI: 10.3103/S0095452720040076

4. Khomenko, S.O., Vlasenko, V.A., Chugunkova, T.V., Fedorenko, I.V., Berezovskyi, D.Yu., Daniuk, O.A. (2019). Creation of bread spring wheat breeding material with wheat-rye translocations. *Plant Varieties Studying and Protection*. no. 15(1), pp. 18–23. DOI: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.162477

5. Howell, T., Hale I., Jankuloski, L., Bonafede, M., Gilbert, M., Dubcovsky, J. (2014). Mapping a region within the 1RS.1BL translocation in common wheat affecting grain yield and canopy water status. *Theoretical and Applied Genetics*. no. 127(12), pp. 695–2709. DOI: 10.1007/s00122-014-2408-6

6. Karki, D., Wyant III, W., Berzonsky, W.A., Glover, K.D. (2014). Investigating physiological and morphological mechanisms of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) lines with 1RS translocation. *Am J Plant Sci.* no. 5(13), pp. 1936–1944. DOI: 10.4236/ajps.2014.513207
7. Toporash, M.K., Motsnyy, I.I., Börner, A., Sourdille, P., Chebotar, S.V. (2018). Polymorphism in the short arm of 1R RYE chromosomes in wheat lines with 1RS.1BL translocation and 1R(1B) substitution from different sources. *Visnyk Ukrainkoho tovarystva henetykiv i selektsioneriv* [Bulletin of the Ukrainian Society of Geneticists and Breeders], no. 16(2), pp. 212–216. DOI: 10.7124/visnyk.utgis.16.2.1059
8. Kozub, N., Sozinov, I., Karelov, A., Bidnyk, H., Demianova, N., Sozinova, O., Blume, Ya., Sozinov, A. (2018). Studying recombination between the 1RS arms from the rye Petkus and Insave involved in the 1BL.1RS and 1AL.1RS translocations using storage protein loci as genetic markers. *Cytology and Genetics.* no. 52(6), pp. 440–447. DOI: 10.3103/S0095452718060063
9. Kyrylenko, V.V., Kochmarskyi, V.S., Humeniuk, O.V., Volohdina, H.B., Pykalo, S.V., Dubovyk, N.S., Sabadyn, V.Ya., Lobachov, V.O. (2021). Influence of climatic factors on *Triticum aestivum* L. grains formation in F_1 crossing varieties with 1AL.1RS and 1BL.1RS translocations. *Ukrainian Journal of Ecology.* no.11 (2), pp. 99–105. DOI: 10.15421/2021_85
10. Chetverik, O.A., Zvyagin, A.F., Kozachenko, M.R. (2014). Combining ability of soft winter wheat varieties by plant traits in F_1 hybrids in topcross system. *Seleksia i nasinnitstvo* [Breeding and seed production], no. 105, pp. 85–94. DOI: 10.30835/2413-7510.2014.42058
11. Bakumenko, O.M., Vlasenko, V.A. (2018). Effects of wheat-rye translocations on the combining ability of winter bread wheat cultivars. *Seleksia i nasinnitstvo* [Breeding and seed production], no. 113, pp. 7–18. DOI: 10.30835/2413-7510.2018.134353
12. Khotyleva, L.V., Kilchevsky, A.V., Shapturenko, M.N. (2016). Theoretical aspects of heterosis. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], no. 20(4), pp. 482–492. DOI: 10.18699/VJ16.174
13. Lozinskiy, M., Burdenyuk-Tarasevych, L., Grabovskiy, M., Lozinska, T., Sabadyn, V., Sidorova, I., Panchenko, T., Fedoruk, Y., Kumanska, Y. (2021). Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research.* no. 19(2), pp. 540–551. DOI: 10.15159/AR.21.071
14. Fedin, M.A., Silis, D.Ya., Smiryaev, A.V. (1980). *Statistical methods of genetic analysis.* Moscow, Kolos, 207 p.
15. Tavares, L., Carvalho, C., Bassoi, M. (2015). Adaptability and stability as selection criterion for wheat cultivars in Paraná State. *Ciências Agrárias, Londrina.* no. 36(5), pp. 2933–2942. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n5p2933
16. Madic, M.A., Paunovic, A., Durovic, D., Kraljevic-Balalic, M., Kneževc, D. (2005). The analysis of gene effect in the inheritance of kernel number per spike in barley hybrid. *Genetika.* no. 37(3), pp. 261–269. DOI: 10.2298/GENSR0503261M
17. Chowdhry, M.A., Saeed, M.S., Khaliq, I., Ahsan, M. (2005). Combining ability analysis for some polygenic traits in a 5x5 diallel cross of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian J. Plant Sci.* no. 4(4), pp. 405–408.
18. Krotova, L.A., Kuzmyna, S.P. (2010). Combining ability of mutants and lines of spring wheat for the main elements of productivity. *Vestnyk Altaiskoho hosudarstvennoho ahrarnoho unyversyteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University], no. 3 (65), pp. 36–41.
19. Griffing, B. (1950) Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics.* no. 35, pp. 303–321.
20. Beil, G.M., Atkins, R.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal.* no. 39(3).
21. Matzinger, D.F., Mannand, T.J., Cockerham, C.C. (1962). Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. *Crop Science.* no. 2, pp. 238–286.
22. Fonseca, S., Patterson, F.L. (1968). Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science.* no. 8(1), pp. 85–88.
23. Mazer, K., Dzhynks, D. (1985). *Biometric genetics.* Moscow, World, 463 p.
24. Singh, H., Sharma, S.N., Sain, R.S. (2004). Heterosis studies for yield and its components in bread wheat over environments. *Hereditas.* no. 141, pp. 106–114.
25. Voskresenskaia, H.S., Shpota, V.I. (1967). Transgression of Brassica traits and a method for quantifying this phenomenon. no. 7, pp. 18–20.
26. Trybel, S.O., Siharova, D.D., Sekun, M.P., Ivanenko, O.O. (2001). *Test methods and application of pesticides.* Kyiv, 448 p.

Breeding and genetic features of the manifestation of the number of grains per main ear manifestation in hybrids with 1BL.1RS and 1AL.1RS wheat-rye translocations in the Forest Steppe of Ukraine
Dubovyk N., Sabadyn V., Kyrylenko V., Humeniuk O., Lobachov V.

The study examines the level of manifestation of the heterosis effect in hybrid populations, which increases the efficiency of the selection process of winter wheat based on the number of grains in the main ear.

30 hybrid combinations were created using a complete diallel crossings scheme for six varieties of soft winter wheat with wheat-rye translocations (WRT): 1AL.1RS – Eksprompt, Zolotokolosa, Kolumbiia and 1BL.1RS – Kalynova, Svitanok Myronivskiy, Lehenda Myronivska. The Svitanok Myronivskiy variety used in crossbreeding gave the hybrids inheriting the studied trait mainly by additive effect, while with the use of Eksprompt, Zolotokolosa, Lehenda Myronivska, Kalynova, Kolumbiia varieties the hybrids inherited the trait by non-additive effect. The best in terms of the number of cases with high effects of total combining ability (TCA) on the number of grains per main ear were the

WRT-carriers varieties: 1BL.1RS – Lehenda Myronivska, 1AL.1RS – Zolotokolosa and Kolumbiia. Regardless of the weather conditions of the year, a heterosis effect was found in the 1BL.1RS / 1BL.1RS crossing group and transgressive forms were selected in the following generations. The highest value of the trait was found in the following populations: F2 – Zolotokolosa / Kolumbiia, Svitanok Myronivskyi / Ekspromt (32.1 %

each), Kalynova / Zolotokolosa (31.7 %); F3 – Kolumbiia / Zolotokolosa (41.5 %), Kolumbiia / Ekspromt (36.5 %) and others. In most of them, the translocation 1AL.1RS carrier varieties were the parent components.

Key words: soft winter wheat, wheat-rye translocations, number of grains per main ear, general combining ability, specific combining ability, heterosis, transgressions.



Copyright: Дубовик Н.С. 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.



ORCID iD:

Дубовик Н.С.

<https://orcid.org/0000-0002-1473-9565>

Сабадин В.Я.

<https://orcid.org/0000-0002-8397-8973>

Кириленко В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-8096-4488>

Гуменюк О.В.

<https://orcid.org/0000-0002-1147-088X>

Лобачов В.О.

<https://orcid.org/0000-0003-4605-6248>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.524.01/.822:633.111"324"

Вплив генотипу та умов року на успадкування продуктивної кущистості за гібридизації різних за скоростиглістю сортів пшениці м'якої озимоїЛозінський М.В. , Устинова Г.Л. *Білоцерківський національний аграрний університет*

Лозінський М.В., Устинова Г.Л. Вплив генотипу та умов року на успадкування продуктивної кущистості за гібридизації різних за скоростиглістю сортів пшениці м'якої озимої. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 95–106.

Lozinsky M., Ustynova H. The influence of genotype and conditions of the year on the inheritance of productive bushiness at hybridization of different cultivars of winter soft wheat. «Agrobiologia», 2022. no. 1, pp. 95–106.

Рукопис отримано: 27.04.2022 р.

Прийнято: 12.05.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-95-106

В умовах дослідного поля навчально-виробничого центру Білоцерківського НАУ у контрастні за гідротермічними умовами 2018–2020 рр. досліджували особливості успадкування продуктивної кущистості в F_1 , отриманих схрещуванням різних за скоростиглістю сортів пшениці м'якої озимої. У роки досліджень продуктивна кущистість підібраних батьківських форм для гібридизації мала значну диференціацію – 1,1–2,2 шт. стебл/рослину. Максимальну середню за сортами продуктивну кущистість (1,7 шт. стебл/рослину) сорти формували у 2020 р., а в 2018–2019 рр. показник був на рівні 1,5 шт. стебл/рослину. Дослідження свідчать, що продуктивна кущистість пшениці м'якої озимої є генетично контрольованою ознакою і значно піддається впливу умов року.

Більшість отриманих гібридів у 2018–2020 рр. за продуктивною кущистістю (2,3–7,6 шт. стебл/рослину) значно перевищували вихідні форми. Максимальний за F_1 показник (4,7 шт. стебл/рослину) формувався у 2019 р. В умовах 2018 р. продуктивна кущистість становила 4,1 шт. стебл/рослину. Мінімальну продуктивну кущистість 2,8 шт. стебл/рослину гібриди формували у 2020 р. Отримані результати свідчать, що продуктивна кущистість F_1 залежить від компонентів до гібридизації та умов року.

Позитивний гіпотетичний та істинний гетерозис упродовж трьох років визначено у 34 і 32 з 36 комбінацій схрещування відповідно. Стабільно високим гіпотетичним (307,7–105,4 %) та істинним (278,6–100,0 %) гетерозисом, упродовж трьох років, характеризувалися Білоцерківська напівкарликова / Золотоколоса, Білоцерківська напівкарликова / Чорнява, Білоцерківська напівкарликова / Відрада, Золотоколоса / Чорнява, Золотоколоса / Відрада.

Дослідженнями встановлено, що найбільш поширеним типом успадкування продуктивної кущистості у 2018–2020 рр. є позитивне наддомінування, яке спостерігалось у 95,1 % гібридів. Водночас показники ступеня фенотипового домінування продуктивної кущистості в роки досліджень обумовлені підібраними компонентами гібридизації та умовами року.

Отримані експериментальні дані свідчать, що використання в схрещуваннях різних за скоростиглістю батьківських форм пшениці м'якої озимої дало змогу виділити гібриди, які в контрастні за гідротермічними умовами роки формували стабільно високий прояв продуктивної кущистості.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, батьківські форми, гібриди, продуктивна кущистість, гіпотетичний та істинний гетерозис, ступінь фенотипового домінування, тип успадкування.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У сучасному землеробстві для зростання та стабілізації виробництва зерна пшениці важливе значення мають генетичні ресурси [1–3]. За свідченням провідних науковців значення сорту, як біологічного засобу виробництва, постійно зростає [4, 5]. Академік М.А. Литвиненко зазначає, що частка приросту врожаю зерна пшениці завдяки впровадженню нових сортів сягає 40–50 % [6].

Зважаючи на глобальні кліматичні зміни [7], які значно впливають на вирощування рослинницької продукції [8], виробничники підвищують вимоги до сортових ресурсів. Комерційні сорти мають характеризуватися як високою продуктивністю і якістю зерна, так і бути пристосованими до умов вирощування [9–12].

Для створення нових сортів пшениці м'якої озимої важливе науково-обґрунтоване використання в селекційних програмах різноманітного вихідного матеріалу [13, 14].

Основним методом створення генетичного різноманіття пшениці залишається внутрішньовидова гібридизація [15–17].

Водночас генетична мінливість, яка формується в гібридних популяціях, є основним джерелом для добору практично цінних біотипів [18].

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) – основна зернова продовольча культура [15, 19–21], яка була однією з перших одомашнена людиною [18]. Кушення – еволюційно-природне пристосування, що дає змогу рослинам використовувати життєвий простір для формування максимального урожаю і є одним із засобів підтримання гомеостазу за зміни в процесі вегетації густоти стояння рослин або стеблостою під впливом чинників навколишнього середовища [22–24].

Відповідно до міжнародної шкали ВВСН макростадія кушення пшениці проходить від 21 до 29 мікростадії. Кушення пшениці м'якої озимої може розпочинатися в осінній період і продовжуватися після відновлення весняної вегетації.

Кількість продуктивних стебл на одинці площі є найважливішим елементом структури врожаю, на формування якого впливає норма висіву насіння, польова схожість, температура повітря та кількість опадів у період кушення рослин пшениці [25, 26].

Між продуктивною кущистістю та надземною масою рослини, кількістю зерен та їх масою з рослини існує позитивний кореляційний зв'язок, який залежить від генотипу та умов року. Найбільш тісний кореляційний зв'язок встановлено між продуктивною кущистістю і кількістю зерен з однієї рослини [27].

Метою дослідження було вивчення формування продуктивної кущистості у вихідних форм і гібридів пшениці м'якої озимої та визначення ступеня фенотипового домінування, для встановлення характеру успадкування в F_1 , отриманих від гібридизації сортів різних груп стиглості. Важливим також було визначення гіпотетичного та істинного гетерозису в досліджуваних гібридів.

Матеріал і методи дослідження. В умовах дослідного поля науково-виробничого центру Білоцерківського НАУ впродовж 2018–2020 рр. досліджували 45 гібридних комбінацій. За батьківські форми використовували ранньостиглі сорти: Миронівська рання (Мир. рання), Кольчуга, Білоцерківська напівкарликова (Б.Ц. н/к.); середньоранні: Золотоколоса (Золотокол.), Чорнява, Щедра нива (Щедра н.); середньостиглі: Столична, Відрада, Миронівська 61 (Мир. 61), Антонівка, Єдність; середньопізні: Добірна, Пивна і Вдала. Насіння F_1 і вихідних форм висівали за схемою: материнська форма–гібрид–чоловіча форма. Біометричний аналіз досліджуваного матеріалу проводили за середнім зразком 25 рослин у триразовій повторності [28]. Агротехніка – загальноприйнята для вирощування пшениці м'якої озимої в Ліссестепу України. Попередник – гірчиця.

Статистичне оброблення отриманих біометричних даних здійснювали за методикою Б.О. Доспехова [29] та програмою “Statistica”, версія 6.0.

Показники гіпотетичного (Ht) та істинного (Htb) гетерозису за продуктивною кущистістю у F_1 визначали за Matzinger D. [30], S. Fonseca, F. Patterson [31].

Для визначення ступеня фенотипового домінування (h_p) використовували методику В. Griffing [32]. Отримані дані класифікували за G. M. Beil, R. E. Atkins [33]: 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) $h_p < -1$.

Результати дослідження та обговорення. На час сівби (1 жовтня) метеорологічні умови 2017–2019 рр. сприяли отриманню одночасних сходів і росту та розвитку пшениці м'якої озимої в осінній період. Кількість опадів за осінні місяці перевищувала (2017 р.), була на рівні (2019 р.) і децю поступалася у 2018 р. середньобагаторічним показникам – 109 мм. Пшениця м'яка озима припинила вегетацію в осінній період 20.11. (2017 р), 12.11. (2018 р.) і 21.11. (2019 р.), що сприяло успішному загартуванню рослин. Оподи зимового періо-

ду значно перевищували середньобагаторічні показники (112 мм) у 2017/2018, 2018/2019, і дещо поступалися у 2019/2020 вегетаційних роках. Температурний режим зимових місяців сприяв успішній зимівлі рослин (табл. 1).

Температурний режим після відновлення вегетації у 2018 р. (4 квітня) характеризувався підвищеними показниками, що прискорило ріст і розвиток пшениці м'якої озимої. Середньомісячна температура квітня (13,3 °С) значно перевищувала середньобагаторічні показники – 8,4 °С. Водночас кількість опадів (8,1 мм) була меншою за багаторічні показники – 47 мм.

Вегетація пшениці м'якої озимої від часу відновлення (02.03. – 2019 р., 28.02. – 2020 р.) відбувалася впродовж місяця за низьких середньомісячних температур з поступовим їх наростанням. Кількість опадів за березень (23,4 мм) і перші дві декади квітня (14,2 мм) у 2019 р. значно поступалася середньобагаторічним

показникам – 61 мм. За аналогічний період у 2020 р. випало лише 22,7 мм. Опади третьої декади квітня 2019 р. (31,3 мм) покращили вологозабезпечення рослин пшениці, а в 2020 р. (7,7 мм) поступалися багаторічним показникам – 16 мм. Середньомісячна температура повітря у квітні перевищувала норму на 1,6 °С у 2019 р. і 0,8 °С у 2020 р.

Отже, метеорологічні умови в роки проведення досліджень характеризувалися контрастними показниками за температурним режимом і розподілом опадів, що значно вплинуло на формування продуктивної кущистості пшениці м'якої озимої.

Результати досліджень свідчать, що в середньому за 2018–2020 рр. продуктивна кущистість батьківських форм змінювалась від 1,2 (Антонівка) до 2,0 шт. стебл/рослину (Єдність). Достовірне перевищення над стандартом (Лісова пісня) визначено у 10 з 14 сортів (табл. 2).

Таблиця 1 – Метеорологічні умови у 2018–2020 рр. (за даними Білоцерківської метеостанції)

Місяць	Декада	Кількість опадів, мм					Температура повітря, °С				
		2017	2018	2019	2020	багаторічні дані	2017	2018	2019	2020	багаторічні дані
Вересень	I-III	53,2	47,9	19,2		35	16,1	16,2	15,3		13,8
Жовтень	I-III	50,4	22,0	66,1		33	8,0	9,9	10,6		7,9
Листопад	I-III	36,4	23,1	23,4		41	3,2	-0,1	5,0		2,0
Грудень	I-III	92,3	71,1	35,1		44	1,6	-2,0	2,5		-2,4
Січень	I-III		30,5	56,8	22,6	35		-2,7	-4,8	0,4	-5,9
Лютий	I-III		34,6	21,4	38,4	33		-4,2	0,4	2,2	-4,4
Березень	I-III		74,0	23,4	17,2	30		-2,1	4,7	5,9	0,3
Квітень	I		1,5	-	-	14		10,3	9,6	7,9	7,0
	II		1,3	14,2	5,5	17		13,8	7,3	8,0	7,8
	III		5,3	31,3	7,7	16		15,7	13,2	11,7	10,4

Таблиця 2 – Продуктивна кущистість батьківських форм

Сорти	Продуктивна кущистість, шт. стебл/рослину				
	2018 р.	2019 р.	2020 р.	\bar{x}	± до стандарту
Мир. рання	1,8	1,8	1,5	1,7	+0,3
Кольчуга	1,5	1,6	1,5	1,5	+0,1
Б.Ц. н/к.	1,6	1,4	1,9	1,6	+0,2
Золотокол.	1,4	1,4	1,4	1,4	-
Чорнява	1,5	1,6	1,8	1,6	+0,2
Щедра н.	1,6	1,7	1,5	1,6	+0,2
Антонівка	1,4	1,2	1,1	1,2	-0,2
Відрада	1,2	1,3	1,7	1,4	-
Мир. 61	1,6	1,6	2,1	1,8	+0,4
Єдність	1,8	2,2	1,9	2,0	+0,6
Столична	1,3	1,4	1,8	1,5	+0,1
Вдала	1,2	1,3	1,7	1,4	-
Добірна	1,6	1,4	1,9	1,6	+0,2
Пивна	1,7	1,1	1,8	1,5	+0,1
Лісова пісня St.	1,3	1,5	1,5	1,4	-
НІР ₀₅	0,09	0,08	0,08	-	-

Визначені показники продуктивної кущистості сортів пшениці свідчать про їх значну мінливість як в межах генотипу в роки досліджень, так і між сортами, які задіяні в експерименті. За раніше проведеними дослідженнями встановлено, що мінімальна генотипова мінливість (6,3 %) продуктивної кущистості визначена у групі середньостиглих сортів. У ранньостиглих і середньоранніх груп стиглості генотипова мінливість була середньою і мала близькі показники – 11,8 та 10,8 % відповідно, а середньопізні сорти характеризувались найбільшим коефіцієнтом варіації – 15,3 % [34].

Мінливість і генетичний контроль кількісних ознак є мало дослідженими. Характерним для прояву кількісних ознак є їх залежність від зовнішнього середовища, що створює складнощі в практичній селекційній роботі. Водночас важливим у селекції є конкретний генотип або його гомогетерозиготність та інші показники продуктивності, тобто який генетичний потенціал він має [12].

Найбільша середня за сортами продуктивна кущистість (1,7 шт. стебл/рослину) формувалася у 2020 р. У 2018–2019 рр. продуктивна кущистість становила 1,5 шт. стебл/рослину. Отримані дані свідчать, що продуктивна кущистість

сортів пшениці м'якої озимої є генетично обумовленою ознакою та значно піддається впливу умов року. Водночас її реалізація відбувається під час взаємодії «генотип–умови року».

У дослідженнях, проведених в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції ІБ-КіЦБ НААН України встановлено, що умови року максимально впливали (64,7 %) на формування продуктивної кущистості. Вплив чинника генотип був на рівні 12,6 %, а взаємодія чинників генотип–умови року – 20,3 % [35].

За використання в гібридизації ранньостиглих сортів материнською формою отримані гібриди у 2018–2020 рр. значно різнилися за продуктивною кущистістю. Максимальна середня за F_1 продуктивна кущистість (4,4 шт. стебл/рослину) формувалася у 2019 р. Її мінливість становила 3,6–6,0 шт. стебл/рослину. Дещо меншу продуктивну кущистість (4,1 шт. стебл/рослину) визначено у 2018 р. за мінливості 2,8–5,5 шт. стебл/рослину. Слід відмітити, що у 2018–2019 рр. середня за батьківськими формами продуктивна кущистість була мінімальною. Найменша середня продуктивна кущистість за F_1 (2,9 шт. стебл/рослину) і в більшості гібридів (1,1–4,0 шт. стебл/рослину) була у 2020 р. (табл. 3).

Таблиця 3 – Продуктивна кущистість F_1 за використання материнською формою ранньостиглих сортів, $\bar{x} \pm S\bar{x}$ шт. стебл/рослину

Комбінації схрещування	2018 р.	2019 р.	2020 р.
♀ ранньостиглі / ♂ ранньостиглі			
Мир. рання / Б.Ц. н/к.	3,6±0,42	5,3±0,41	1,5±0,33
Мир. рання / Кольчуга	4,2±0,52	5,3±0,67	2,1±0,35
Б.Ц. н/к. / Кольчуга	4,7±0,68	3,3±0,48	2,5±0,29
♀ ранньостиглі / ♂ середньоранні			
Мир. рання / Золотокол.	3,8±0,30	6,0±0,52	2,8±0,33
Мир. рання / Чорнява	3,3±0,52	5,3±0,56	3,2±0,40
Б.Ц. н/к. / Золотокол.	5,0±0,62	4,2±0,54	3,8±0,58
Б.Ц. н/к. / Чорнява	5,5±0,29	4,2±0,37	3,8±0,57
Кольчуга / Чорнява	3,9±0,64	3,5±0,50	3,2±0,26
♀ ранньостиглі / ♂ середньостиглі			
Мир. рання / Антонівка	4,8±0,40	3,8±0,32	1,1±0,11
Мир. рання / Єдність	3,2±0,48	3,4±0,34	2,8±0,34
Б.Ц. н/к. / Антонівка	4,2±0,23	5,4±0,46	3,1±0,33
Б.Ц. н/к. / Єдність	4,3±0,41	3,8±0,75	3,0±0,37
Б.Ц. н/к. / Відрада	5,0±0,40	4,5±0,50	4,0±0,55
Кольчуга / Антонівка	2,8±0,25	3,8±0,42	3,7±0,64
Кольчуга / Єдність	3,3±0,40	3,4±0,34	3,5±0,44
Кольчуга / Відрада	4,2±0,43	4,2±0,30	3,1±0,31
Кольчуга / Столична	3,8±0,32	5,3±0,58	2,6±0,24
♀ ранньостиглі / ♂ середньопізні			
Мир. рання / Вдала	4,3±0,47	4,6±0,34	2,0±0,14
Мир. рання / Добірنا	3,6±0,29	3,5±0,56	2,2±0,32
Б.Ц. н/к. / Добірна	5,3±0,45	4,8±0,64	3,7±0,60

Незначну мінливість продуктивної кущистості (0,2–1,3 шт. стебл/рослину) в роки досліджень встановлено у гібридів: Кольчуга / Єдність, Мир. рання / Єдність, Кольчуга / Чорнява, Б.Ц. н/к. / Відрада, Кольчуга / Антонівка, Кольчуга / Відрада, Б.Ц. н/к. / Золотокол., Б.Ц. н/к. / Єдність. Водночас більшу середньої за три роки продуктивну кущистість формували лише Б.Ц. н/к. / Золотокол. (3,8–5,0 шт. стебл/рослину) і Б.Ц. н/к. / Відрада (4,0–5,0 шт. стебл/рослину).

Середньою мінливістю (1,4–2,6 шт. стебл/рослину) продуктивної кущистості у 2018–2020 рр. характеризувалися: Мир. рання / Добірна, Б.Ц. н/к. / Добірна, Б.Ц. н/к. / Чорнява, Мир. рання / Чорнява, Б.Ц. н/к. / Кольчуга, Б.Ц. н/к. / Антонівка, Мир. рання / Вдала. Водночас перевищували середню за F_1 продуктивну кущистість Б.Ц. н/к. / Добірна, Б.Ц. н/к. Чорнява, Мир. рання / Чорнява, Б.Ц. н/к. / Антонівка. Інші гібриди мали значне (2,7–3,8 шт. стебл/рослину) варіювання досліджуваної ознаки.

За використання в гібридизації середньоранніх, середньостиглих і середньопізніх сортів продуктивна кущистість у роки досліджень в F_1 змінювалась від 1,6 (2020 р.) до 7,6 шт. стебл/рослину (2019 р.) в комбінації схрещування Золотокол. / Щедра н., що свідчить про значну диференціацію показника. Максимальну середню за F_1 продуктивну кущистість (5,0 шт. стебл/рослину) гібриди формували у 2019 р., і за цим показником на 0,6 шт. стебл/рослину перевищували гібриди, отримані за використання ранньостиглих сортів материнською формою. У 2018 р. середня за F_1 продуктивна кущистість (4,1 шт. стебл/рослину) була значно меншою, ніж у 2019 р. Кількість продуктивних стебл у 2020 р. (2,6 шт. стебл/рослину) в гібридів, створених за участю середньоранніх, середньостиглих і середньопізніх сортів, була мінімальною і на 0,3 шт. стебл/рослину поступалася показнику F_1 , де материнською цитоплазмою були ранньостиглі сорти (табл. 4).

Таблиця 4 – Продуктивна кущистість F_1 за використання в гібридизації середньоранніх, середньостиглих і середньопізніх сортів, $\bar{x} \pm S\bar{x}$ шт. стебл/рослину

Комбінації схрещування	2018 р.	2019 р.	2020 р.
♀ середньоранні / ♂ середньоранні			
Золотокол. / Чорнява	4,9±0,32	6,0±0,44	3,8±0,43
Золотокол./ Щедра н.	3,2±0,35	7,6±0,69	1,6±0,29
Чорнява / Щедра н.	4,0±0,31	3,3±0,61	-
♀ середньоранні / ♂ середньостиглі			
Золотокол. / Антонівка	4,9±0,41	4,8±0,48	2,7±0,67
Золотокол. / Єдність	5,3±0,31	6,5±0,87	3,2±0,30
Золотокол. / Відрада	5,3±0,49	4,4±0,53	4,0±0,63
Золотокол. / Столична	3,3±0,24	4,6±0,51	2,6±0,25
Чорнява / Антонівка	4,1±0,37	3,4±0,40	-
Чорнява / Єдність	3,7±0,36	-	-
Чорнява / Відрада	3,5±0,31	-	3,3±0,67
Чорнява / Столична	6,1±0,70	-	2,3±0,28
Щедра н. / Антонівка	3,6±0,43	-	2,1±0,34
Щедра н. / Столична	-	3,9±0,51	2,0±0,67
Щедра н. / Відрада	3,3±0,30	5,0±0,45	1,7±0,49
♀ середньоранні / ♂ середньопізні			
Щедра н. / Добірна	5,0±0,30	4,6±0,48	2,6±0,59
♀ середньостиглі / ♂ середньостиглі			
Антонівка / Єдність	5,6±0,68	7,3±0,75	2,6±0,38
Антонівка / Відрада	2,8±0,23	4,5±0,65	1,7±0,38
Антонівка / Столична	3,0±0,36	5,7±0,33	2,2±0,28
Антонівка / Мир. 61	-	4,8±0,39	2,0±0,44
Мир. 61 / Єдність	5,4±0,90	5,9±0,46	3,4±0,33
Єдність / Відрада	3,9±0,43	3,7±0,49	3,3±0,36
♀ середньостиглі / ♂ середньопізні			
Єдність / Добірна	2,2±0,13	3,6±0,48	2,7±0,27
♀ середньопізні / ♂ середньостиглі			
Вдала / Столична	3,7±0,37	5,1±0,55	2,1±0,35
♀ середньопізні / ♂ середньопізні			
Вдала / Пивна	-	5,4±0,51	2,0±0,58
Добірна / Пивна	3,8±0,70	5,2±0,47	3,6±0,37

Результати досліджень свідчать, що мінливість продуктивної кущистості в роки досліджень гібридів, отриманих схрещуванням середньоранніх, середньостиглих і середньопізніх сортів, є значно вищою (0,6–6,0 шт. стебл/рослину) порівняно з F_1 , де материнською формою були ранньостиглі генотипи.

За незначної мінливості (0,6–1,6 шт. стебл/рослину) перевищення над середнім за F_1 у роки досліджень визначено у Золотокол. / Відрада і Добірна / Пивна. Більшу середньої за гібридами продуктивну кущистість, за варіювання 2,2–3,5 шт. стебл/рослину, встановлено у комбінаціях схрещування: Золотокол. / Чорнява, Золотокол. / Антонівка, Золотокол. / Єдність, Мир. 61 / Єдність. У гібридів Золотокол. / Щедра н. і Антонівка / Єдність визначено максимальну мінливість ознаки – 6,0 і 4,7 шт. стебл/рослину відповідно.

Встановлено, що формування продуктивної кущистості в F_1 значною мірою залежить від підібраних пар гібридизації та умов року.

Визначення параметрів продуктивності рослин, характеру їх успадкування, ступеня ге-

терозису в гібридів першого покоління є актуальним завданням за створення нових сортів, а також для прогнозування селекційно-генетичного ефекту схрещувань [36], зокрема методів добору [37].

У 2018–2020 рр. позитивний гіпотетичний гетерозис визначено у 34 з 36 комбінацій схрещування, які досліджували впродовж трьох років, а істинний у 32. Встановлено значний вплив батьківських компонентів гібридизації та умов року на показники як гіпотетичного, так і істинного гетерозису (табл. 5, 6).

Стабільно високі показники гіпотетичного (307,7–105,4 %) та істинного (278,6–100,0 %) гетерозису визначено у Б.Ц. н/к. / Золотокол., Б.Ц. н/к. / Чорнява, Б.Ц. н/к. / Відрада, Золотокол. / Чорнява, Золотокол. / Відрада.

Науковці відмічають, що встановлений рівень гетерозису не завжди дає змогу прогнозувати вищеплення в наступних поколіннях цінних рекомбінантів. У зв'язку з цим показники гетерозису краще використовувати в комплексі з іншими ознаками продуктивності, що сприятиме ефективнішому добору [34, 38, 39].

Таблиця 5 – Гетерозис і ступінь фенотипового домінування в F_1 продуктивної кущистості за використання материнською формою ранньостиглих сортів

Комбінації схрещування	2018 р.			2019 р.			2020 р.		
	Гетерозис, %		h_p	Гетерозис, %		h_p	Гетерозис, %		h_p
	Ht	Hbt		Ht	Hbt		Ht	Hbt	
♀ ранньостиглі / ♂ ранньостиглі									
Мир. рання / Б.Ц. н/к.	111,8	100,0	19,0	231,3	194,4	18,5	-11,8	-21,2	-1,0
Мир. рання / Кольчуга	154,5	133,3	17,0	211,8	194,4	36,0	38,2	36,4	29,0
Б.Ц. н/к. / Кольчуга	203,2	193,8	63,0	120,0	106,3	18,0	47,1	31,6	4,0
♀ ранньостиглі / ♂ середньоранні									
Мир. рання / Золотокол.	137,5	111,1	11,0	275,0	233,3	22,0	93,1	86,7	27,0
Мир. рання / Чорнява	100,0	83,3	11,0	211,8	194,4	36,0	93,9	77,8	10,3
Б.Ц. н/к. / Золотокол.	233,3	212,5	35,0	195,8	191,7	139,0	130,3	100,0	8,6
Б.Ц. н/к. / Чорнява	254,8	243,8	79,0	180,0	162,5	27,0	105,4	100,0	39,0
Кольчуга / Чорнява	156,2	152,6	108,1	116,0	113,4	94,0	93,9	77,8	10,3
♀ ранньостиглі / ♂ середньостиглі									
Мир. рання / Антонівка	200,0	166,7	16,0	153,3	111,1	7,7	-15,4	-26,7	-1,0
Мир. рання / Єдність	75,6	73,5	62,6	70,0	54,6	7,0	64,7	47,4	5,5
Б.Ц. н/к. / Антонівка	180,0	162,5	27,0	315,4	285,7	41,0	106,7	63,2	4,0
Б.Ц. н/к. / Єдність	152,9	138,9	26,0	111,1	72,7	5,0	56,3	54,6	54,0
Б.Ц. н/к. / Відрада	257,1	212,5	18,0	233,3	221,4	63,0	122,2	110,5	22,0
Кольчуга / Антонівка	93,1	86,7	27,0	171,4	137,5	12,0	184,6	146,7	12,0
Кольчуга / Єдність	100,0	83,3	11,0	78,9	54,6	5,0	105,9	84,2	9,0
Кольчуга / Відрада	211,1	180,0	19,0	189,7	162,5	18,3	93,8	82,4	15,0
Кольчуга / Столична	171,4	153,3	24,0	253,3	231,3	38,0	57,6	44,4	6,3
♀ ранньостиглі / ♂ середньопізні									
Мир. рання / Вдала	186,7	138,9	9,3	196,8	155,6	12,2	25,0	17,6	4,0
Мир. рання / Добірна	111,8	100,0	19,0	118,8	94,4	9,5	29,4	15,8	2,5
Б.Ц. н/к. / Добірна	226,8	222,4	167,2	314,9	308,6	203,5	93,2	91,7	119,0

Таблиця 6 – Гетерозис і ступінь фенотипового домінування в F₁ продуктивної кущистості за використання в гібридизації середньоранніх, середньостиглих і середньопізніх сортів

Комбінації схрещування	2018 р.			2019 р.			2020 р.		
	Гетерозис, %		h _p	Гетерозис, %		h _p	Гетерозис, %		h _p
	Ht	Hbt		Ht	Hbt		Ht	Hbt	
♀ середньоранні / ♂ середньоранні									
Золотокол. / Чорнява	237,9	226,7	69,0	300,0	275,0	45,0	137,5	111,1	11,0
Золотокол. / Щедра н.	113,3	100,0	17,0	390,3	347,1	40,3	10,3	-90,1	0,01
Чорнява / Щедра н.	158,1	150,0	49,0	100,0	94,1	33,0	-	-	-
♀ середньоранні / ♂ середньостиглі									
Золотокол. / Антонівка	245,1	240,3	174	269,2	242,9	35,0	116,0	92,9	9,7
Золотокол. / Єдність	231,3	194,4	18,5	261,1	195,5	11,8	93,9	68,4	6,2
Золотокол. / Відрада	307,7	278,6	40,0	225,9	214,3	61,0	158,1	135,3	16,3
Золотокол. / Столична	144,4	135,7	39,0	223,9	219,4	159,0	62,5	44,4	5,0
Чорнява / Антонівка	182,8	173,3	53,0	142,9	112,5	10,0	-	-	-
Чорнява / Єдність	124,2	105,6	13,7	-	-	-	-	-	-
Чорнява / Відрада	159,3	133,3	14,3	-	-	-	88,6	83,3	31,0
Чорнява / Столична	335,7	306,7	47,0	-	-	-	26,4	25,0	24,0
Щедра н. / Антонівка	140,0	125,0	21,0	-	-	-	61,5	40,0	4,0
Щедра н. / Столична	-	-	-	151,6	129,4	15,7	21,2	11,1	2,3
Щедра н. / Відрада	135,7	106,3	9,5	233,3	194,1	17,5	6,2	0,01	1,0
♀ середньоранні / ♂ середньопізні									
Щедра н. / Добірна	208,6	204,9	169	196,8	170,6	20,3	52,9	36,8	4,5
♀ середньостиглі / ♂ середньостиглі									
Антонівка / Єдність	250,0	211,1	20,0	329,4	231,8	11,2	73,3	36,8	2,8
Антонівка / Відрада	115,4	100,0	15,0	260,0	246,2	65,0	21,4	0,01	1,0
Антонівка / Столична	122,2	114,3	33,0	338,5	307,1	44,0	37,5	4,8	1,2
Антонівка / Мир. 61	-	-	-	242,9	200,0	17,0	25,0	-4,8	0,8
Мир. 61 / Єдність	217,6	200,0	37,0	268,8	168,2	7,2	70,0	61,9	14,0
Єдність / Відрада	160,0	116,7	8,0	111,4	68,2	4,3	83,3	73,7	15,0
♀ середньостиглі / ♂ середньопізні									
Єдність / Добірна	29,4	22,2	5,0	100,0	63,6	4,5	40,6	39,2	39,0
♀ середньопізні / ♂ середньостиглі									
Вдала / Столична	196,0	184,6	49,0	277,8	264,3	75,0	20,0	16,7	7,0
♀ середньопізні / ♂ середньопізні									
Вдала / Пивна	-	-	-	350,0	315,4	42,0	14,3	11,1	5,0
Добірна / Пивна	130,3	123,5	43,0	316,0	271,0	26,3	94,6	89,5	35,0

Визначені показники ступеня фенотипового домінування у 2018–2020 рр. свідчать, що детермінація продуктивної кущистості в більшості F₁ (95,1 %) відбувалася за позитивним наддомінуванням – h_p=1,2–174,0. Часткове позитивне домінування спостерігали у 3 зі 123 гібридів. Детермінація продуктивної кущистості за частковим від’ємним і проміжним успадкуванням проходила у двох і одного гібридів відповідно.

В аналогічних дослідженнях за внутрішньовидової гібридизації пшениці м’якої озимої найбільш поширеним типом успадкування продуктивної кущистості (90 %) встановлено позитивне наддомінування [37].

Проведені дослідження свідчать, що показники ступеня фенотипового домінування продуктивної кущистості в F₁ у 2018–2020 рр. залежать як від компонентів гібридизації, так і умов року.

Позитивне наддомінування визначено у 31 із 36 комбінацій схрещування, які досліджували впродовж трьох років. У 2018–2019 рр. всі гібриди успадковували продуктивну кущистість за позитивним наддомінуванням. Водночас показники ступеня фенотипового домінування в гібридів мали значну диференціацію, яка була обумовлена як генотипами залучених до гібридизації батьківських форм, так і умовами року.

Визначені показники продуктивної кущистості вихідних форм і гібридів пшениці м'якої озимої свідчать про різну взаємодію генотипу з умовами навколишнього середовища, що склалися в роки досліджень. Так, у 2018–2019 рр. середня продуктивна кущистість за батьківськими формами становила 1,5, а 2020 р. – 1,7 шт. стебл/рослину. Відповідно в F_1 досліджуваній показник у 2018 і 2019 рр. становив 4,1 і 4,7 шт. стебл/рослину, а 2020 р. був найменшим – 2,7 шт. стебл/рослину. Незначну мінливість (0,2–1,9 шт. стебл/рослину) продуктивної кущистості впродовж трьох років відмічено у 15 із 36 комбінацій схрещування. Серед яких 11 були створені за використання материнською формою ранньостиглих сортів. Найбільш нестабільний прояв (3,7–6,0 шт. стебл/рослину) відмічено у Мир. рання / Антонівка, Мир. рання / Б.Ц. н/к., Антонівка / Єдність і Золотокол. / Щедра н.

Отже, використовуючи в схрещуваннях різні за скоростиглістю батьківські форми пшениці м'якої озимої вдалося виділити гібриди, які в контрастні за гідротермічними умовами роки досліджень формують стабільний прояв продуктивної кущистості. За отриманими експериментальними даними можливо спрогнозувати вплив підібраних пар для гібридизації та гідротермічних умов року на формування продуктивної кущистості в F_1 і характер успадкування ознаки.

Висновки. 1. Формування і мінливість продуктивної кущистості у гібридів першого покоління пшениці м'якої озимої залежить як від підбору батьківських форм для гібридизації, так і умов року.

2. За результатами досліджень виділено комбінації схрещування: Білоцерківська напівкарликова / Золотоколоса, Білоцерківська напівкарликова / Відрада, Золотоколоса / Відрада, Добірна / Пивна, Білоцерківська напівкарликова / Добірна, Білоцерківська напівкарликова / Чорнява, Миронівська рання / Чорнява, Білоцерківська напівкарликова / Антонівка, Золотоколоса / Чорнява, Золотоколоса / Антонівка, Золотоколоса / Єдність, Миронівська б1 / Єдність, які в 2018–2019 рр. достовірно перевищували середню за гібридами продуктивну кущистість і характеризувались незначною і середньою мінливістю досліджуваного показника.

3. Показники гіпотетичного, істинного генетизису та ступеня фенотипового домінування у F_1 залежать від генотипів батьківських компонентів схрещування та умов року.

4. Найбільш поширеним типом успадкування (95,1 %) продуктивної кущистості у F_1 пшениці м'якої озимої визначено позитивне наддомінування.

Перспективою подальших досліджень є проведення доборів з популяцій F_2 та їх оцінювання за елементами структури врожайності з метою виділення селекційно цінних біотипів пшениці м'якої озимої.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Creation of high-yielding winter wheat varieties with high yield and grain quality suitable for irrigated conditions / Egamov I.U. et al. *International journal of modern agriculture*. 2021. Vol. 10(2). P. 2491–2506.
2. Mineral composition and baking value of the winter wheat grain under varied environmental and agronomic conditions / Jaskulska I. et al. *J. Chem.* 2018. No 1. P. 1–7. DOI: 10.1155/2018/5013825
3. Line by tester combining ability analysis for earliness and yield traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) / Din K. et al. *Japs: Journal of animal & plant sciences*. 2021. No 31(2). DOI: 10.36899/JAPS.2021.2.0242
4. Gilliham M., Able J., Roy S. Translating know ledge about abiotic stress tolerance to breeding programmers. *Plant Journal*. 2017. Vol. 90, Issue 5. P. 898–917. DOI: 10.1111/tjp.13456.
5. 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.
6. Литвиненко М.А. Реалізація генетичного потенціалу. Проблеми продуктивності та якості зерна сучасних сортів озимої пшениці. *Насінництво*. 2010. № 6. С. 1–6.
7. Harkness C., Semenov M., Areal F. Adverse weather conditions for UK wheat production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020. 1078622. P. 282–283. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.107862
8. Домарацький Є.О. Подолання впливу стресових явищ під час вирощування пшениці озимої за умов глобальних кліматичних змін. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної освіти та науки: зб. тез міжнародної наук.-практич. конф. за участю ФАО*. Київ, 2018. С. 227–232.
9. Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop / Nekrasova O. et al. In *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 273. P. 01027.
10. Хоменко Л.О., Сандецька Н.В. Джерела комплексної стійкості пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) у селекції на адаптивність. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. No 14(3). P. 270–276. DOI: 10.21498/2518-1017.14.3.2018.145289.
11. The choice of suitable conditions for wheat genetic transformation / Klčová L. et al. *Agriculture (Polnohospodárstvo)*. 2019. No 65(1). P. 30–36. DOI: 10.2478/agri-2019-0003
12. Heritability of valuable economic traits in the hybrid generations of bread wheat / Juraev D.T. et al. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. 2021. P. 2008–2019.

13. 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. No 1. P. 22–28.

14. Бакуменко О.М., Власенко В.А. Гетерозис та успадкування маси 1000 насінин в F₁ пшениці м'якої озимої (*triticum aestivum* L.). *Journal of native and alien plant studies*. 2015. No 11. С. 67–73. DOI: 10.37555/11.2015.190866

15. 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. № 16. С. 92–96.

16. Shcherbakova Y.U. Inheritance of economically valuable characteristics in inter various hybrids of wheat in soft winter under forest steppe. *Norwegian journal of development of the international science*. 2021. Vol. 55(2). P. 16–20.

17. Triticale breeding improvement by the intraspecific and remote hybridization / Diordiieva I. et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. No 10(4). P. 67–71. DOI: 10.15421/2020_169.

18. Assessment of genetic variability and heritability for grain yield and its associated traits in F₂ populations of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) / Sootaher J.K. et al. *Pure and applied biology*. 2020. No 9(1). P. 36–45.

19. Sabit Z., Yadav D.B., Rai D.P.K. Genetic variability, correlation and path analysis for yield and its components in F₅ generation of bread wheat (*T. aestivum* L.). *J. Pharm. Phytochem*. 2017. No 6(4). P. 680–687.

20. Нама-Амин Т.Н., Товфік С.І. Estimation of some genetic parameters using line × tester analysis of common wheat (*T. aestivum* L.). *Appl. Ecol. Environ. Res*. 2019. No 17(4). P. 9735–9752.

21. Fertility recovery of wheat male sterility controlled by Ms₂ using CRISPR/Cas9 / Tang H. et al. *Plant Biotechnology Journal*. 2021. No 19(2). 224 p.

22. Носатовский А.И. Пшеница. Москва: Колос, 1965. 568 с.

23. Лихочвор В.В., Проць Р.Р. Озима пшениця. Львів: НВФ “Українські технології”, 2006. 216 с.

24. Лозінський М.В. Загальна та продуктивна кущистість пшениці м'якої озимої та їх вплив на формування кількості зерен і маси зерна з рослини. Наукові пошуки молоді у третьому тисячолітті: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, аспірантів та докторантів. Біла Церква, 2013. 18 с.

25. Productivity of soft winter wheat sort depending on terms length of sowing and weather in spring-summer period / Korkhova M. et al. *Agrobiologiya*. 2018. № 1. P. 5–10.

26. Новак Ж.М., Коцюба С.П., Макарчук М.О. Висота рослин та кількість продуктивних стебел гібридних популяцій F₃ пшениці твердої ярої. Селекційно-генетична наука і освіта: матеріали Х міжнар. наук. конф. Умань, 2021. С. 164–167.

27 Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінський М.В., Дубова О.А. Кущистість пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження та її зв'язок з елементами продуктивності. *Агробіологія*. 2013 № 10. С. 142–147.

28. 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.

29. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат. 1985. 352 с.

30. Matzinger D.F., Mannand T.J., Cockerham C.C. Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. *Crop Science*. 1962. No 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. No 1. P. 85–88.

32. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950. No 35. P. 303–321.

33. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*. 1965. 39. 3.

34. Лозінський М.В., Устинова Г.Л. Оцінка сортів пшениці м'якої озимої за фенотиповою і генотиповою мінливістю продуктивної кущистості. Current issues, achievements and prospects of Science and education: the XII international science conference. Athens, Greece. May 03-05, 2021. P. 18–20.

35. Лозінський М.В., Бурденюк-Тарасевич Л.А. Вплив гідротермічних умов на формування продуктивної кущистості *T. aestivum* L. озимої за гібридизації різних екотипів. Сучасні проблеми ведення сільського господарства та підготовки фахівців аграрного профілю: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Біла Церква, 2018. С. 17–18.

36. Khomenko S., Fedorenko M., Chugunkova T. Inheritance of yield components and heterosis in spring durum wheat hybrids (*Triticum durum* Desf.). *Cytol Genet*. 2021. Vol. 55. No 4. P. 309–316. DOI: 10.3103/S0095452721040058

37. Лозінський М.В. Успадкування і трансгресивна мінливість загальної і продуктивної кущистості внутрішньовидових гібридів пшениці озимої. *Агробіологія*. 2015. № 2. С. 53–56.

38. Association between grain yield, grain quality and morpho-physiological traits along ten cycles of recurrent selection in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) / Maich R.H. et al. *Cereal Res. Com*. 2017. No 45(1). P. 146–153.

39. Inheritance of ear productivity elements in hybrids of F₁ *Triticum aestivum* L., created with the participation of varieties of carriers of wheat-rye translocations 1AL. 1RS and 1BL. 1RS / Dubovyk N.S. et al. *Plant varieties studying and protection*. 2019. № 15(1). P. 5–12.

REFERENCES

1. Egamov, I.U. (2021). Creation of high-yielding winter wheat varieties with high yield and grain quality suitable for irrigated conditions. *International journal of modern agriculture*. Vol. 10(2), pp. 2491–2506.

2. Jaskulska, I., Jaskulski, D., Gałęzewski, L., Knapowski, T., Kozera, W., Waclawowicz, R. (2018).

Mineral composition and baking value of the winter wheat grain under varied environmental and agronomic conditions. *J. Chem.* no. 1, pp. 1–7. DOI: 10.1155/2018/5013825

3. Din, K., Khan, N.U., Gul, S., Khan, S.U., Khalil, I.H., Khan, S.A., Khalil, I.A. (2021). Line by tester combining ability analysis for earliness and yield traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Japs: Journal of animal & plant sciences.* no. 31 (2). DOI: 10.36899/JAPS.2021.2.0242.

4. Gilliham, 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. DOI: 10.1111/tj.13456.

5. Boichuk, I.V. (2020). Obruntuvannia pidboru sortiv pshenytsi ozymoi dlia umov pivdennoho stepu Ukrainy [Substantiation of selection of winter wheat varieties for the conditions of the southern steppe of Ukraine]. *Topical issues of the development of modern science: The 7th International scientific and practical conference.* Sofia, Bulgaria, ACCENT, pp. 151–161.

6. Lytvynenko, M.A. (2010). Realizatsiia hene-tychnoho potentsialu. Problemy produktyvnosti ta yakosti zerna suchasnykh sortiv ozymoi pshenytsi [Realization of genetic potential. Problems of productivity and quality of grain of modern varieties of winter wheat]. *Nasinytstvo [Seed production]*, no. 6, pp. 1–6.

7. Harkness, C., Semenov, M.A., Areal, F. (2020). Adverse weather conditions for UK wheat production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology.* 1078622, pp. 282–283. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.107862

8. Domaratskyi, Ye.O. (2018). Podolannia vplyvu stresovykh yavlyshch pid chas vyroshchuvannia pshe-nytsi ozymoi za umov hlobalnykh klimatychnykh zmin [Overcoming the effects of stress during the cultivation of winter wheat in the context of global climate change]. *Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vyklyky dlia ahrarnoi osvity ta nauky: zb. tez mizhnarodna nauk.-praktych. konf. za uchastiu FAO [Climate change and agriculture. Challenges for agricultural education and science: coll. thesis international scientific-practical. conf. with the participation of FAO].* Kyiv, pp. 227–232.

9. Nekrasova, O., Kravchenko, N., Marchenko, D., Nekrasov, E. (2021). Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop. In *E3S Web of Conferences.* Vol. 273, 01027 p.

10. Khomenko, L.O., Sandetska, N.V. (2018). Dzherela kompleksnoi stiikosti pshenytsi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) u seleksii na adaptyvnyist [Sources of complex resistance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in adaptability selection]. *Plant Varieties Studying and Protection.* no. 14(3), pp. 270–276. DOI: 10.21498/2518-1017.14.3.2018.145289.

11. Klčová, L., Ondřejčková, K., Mihálik, D., Gu- bišová, M. (2019). The choice of suitable conditions for wheat genetic transformation. *Agriculture (Polno- hospodarstvo).* no. 65(1), pp. 30–36. DOI: 10.2478/agri-2019-0003

12. Juraev, D.T., Amanov, O.A., Dilmurodov, S.D., Meyliev, A.K., Boysunov, N.B., Kayumov, N.S., Ugli

Ergashev, Z.B. (2021). Heritability of valuable eco- nomic traits in the hybrid generations of bread wheat. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology.* pp. 2008–2019.

13. Lozinskyi, M.V. (2016). Inheritance and grain weight transgressive variability per plant in hybrid win- ter wheat (*T. aestivum* L.), obtained from the hybridiza- tion of various ecotypes. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*, no. 1, pp. 22–28.

14. Bakumenko, O.M., Vlasenko, V.A. (2015). Heterozys ta uspadkuvannia masy 1000 nasynyn v F_1 pshenytsi miakoi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) [Heterosis and inheritance of 1000 seeds in F_1 of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.)]. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, no. 11, pp. 67–73. DOI: 10.37555/11.2015.190866

15. Burdeniuk-Tarasevych, L.A., Lozinskyi, M.V. (2015). Pryntsyppy pidboru par dlia hibrydyzatsii v seleksii ozymoi pshenytsi *T. aestivum* L. na adap- tyvnist do umov dovkillia [Principles of selection of pairs for hybridization in the selection of winter wheat *T. aestivum* L. for adaptability to environmental condi- tions]. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmv [Factors of experimental evolution of organisms]*, no. 16, pp. 92–96.

16. Shcherbakova, Y.U. (2021). Inheritance of eco- nomically valuable characteristics in inter various hy- brids of wheat in soft winter under forest steppe. *Nor- wegian Journal of Development of the International Science.* Vol. 55(2), pp. 16–20.

17. Diordiieva, I., Riabovol, I., Riabovol, L., Serzhuk, O., Novak, Z., Chernov, O., Karychkovs- ka, S. (2020). Triticale breeding improvement by the intraspecific and remote hybridization. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 10(4), pp. 67–71. DOI: 10.15421/2020_169.

18. Sootaher, J.K., Abro, T.F., Soomro, Z.A., Sootahar, M.K., Baloch, T.A., Menghwar, K.K., Kachi, M., Mastoi, M.A., Soomro, T.A. (2020). Assessment of genetic variability and heritability for grain yield and its associated traits in F_2 populations of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pure and Applied Biology.* no. 9(1), pp. 36–45.

19. Sabit, Z., Yadav, D.B., Rai, D.P.K. (2017). Genet- ic variability, correlation and path analysis for yield and its components in F_3 generation of bread wheat (*T. aes- tivum* L.). *J. Pharm. Phytochem.* no. 6(4), pp. 680–687.

20. Hama-Amin, T.N., Towfiq, S.I. (2019). Esti- mation of some genetic parameters using line \times tester analysis of common wheat (*T. aestivum* L.). *Appl. Ecol. Environ. Res.* no. 17(4), pp. 9735–9752.

21. Tang, H., Liu, H., Zhou, Y., Liu, H., Du, L., Wang, K., Ye, X. (2021). Fertility recovery of wheat male sterility controlled by Ms2 using CRISPR/Cas9. *Plant Biotechnology Journal.* no. 19(2), 224 p.

22. Nosatovskiy, A.Y. (1965). *Pshenytsa [Wheat].* Moscow, 568 p.

23. Lykhochvor, V.V., Prots, R.R. (2006). *Ozyna pshenytsia [Winter wheat].* Lviv, Ukrainian Technolo- gies Research and Production Enterprise, 216 p.

24. Lozinskyi, M.V. (2013). Zahalna ta produk- tyvna kushchystist pshenytsi miakoi ozymoi ta yikh

vplyv na formuvannya kilkosti zeren i masy zerna z roslyny [General and productive bushiness of soft winter wheat and their influence on the formation of the number of grains and grain weight of the plant]. Naukovi poshuky molodi u tret'omu tysjacholitti: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. molodyh vchenyh, aspirantiv ta doktorantiv [Scientific research of young people in the third millennium: materials of the international scientific-practical conference of young scientists, graduate students and doctoral students]. Bila Tserkva, 18 p.

25. Korkhova, M., Kovalenko, O., Khonenko, L., Markova, N. (2018). Productivity of soft winter wheat sort depending on terms length of sowing and weather in spring-summer period. *Agrobiology*, no. 1, pp. 5–10.

26. Novak, Z.M., Kotsiuba, S.P., Makarchuk, M.O. (2021). Vysota roslyn ta kilkist produktyvnykh stebel hibrydnykh populiatsii F_3 pshenytsi tvrdoj yaroj [Plant height and number of productive stems of hybrid populations of F_3 durum wheat]. Seleksiino-henetychna nauka i osvita: materialy X mizhnar. nauk. konf. [Breeding and genetic science and education: materials of the X International. Science. conf.]. Uman, pp. 164–167.

27. Burdeniuk-Tarasevych, L.A., Lozinskyi, M.V., Dubova, O.A. (2013). Kushchystist pshenytsi miakoi ozymoi riznoho ekoloho-heohrafichnoho pokhodzhenia ta yii zviazok z elementamy produktyvnosti [Bushiness of soft winter wheat of different ecological and geographical origin and its connection with the elements of productivity]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*, no. 10, pp. 142–147.

28. Volkodav, V.V. (2003). *Metodyka derzhavnoho vyprovuvannya sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Okhorona prav na sorty roslyn [Methods of state testing of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Protection of plant variety rights]*. Kyiv, Alefa, Issue 1, Part 3, 106 p.

29. Dospheov, B.A. (1985). *Metodyka polevogo opyita [Field experiment technique]*. Moscow, Agropromizdat, 352 p.

30. Matzinger, D.F., Mannand, T.J., Cockerham, C.C. (1962). Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. *Crop Science*. no. 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*. no. 1, pp. 85–88.

32. Griffing, B. (1950). Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. no. 35, pp. 303–321.

33. Beil, G.M., Atkins R.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*. no. 39, 3.

34. Lozinskyi, M.V., Ustynova, H.L. (2021). Ot-sinka sortiv pshenytsi miakoi ozymoi za fenotypovoiu i henotypovoiu minlyvistiu produktyvnoi kushchystosti [Evaluation of soft winter wheat varieties by phenotypic and genotypic variability of productive bushiness]. The XII International Sciece Conference «Current issues, achievements and prospects of Science and education». Greece, Athens, pp. 18–20.

35. Lozinskyi, M.V., Burdeniuk-Tarasevych, L.A. (2018). Vplyv hidrotermichnykh umov na formuvannya produktyvnoi kushchystosti *T. aestivum* L. ozymoi za hibrydzatsii riznykh ekotypiv [Influence of hydrothermal conditions on the formation of productive bushiness of *T. aestivum* L. winter hybridization of different ecotypes]. *Suchasni problemy vedennja sil'skogo gospodarstva ta pidgotovky fahivciv agrarnogo profilju: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf [Modern problems of agriculture and training of agricultural specialists: materials of the international scientific-practical conference]*. Bila Tserkva, pp. 17–18.

36. Khomenko, S., Fedorenko, M., Chugunkova, T. (2021). Inheritance of Yield Components and Heterosis in Spring Durum Wheat Hybrids (*Triticum durum* Desf.). *Cytol Genet*. Vol. 55, no. 4, pp. 309–316. DOI: 10.3103/S0095452721040058

37. Lozinskyi, M.V. (2015). Uspadkuvannia i transhresyvna minlyvist zahalnoi i produktyvnoi kushchystosti vnutrishnovydovykh hibrydiv pshenytsi ozymoi [Inheritance and transgressive variability of general and productive bushiness of intraspecific hybrids of winter wheat]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*, no. 2, pp. 53–56.

38. Maich, R.H., Steffolani, M.E., Di Rienzo, J.A., León, A.E. (2017). Association between grain yield, grain quality and morpho-physiological traits along ten cycles of recurrent selection in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Res. Com*. no. 45(1), pp. 146–153.

39. Dubovyk, N.S., Humeniuk, O.V., Kyrylenko, V.V., Misiura, I.I., Khomenko, T.M. (2019). Inheritance of ear productivity elements in hybrids of F_1 *Triticum aestivum* L., created with the participation of varieties of carriers of wheat-rye translocations 1AL. 1RS and 1BL. 1RS. *Plant Varieties Studying and Protection*. no. 15(1), pp. 5–12.

The influence of genotype and conditions of the year on the inheritance of productive bushiness at hybridization of soft winter wheat cultivars that differ in early maturation

Lozinsky M., Ustynova H.

The peculiarities of inheritance of productive bushes in F_1 , obtained by cross-breeding of different cultivars of soft winter wheat were studied in the conditions of the experimental field of the Research and Production center of the Bila Tserkva National Agrarian University in 2018–2020 contrasting in the hydrothermal conditions. During the research years, the productive bushiness of selected parental forms for hybridization had a significant differentiation of 1.1–2.2 pieces of stem/plant. The varieties formed maximum average productive bushiness (1.7 pcs. stalk/plant) in 2020, and in 2018–2019 the indicator was at the level of 1.5 pcs. stalk/plant. Research has shown that winter wheat productive bushiness is a genetically controlled trait and is highly susceptible to the conditions of the year.

The vast majority of hybrids produced in 2018–2020 significantly exceeded the original forms for productive bushing (2.3–7.6 pcs. stalk/plant). The

maximum F1 index (4.7 pcs. stalk/plant) was formed in 2019. Under 2018 conditions, the productive bushiness represented 4.1 pcs. In 2018 conditions, the productive bushiness represented 4.1 pcs. stalk/ plant. The minimum productive bushes of 2.8 pcs. stalk/ plant in the hybrid crop were formed in 2020. The results show that the productive bushiness F1 depends on the components of hybridization and the conditions of the year.

Positive hypothetical and true heterosis for three years are determined in 34 and 32 of 36 combinations of hybridization, respectively. Stable high hypothetical (307.7–105.4 %) and true (278.6–100.0 %) heterosis, for 2018–2020, was in Bilotserkivska semi-dwarf / Zolotokolosa, Bilotserkivska semi-dwarf / Chornyava, Bilotserkivska semi-dwarf / Vidrada, Zolotokolosa / Chornyava, Zolotokolosa / Vidrada.

Studies have found that positive overdominance is the most common type of inheritance of productive bushiness in 2018–2020 observed in 95.1 % of hybrids. However, indicators of phenotypic dominance of productive bushiness in the research years are determined by selected components of hybridization and the conditions of the year.

The experimental data indicate that the crossbreeding of soft winter wheat varieties that differ in early maturity of parental forms of made it possible to isolate hybrids, which in contrasting hydrothermal conditions for the growing season years have formed stable high manifestations of productive bushiness.

Key words: soft winter wheat, parental forms, hybrids, productive bushiness, hypothetical and true heterosis, degree of phenotypic dominance, type of inheritance.



Copyright: Лозінський М.В., Устинова Г.Л. © 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.



ORCID iD:

Лозінський М.В.


Устинова Г.Л.

<https://orcid.org/0000-0002-6078-3209>

<https://orcid.org/0000-0002-3056-358X>

АГРОНОМІЯ

УДК 504.5:635.1/8

Особливості накопичення важких металів овочами за різного періоду їх вирощуванняРазанов С.Ф. , Вдовенко С.А. , Піддубна А.М.*Вінницький національний аграрний університет* Піддубна А.М. E-mail: piddubnaantonina@gmail.com

Разанов С.Ф., Вдовенко С.А., Піддубна А.М. Особливості накопичення важких металів овочами за різного періоду їх вирощування. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 107–113.

Razanov S., Vdovenko S., Piddubna A. Features of the accumulation of heavy metals in vegetables for different periods of their cultivation. «Agrobiologia», 2022. no. 1, pp. 107–113.

Рукопис отримано: 15.03.2022 р.
Прийнято: 30.03.2022 р.
Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-107-113

Статтю спрямовано на вивчення інтенсивності накопичення важких металів (кадмій, мідь, цинк) в овочах за різного періоду їх вегетації на темно-сірих опідзолених ґрунтах в умовах Тиврівського району Вінницької області.

Наведено результати досліджень з вивчення особливостей накопичення кадмію, цинку і міді в часнику, моркві та петрушці залежно від періоду їх вегетації. Для проведення досліджень було відібрано сорти: для часнику – Любаша, для моркви – Грета, для петрушки – Найда. Період висівання часнику, моркви і петрушки – 2020–2021 рр.: в осінній період – наприкінці жовтня та весняний – остання декада квітня. Для дослідження використано листя петрушки, коренеплоди моркви та головки часнику озимого. Відбір овочів проведено методом точкових проб з кожної партії осіннього та весняного посіву.

За результатами аналізу першоджерел визначено залежність овочевих культур від чинників навколишнього середовища, зокрема, агрокліматичних показників; особливості засвоєння овочами впродовж вегетації основних елементів живлення (азот, фосфор, калій); накопичення важких металів рослинами. У статті подано результати власних польових і лабораторних досліджень.

Виявлено, що вміст кадмію, цинку та міді у часнику сорту Любаша, моркві сорту Грета та петрушці сорту Найда не перевищував максимально допустимих рівнів ДСТУ–32 3395 як осіннього, так і весняного їх висіву. Виявлено, що вміст та коефіцієнт накопичення і небезпеки кадмію у часнику, моркві та петрушці за весняного строку сівби був вищим, а цинку і міді – нижчим порівняно з аналогічними овочами осіннього висіву.

Загалом, коефіцієнт небезпеки кадмію, цинку і міді у часнику, моркві та петрушці, вирощених на дослідних територіях, не перевищував показник 1,0, що свідчить про безпечний вміст важких металів у овочах.

Ключові слова: морква, петрушка, часник, кадмій, цинк, мідь, коефіцієнт небезпеки, коефіцієнт накопичення, концентрація.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Овочівництво – важлива галузь сільськогосподарського виробництва, яка забезпечує населення асортиментом поживних харчових продуктів з високим вмістом біологічно активних речовин, які сприяють поліпшенню обміну речовин та забезпечують нормальний розвиток і функціонування організму людини, підвищуючи його стійкість до несприятливих чинників.

Овочі містять вуглеводи, вітаміни, каротин, білки, мінеральні солі, ефірні масла, жир та ін. Серед мінеральних речовин високу цінність мають натрій і калій. Високий уміст натрію виявлено у таких овочах: буряк, редис, селера, цибуля-порей, а найвищий – у часнику (120 мг та хроні (140 мг) [1].

Діапазон вмісту калію в овочах дуже широкий, здебільшого овочеві рослини накопичують 200–500 мг калію на 100 г. Овочі, вирощені

на піщаних ґрунтах, бідні на цей елемент. Найбільшу кількість калію містять диня, картопля, редька, часник, хрін, шпинат. Деякі сорти цих рослин можуть накопичувати його до 1000 мг, а у межах 300–500 мг – усі види капусти (особливо брюсельська), морква, ріпа, селера, щавель, зелений горошок, гриби та ін. [2]. У часнику, моркві, петрушці багато фітонцидів – важливих речовин з бактерицидними властивостями.

У зв'язку із високопоживними властивостями овочів попит на них зростає. Водночас підвищуються і вимоги до їх якості та безпеки.

Відомо, що якість і безпека продукції овочівництва залежить від екологічного стану навколишнього середовища, зокрема, стану ґрунтів, а також від інтенсивності опадів, температури та інших чинників, які впродовж останніх років мають нестабільний характер (різкі перепади температури, нерівномірність опадів), деградація ґрунтів внаслідок техногенного навантаження, що створюють різні умови вирощування сільськогосподарських культур, зокрема овочевих. За таких умов спостерігається різна інтенсивність надходження у рослини елементів живлення, а також транслокація токсичних елементів, які накопичуються у надмірній кількості, знижують якість та безпеку продукції [3]. Зважаючи на це виникає потреба у проведенні контролю за транслокацією токсикантів у продукцію овочівництва.

В Україні останніми роками в овочівництві займаються вирощуванням понад 70 різноманітних сільськогосподарських культур і рослин. Загальна площа під усіма видами овочів (без урахування картоплі) в середньому за 2014–2018 рр. становила майже 449 тис. га, а обсяги виробництва продукції – понад 9 тис. ц [4]. Розвивається овочівництво за трьома основними напрямками: товарне овочівництво відкритого ґрунту, зокрема фермерське, товарне овочівництво закритого ґрунту й овочівництво для власних потреб – присадибні ділянки [5].

Кожна технологія вирощування овочевих культур має свої особливості, однак за вирощування овочів є загальні проблеми, і правильні рішення можуть підвищити ефективність ведення галузі.

Овочеві культури більш вимогливі до умов вирощування – родючості ґрунту, вологи, тепла, освітлення, ніж польові. Це зумовило їх агротехніку й організацію вирощування.

Ріст і розвиток рослин, зокрема овочів, тісно пов'язані з умовами навколишнього середовища. Запорукою одержання високих урожаїв є уміння створювати умови, які відповідають вимогам рослин. Для отримання високої врожай-

ності рослин потрібно враховувати їх ставлення до чинників навколишнього середовища [6]. Сонячна енергія, тепло, вода, мінеральне живлення і газовий склад повітря – основні умови для життєдіяльності рослин. Так, температура ґрунту може істотно збільшувати чи зменшувати поглинання води й елементів мінерального живлення; збільшення кількості поживних речовин у ґрунті зменшує транспіраційний коефіцієнт; висока інтенсивність сонячної радіації призводить до підвищення температури, унаслідок чого посилюється дихання рослин, також можуть бути зміни у фотосинтезі. На кожному етапі росту і розвитку рослин їх вимоги до умов середовища різняться. Якщо для проходження фази набрякання насіння насамперед необхідна волога, то у фазі проростання визначальним стає тепловий, тимчасом у фазі появи сходів – світловий чинники [7].

Кількісно виражені зв'язки між чинниками клімату, з одного боку, і ростом, розвитком, зимостійкістю і формуванням урожайності, з іншого – є агрокліматичними показниками. Використовуючи їх, можна встановлювати ступінь сприятливості клімату різних територій щодо вирощування певних сільськогосподарських культур. За агрокліматичні показники потреби рослин у теплі за весь період вегетації або за окремі міжфазні періоди використовують суми позитивних, активних і ефективних температур. Вирощування культури вважається рентабельним, якщо вона забезпечена теплом не менш як на 80 %. Під час оцінювання термічних умов території враховують також такі показники як середня температура найтеплішого місяця, тривалість беззаморозкового періоду, терміни настання пізніх весняних і ранніх осінніх заморозків, їх повторюваність та ін. [7].

Для оцінювання умов зволоження території звичайно використовують середню багаторічну суму опадів і розподіл їх на території та в часі. В процесі утворення біомаси лише частина атмосферної вологи, яка надходить, витрачається рослинами на транспірацію. Об'єктивним критерієм оцінювання вологозабезпеченості рослин є порівняння фактичних запасів вологи з найменшою вологомісткістю ґрунту. Для оцінювання забезпечення території вологою використовують різні показники зволоження.

Овочеві культури характеризуються вибірковою здатністю засвоювати елементи живлення. Найбільше азоту з ґрунту забирають капуста цвітна, часник, горох, редька зимова та редиска, фосфору – капуста цвітна, часник і горох, калію – капуста цвітна, тепличний помідор, редиска, салат, шпинат, петрушка, перець і баклажан [3].

Для живлення овочевих культур також велике значення мають мікроелементи: бор, марганець, мідь, цинк, молібден, залізо, кобальт та ін. Нестача бору і марганцю погіршує плодоношення, збільшує опадання бутонів і зав'язі, знижує врожай плодів і насіння. Мідь посилює інтенсивність дихання, обмін вуглеводів у рослинах, особливо потрібно вносити її на торфових ґрунтах. Мікроелементи активізують дію ферментів, підвищують холодостійкість рослин, зменшують непродуктивні витрати вологи.

На початку росту коренева система молодих рослин краще засвоює азот, гірше – фосфор і калій. У разі тривалого зниження температури ґрунту і повітря засвоєння азоту і фосфору погіршується. Це негативно впливає на ріст і розвиток молодих рослин. Найбільшу кількість поживних речовин із ґрунту, зокрема азоту, рослини виносять у період максимального середньодобового приросту надземної маси. Цей період у скоростиглих культур у зоні Степу і Південного Лісостепу настає наприкінці весни, а на Поліссі – на початку літа. У пізньостиглих культур із тривалим вегетаційним періодом він припадає на червень–липень. У період формування продуктивних і репродуктивних органів підвищується вимогливість рослин до вмісту в ґрунті фосфору і калію. Ріст і розвиток овочевих рослин відбувається нормально, якщо в ґрунті є достатня кількість усіх елементів живлення. Нестача одного з них послаблює дію інших. Так, азот посилює ріст вегетативної маси і затримує плодоношення. Надмірне надходження його в рослини призводить до нагромадження в продуктивних органах нітритів, що знижує харчову якість продукції. Фосфор сприяє розвитку плодів і насіння, підвищує вміст цукрів, вітамінів і прискорює досягання врожаю. Калій посилює вуглеводний обмін, підвищує холодостійкість і стійкість рослин проти хвороб [6].

Поряд з корисними речовинами, які містяться у овочах, виявлено і речовини-токсиканти, зокрема важкі метали. Важливою проблемою залишається забруднення території такими важкими металами як свинець, кадмій, мідь і цинк. Ці хімічні елементи та їх сполуки є найтоксичнішими, оскільки вони не руйнуються у ґрунті та воді, а мігрують трофічним ланцюгом ґрунт → рослина → продукція → людина, і внаслідок спричиняють приховані негативні зміни в загальному обміні речовин в організмі людей, тварин [8, 9].

Виявлення важких металів та радіонуклідів у овочах має важливе значення для сільськогосподарства, особливо у районах з розвинутою промисловістю, де підвищується техногенне забруднення ґрунтів різними токсичними

елементами та їх сполуками. Свинець, ртуть, кадмій, миш'як і цинк вважають основними забруднювачами передусім тому, що вони дуже швидко накопичуються у навколишньому середовищі. У сільськогосподарському виробництві це призводить до погіршення якості продукції та зниження її продуктивності [10, 11].

Оцінювання інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами та вивчення особливостей їх міграції в системі ґрунт → рослина дає змогу вирішити проблему нормування вмісту їх у рослинницькій продукції. Отже, визначення переходу важких металів із ґрунту в рослини має велике наукове і практичне значення.

Поглинання хімічних елементів трофічним способом через коріння із ґрунту є вищим, ніж поглинання їх листям. Значною мірою це залежить від особливостей будови листка рослини. Внутрішнім шляхом, тобто із ґрунту через кореневу систему, важкі метали потрапляють до рослин разом із поживними речовинами [12, 13].

Вплив важких металів у системі ґрунт → рослина залежить від виду і хімічних властивостей забруднювача, форм сполук важких металів у ґрунтах і їх трансформації, складу і властивостей ґрунту, біологічних та фізіологічних особливостей рослин, їх фенологічної фази.

Мета дослідження полягає у вивченні вмісту металів (кадмій, цинк, мідь) у петрушці, моркві, часнику за осіннього та весняного строків сівби.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження з вивчення накопичення важких металів овочами (часник, морква, петрушка) за різного періоду їх вирощування проводили впродовж 2020–2021 рр. на темно-сірих опідзолених ґрунтах в умовах Тиврівського району Вінницької області.

Рельєф дослідного поля – рівнинне плато з пологими (1–2 °) схилами південно-східної та північно-західної експозиції. Водотривкі породи на території району залягають глибоко, через що рівень ґрунтових вод знаходиться на значній відстані від поверхні (понад 10–15 м), тому вони не впливають на ґрунтоутворення [14].

Щодо кількості опадів, регіон має періодичні посухи і належить до місцевості з нестійким зволоженням. Клімат району помірно континентальний з м'якою зимою й теплим вологим літом [15]. Відповідно до метеорологічних спостережень, основні показники кліматичних умов за період проведення досліджень (2020–2021 рр.) були сприятливими для вирощування овочевих культур.

Висівання часнику, моркви і петрушки проводили в осінній період (30.10) та весняний (22.04). Для дослідження використовували ли-

стя петрушки, коренеплоди моркви та головки часнику озимого. Відбір овочів проводили методом точкових проб з кожної партії осіннього та весняного посіву. Часник, морква та петрушка належали відповідно до сортів Любаша, Грета та Найда.

Визначення важких металів у овочах проводили методом атомно-абсорбційної спектроскопії відповідно до ГОСТ 30178-96 [16].

Коефіцієнт накопичення ($K_{\text{нак.}}$) у овочах розраховували за формулою:

$$K_{\text{нак.}} = C_p / C_n,$$

де C_p – концентрація забруднення речовин у овочах, мг/кг;

C_n – концентрація забруднюючих речовин у ґрунті, мг/кг.

Коефіцієнт небезпеки ($K_{\text{неб.}}$) важких металів у овочах розраховували за формулою:

$$K_{\text{неб.}} = C_p / \text{МДР},$$

де C_p – концентрація забруднення речовин у овочах, мг/кг; МДР – максимально допустимі рівні у овочах згідно з ДСТУ–3233-95 для часнику [17], ДСТУ–7035:209 для моркви [18] та ДСТУ 343-91 для петрушки [19].

МДР (максимально допустимий рівень для овочів) за кадмієм – 0,03 мг/кг, міддю – 5,0 мг/кг, цинком – 10,0 мг/кг.

Результати дослідження та обговорення.

Аналіз результатів досліджень (табл.1) показав, що концентрація кадмію в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки за посіву у весняний період була вища на 65,1, 26,0 та 15,5 % порівняно з аналогічними овочами за осіннього строку сівби.

Концентрація міді в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки за сівби у весняний період була нижча на 10,7, 18,7 та 36,2 % порівняно з осіннім.

Вміст цинку в цибулинах часнику, коренях моркви та листі петрушки, висіяних весною, був нижчим на 16,4, 30 та 26 %, ніж за осінньої сівби.

Порівнюючи вміст важких металів у головках часнику, коренеплодах моркви та листі петрушки з максимально допустимим рівнем згідно з ДСТУ необхідно відмітити, що перевищень їх не виявлено.

Так, вміст кадмію в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки осіннього строку посіву був нижчим у 2,65, 6,52 та 5,1 раза порівняно з максимально допустимими рівнями ДСТУ.

Вміст міді і цинку в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки осіннього строку сівби був нижчий у 8,4 і 1,98, 78 і 40, 23 і 97 разів порівняно з максимально допустимими рівнями ДСТУ.

У головках часнику, коренях моркви та листі петрушки весняного строку сівби вміст кадмію був нижчий у 1,62, 5,17 та 4,17 раза порівняно з максимально допустимими рівнями ДСТУ.

Вміст міді і цинку в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки був нижчим у 9,4 і 2,36, 96 і 57 та 36 і 13,1 раза порівняно з максимально допустимими рівнями ДСТУ.

Аналізуючи коефіцієнт накопичення важких металів у овочах (табл. 2) необхідно відмітити, що цей показник залежав від періоду їх вегетації.

Таблиця 1 – Вміст металів у овочах, мг/кг

Культура	Строк сівби	Кадмій	Мідь	Цинк
Часник	Осінній	0,0112±0,0002	0,595±0,001	5,05±0,02
	Весняний	0,0185±0,0001	0,531±0,001	4,22±0,01
Морква	Осінній	0,0046±0,00009	0,064±0,0004	0,247±0,002
	Весняний	0,0058±0,0002	0,052±0,0004	0,173±0,001
Петрушка	Осінній	0,0058±0,0001	0,215±0,0007	1,03±0,01
	Весняний	0,0067±0,00006	0,137±0,0006	0,76±0,02

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Таблиця 2 – Коефіцієнт накопичення важких металів у овочах

Культура	Строк сівби	Кадмій	Мідь	Цинк
Часник	Осінній	0,051	0,99	5,4
	Весняний	0,084	0,88	4,5
Морква	Осінній	0,021	0,10	0,3
	Весняний	0,026	0,08	0,2
Петрушка	Осінній	0,026	0,35	1,1
	Весняний	0,030	0,22	0,8

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Так, коефіцієнт накопичення кадмію в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки за весняного строку сівби був вищим на 64,7, 23,7, 15,3 % порівняно з аналогічними овочами осіннього посіву.

Коефіцієнт накопичення міді і цинку в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки весняного посіву, навпаки, був нижчим на 11,1 і 16,6, 20 і 30 та 37,1 і 27 % порівняно з аналогічними овочами осіннього строку сівби. Отже, вміст і коефіцієнт накопичення в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки кадмію був вищим, а міді і цинку – нижчим за весняного посіву цих культур порівняно з аналогічними овочами осіннього строку сівби.

Результати досліджень (табл. 3) показали, що коефіцієнт небезпеки кадмію в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки весняного строку сівби був вищим на 54, 26 та 15 % відповідно порівняно з аналогічними овочами осіннього посіву.

небезпеки кадмію коливався від 0,15 до 0,37, міді – від 0,012 до 0,12 та цинку – від 0,024 до 0,50, тимчасом у аналогічних овочах весняного посіву ці показники були в межах від 0,19 до 0,61; від 0,010 до 37,2 та від 0,017 до 0,42. Отже, коефіцієнт небезпеки кадмію, міді та цинку в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки не перевищував показник 1,0, що свідчить про безпечний вміст важких металів у овочах.

Висновки. Встановлено, що вміст кадмію, цинку та міді в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки, вирощених в умовах темно-сірих опідзолених ґрунтів на дослідних територіях Вінниччини, не перевищував максимального допустимих рівнів ДСТУ – 32 3395, 7035:209 та 341 – 91 як осіннього, так і весняного їх висіву.

Вміст та коефіцієнт накопичення і небезпеки кадмію в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки за весняного строку сів-

Таблиця 3 – Коефіцієнт небезпеки важких металів у овочах

Культура	Строк сівби	Кадмій	Мідь	Цинк
Часник	Осінній	0,37	0,12	0,50
	Весняний	0,61	0,10	0,42
Морква	Осінній	0,15	0,012	0,02
	Весняний	0,19	0,010	0,02
Петрушка	Осінній	0,19	0,043	0,10
	Весняний	0,22	0,027	0,07

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Встановлено, що коефіцієнти небезпеки міді та цинку в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки весняного строку сівби були нижчим на 16,6 і 16,1, 16,6 і 29,1 та 37,2 і 30 % відповідно порівняно з аналогічними овочами осіннього посіву.

Водночас необхідно відмітити, що в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки осіннього строку сівби коефіцієнт

був вищим, а цинку і міді – нижчим порівняно з аналогічними овочами осіннього висіву (30.10).

Коефіцієнт небезпеки кадмію, міді та цинку в головках часнику, коренях моркви та листі петрушки, вирощених на дослідних територіях Вінниччини, не перевищував показник 1,0, що свідчить про безпечний вміст важких металів у овочах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Захарчук О.В. Світовий ринок овочів та місце України. Агросвіт. 2018. № 3. С. 3–7.
- Антрапцева Н.М., Пономорьова І.Г. Пошук шляхів підвищення якості овочевої продукції. Вісник Харківського національного аграрного університету. Харків. 2014. № 6. С. 239–240.
- Терьохіна Л.А., Юрлакова О.М. Інноваційний шлях розвитку в овочівництві: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Інститут овочівництва і баштанництва НААН. Пляда. 2017. С. 102–104.
- Кернасюк Ю. Ефективне овочівництво в Україні. Агробізнес сьогодні. 2019. URL: [http://](http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/13931-efektyvne-ovochivnytstvo-v-ukraini.html)

agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/13931-efektyvne-ovochivnytstvo-v-ukraini.html.

- Mogilnaya O.M., Rud V.P., Khareba O.V. Priority of scientific directions of software manufacturing of small views of vegetable plants in Ukraine. Vegetable and Melon Growing. 2018. Volume 64. P. 75–88.

- Яровий Г.І., Романов О.В. Овочівництво: навчальний посібник. Харків: ХНАУ, 2017. 376 с.

- Зимаросєва А. Оцінка впливу кліматичних чинників на просторове варіювання середньої врожайності овочів у відкритому ґрунті в Поліській та Лісостеповій зонах України. Вісник Львівського

національного аграрного університету. Агрономія. 2020. № 24. С. 107–116.

8. Marinescu E. Assessment of heavy metals content in some medicinal plants and spices commonly used in Romania. *Farmacia*. 2020. № 68 (6). P. 1099–1105.

9. Razanov S.F., Razanova A.M., Àmons S.E., Gutsol G.V. Yield, chemical composition and the level of accumulation of heavy metals in the vegetative mass and seeds of milk thistle (*Silybum marianum* L.) in different types of organic fertilizer. *Ecology, environment and conservation*. 2021. № 27 (4). P. 1609–1617.

10. Рубежнюк І.Г. Порівняльна оцінка нормативів забруднення ґрунтів важкими металами в Україні та країнах ЄС. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Біологія, біотехнологія, екологія*. 2016. Вип. 234. С. 228–238.

11. Бондарева О.Б., Коноваленко Л.І., Мілігула О.М. Міграція та накопичення свинцю і кадмію у ґрунті і рослинах під впливом добрив. *Агроекологічний журнал*. 2012. № 3. С. 20–23.

12. Гуцол Г.В. Моніторинг забруднення важкими металами ґрунтів сільськогосподарського призначення Лісостепу Правобережного. *Slovak international scientific journal*. 2020. № 40. С. 12–17.

13. Effect of bean perennial plants growing on soil heavy metal concentrations / Razanov S.F. et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8 (2). P. 294–300.

14. Цицюра Я.Г., Броннікова Л.Ф., Пелех Л.В. Ґрунтовий покрив Вінниччини: генезис, склад, властивості та напрями ефективного використання: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 452 с.

15. Клімат України – Український Гідрометцентр. URL: <https://meteo.gov.ua/ua/33562/climate/climate/>

16. ГОСТ 30178-96. Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів. 2010. 10 с.

17. ДСТУ 3233–95. Часник свіжий. Технічні умови. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України. 1995. 36 с.

18. ДСТУ 7035:2009. Морква свіжа. Технічні умови. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України. 2010.

19. ДСТУ 343–91. Петрушка корневая свежая. Технические условия. Издание официальное. Киев: Госстандарт Украины. 1991. 8 с.

REFERENCES

1. Zakharchuk, O.V. (2018). Svitovui runok ovochiv ta misce Ukrainu [World vegetable market and the place of Ukraine]. *Agrosvit*, no. 3, pp. 3–7.

2. Antraptseva, N.M., Ponomareva, I.G. (2014). Poshuk shluahiv pidvushchennua uakosti ovochevoi produkty [Search for ways to improve the quality of vegetable products]. *Visnyk Kharkivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu* [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University]. Kharkiv, no. 6, pp. 239–240.

3. Teryokhina, L.A., Yurlakova, O.M. (2017). Innovaciynuy shluah rozvutky v ovoshivnuctvi: materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi Instytut ovochivnytstva i bashtanytstva NAAN [Innovative way of development in vegetable growing: proceedings of the international scientific-practical conference Institute of Vegetable and Melon NAAS]. *Pleiades*, pp. 102–104.

4. Kernasjuk, Ju. (2019). Efektyvne ovochivnyctvo v Ukraini [Effective vegetable growing in Ukraine]. *Agrobiznes s'ogodni* [Agribusiness today]. Available at: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/13931-efektyvne-ovochivnytstvo-v-ukraini.html> (Accessed 6 January 2022).

5. Mogilnaya, O.M., Rud, V.P., Khareba, O.V. (2018). Priority of scientific directions of software manufacturing of small views of vegetable plants in Ukraine. *Vegetable and Melon Growing*. no. 64, pp. 75–88.

6. Yarovy, G.I., Romanov, O.V. (2017). Ovochivnytstvo: navchal'nyy posibnyk [Vegetable growing]. Kharkiv, KhNAU, 376 p.

7. Zymarojeva, A. (2020). Ocinka vplyvu klimatychnykh chynnykiv na prostorove varijuvannya seredn'oi' vrozhajnosti ovochiv u vidkrytomu ґрунті v Poliss'kij ta Lisostepovij zonah Ukrainy [Assessment of the climatic factors influence on the spatial variation of the yield of vegetables at open ground in Polissya and Forest-steppe zones of Ukraine]. *Visnyk L'vivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu. Agronomija* [Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy], no. 24, pp. 107–116.

8. Marinescu, E. (2020). Assessment of heavy metals content in some medicinal plants and spices commonly used in Romania. *Farmacia*. no. 68 (6), pp. 1099–1105.

9. Razanov, S.F., Razanova, A.M., Àmons, S.E., Gutsol, G.V. (2021). Yield, chemical composition and the level of accumulation of heavy metals in the vegetative mass and seeds of milk thistle (*Silybum marianum* L.) in different types of organic fertilizer. *Ecology, environment and conservation*. no. 27 (4), pp. 1609–1617.

10. Rubezhnyak, I.G. (2016). Porivnyal'na otsinka normatyviv zabrudnennya ґрунтів vazhkymy metalamy v Ukrayini ta krayinakh EU [Comparative assessment of standards for soil pollution by heavy metals in Ukraine and EU countries]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. Biolohiya, biotekhnolohiya, ekolohiya* [Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Biology, biotechnology, ecology], Issue 234, pp. 228–238.

11. Bondareva, O.B., Konvalenko, L.I., Miligula, O.M. (2012). Migracija ta nakopychennja svyncju i kadmiju u ґрунті i roslynah pid vplyvom dobryv [Migration and accumulation of lead and cadmium in soil and plants under the influence of fertilizers]. *Агроекологічний журнал* [Agroecological journal], no. 3, pp. 20–23.

12. Gucol, G.V. (2020). Monitoryng zabrudnennja vazhkymy metalamy ґрунтів sil'skogospodars'kogo pryznachennja Lisostepu Pravoberezhnoho [Monitor-

ing of heavy metals contamination of agricultural land of Rightbank Forest steppe]. Slovak international scientific journal. no. 40, pp. 12–17.

13. Razanov, S.F., Tkachuk, O.P., Mazur, V.A., Didur, I.M. (2018). Effect of bean perennial plants growing on soil heavy metal concentrations. Ukrainian Journal of Ecology. no. 8 (2), pp. 294–300.

14. Tsitsyura, Y.G., Bronnikova, L.F., Pelekh, L.V. (2017). Gruntovyy pokryv Vinnychchyny: henezys, sklad, vlastyivosti ta napryamy efektyvnoho vykorystannya [Soil cover of Vinnytsia region: genesis, composition, properties and directions of effective use]. Vinnytsia, LLC "Nilan-LTD", 452 p.

15. Klimat Ukrayiny – Ukrayins'kyi Hidrometsentr [Climate of Ukraine – Ukrainian Meteorological Center]. Available at: <https://meteo.gov.ua/en/33562/climate/climate/>

16. GOST 30178–96. Syrovyna i produkty kharchovi. Atomno-absorbtsiynyy metod vyznachennya toksychnykh elementiv [Raw materials and food products. Atomic absorption method for the determination of toxic elements]. Moscow, Standartinform Publ., 2010, 10 p.

17. DSTU 3233–95. Chasnyk svizhyy. Tekhnichni umovy [Fresh garlic. Specifications. Kind]. Kyiv, Derzhstandart, 1995, 36 p.

18. DSTU 7035: 2009. Morkva svizha. Tekhnichni umovy [Fresh carrots. Specifications. Kind]. Kyiv, Derzhstandart, 2010, 9 p.

19. DSTU 343–91. Petrushka kornevaya svezhaya. Tekhnicheskyye usloviya. Izdaniye ofitsial'noye [Fresh parsley root. Technical conditions. The official edition]. Kyiv, Derzhstandart, 1992, 6 p.

Features of the accumulation of heavy metals in vegetables for different periods of their cultivation

Razanov S., Vdovenko S., Piddubna A.

The article is aimed at studying the intensity of the accumulation of heavy metals (cadmium, copper, zinc) in vegetables of different growing seasons on

dark gray podzolized soils in the Tyvrovsky district of Vinnitsa region.

The results of studies on the study of the features of the accumulation of cadmium, zinc and copper in garlic, carrots and parsley, depending on the period of their vegetation, are presented. Varieties were selected for research: Lyubasha for garlic, Greta for carrots, and Naida for parsley. The period of sowing garlic, carrots and parsley was carried out throughout 2020–2021: in the autumn period – at the end of October and in the spring – the last decade of April. For the study, the vegetative mass of parsley, root crops of carrots and heads of winter garlic were used. The selection of vegetables was made by the method of point samples from each batch of autumn and spring sowing.

Based on the results of the analysis of primary sources, the dependence of vegetable crops on environmental factors, in particular, agro-climatic indicators, was determined; features of assimilation by vegetables during the growing season of the main nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium); accumulation of heavy metals by plants. The article presents the results of our own field and laboratory research. It has been established that the content of cadmium, zinc and copper in garlic of the Lyubasha variety, carrot of the Greta variety and parsley of the Naida variety did not exceed the maximum allowable levels of DSTU-323395 for both autumn and spring sowing. It was found that the content and coefficient of accumulation and danger of cadmium in garlic, carrots and parsley during their spring sowing was higher, and zinc and copper were lower compared to similar vegetables in autumn sowing.

In general, the hazard coefficient of cadmium, zinc and copper in garlic, carrots and parsley grown in the experimental areas did not exceed 1.0, which indicates the safe content of these heavy metals in vegetables.

Key words: carrots, parsley, garlic, cadmium, zinc, copper, hazard coefficient, accumulation coefficient, concentration.



Copyright: Разанов С.Ф., Вдовенко С.А., Піддубна А.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.

ORCID iD:

Разанов С.Ф.


Вдовенко С.А.

<https://orcid.org/0000-0002-4883-2696>

<https://orcid.org/0000-0003-4991-7234>



УДК 635.262"324":631.526.3-024.86(477.4) 4БНАУ

Біологічний потенціал сортів і місцевих форм часнику озимого в умовах Правобережного Лісостепу УкраїниСич З.Д.¹ , Кубрак С.М.¹ , Мереженюк В.А.²¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Інститут часниківництва™ Кубрак С.М. E-mail: kubraksweta@ukr.net

Сич З.Д., Кубрак С.М., Мереженюк В.А. Біологічний потенціал сортів і місцевих форм часнику озимого в умовах Правобережного Лісостепу України. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 114–121.

Sych Z., Kubrak S., Merezeniuk V. The biological potential of winter garlic varieties and local forms under conditions of the right bank forest steppe of Ukraine. «Agrobiologia», 2022. no. 1, pp. 114–121.

Рукопис отримано: 11.04.2022 р.

Прийнято: 26.04.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-114-121

Умови розвитку овочівництва у 2022 році під час воєнного стану вимагають особливої уваги до самозабезпечення вітчизняною продукцією. Це стосується і часнику, основну частину якого поставляли з Китаю. Нестачу часникової продукції в Україні можливо компенсувати завдяки впровадженню у виробництво сортів і мутантних місцевих форм як вітчизняної, так і зарубіжної селекції. Однак часник озимий належить до овочевих культур, які погано пристосовуються до змін умов навколишнього середовища та не розкривають свого біологічного потенціалу. Інтродукція місцевих форм і сортів з одних регіонів в інші потребує додаткового вивчення. Дослідження проводили в умовах дослідного поля Білоцерківського НАУ у Правобережному Лісостепу України. Вивчено 65 сортів і місцевих форм часнику озимого. Робочу колекцію зібрано із зразків, які завезені з Вінницької, Дніпропетровської, Київської, Кіровоградської, Чернігівської і Черкаської областей. За контроль використовували сорт Прометей, створений в Уманському університеті садівництва. Дослідження проводили відповідно до Методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Густота рослин становила 357 тис. рослин/га. Погодні умови 2020–2021 рр. були сприятливими для росту і розвитку рослин та формування врожаю озимого часнику.

В середньому за 2020–2021 рр. найбільші за діаметром головки формувалися у варіантів Любаша (5,5 см), Айдер (5,2 см), ІОБ00117 (5,2 см). Середня маса їх була найвищою у зразків Дюшес (55 г), Любаша (68 г), Айдер (65 г). Істотно більшу врожайність головок часнику озимого зібрано від вирощування рослин сортів Любаша (20,3 т/га) та Айдер (19,4 т/га). Найбільшу частку товарних головок спостерігали у Любаші, Дюшесу, Айдера та зразків з Інституту овочівництва та баштанництва – ІОБ00117, ІОБ00003, де цей показник становив від 81 до 84 %.

Отже, за даними проведених досліджень 2020–2021 рр. найкращими за діаметром, масою головки та врожайністю виявилися зразки Любаша, Айдер. Найвищим виходом товарного врожаю характеризувалися Любаша, Дюшес, Айдер та зразки ІОБ00117, ІОБ00003.

Ключові слова: сорти, місцеві форми, часник озимий, маса головки, урожайність, товарність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Проблему нестачі продукції часнику озимого для населення України може бути вирішено впровадженням у виробництво українських місцевих форм та сортів, які вирощують в інших регіонах та за кордоном. Однак часник погано адаптується до змін умов навколишнього середовища. Отже, вивчення впливу

змін зовнішніх чинників на ріст і розвиток рослин часнику озимого та формування якісного товарного врожаю різних сортів і місцевих форм є актуальним.

Часник (*Allium sativum* L.) використовують у всьому світі в кулінарії та промисловості, зокрема фармакології, медицині та косметичці, завдяки його цілющим властивостям [3, 4, 7, 14].

Зубки часнику містять важливі для харчування людини елементи, зокрема кальцій, залізо, калій, фосфор, натрій, магній, мідь і цинк [9]. Окрім того, він є одним з кращих попередників для різних овочевих культур, які виносять з ґрунту мало поживних речовин та покращують його фітосанітарний стан [18, 24].

Відомо, що один і той самий сорт може по-різному реагувати на умови середовища і проявляти свій біологічний потенціал, формуючи врожай різної якості [2, 5, 6]. Це пов'язано з високою фенотиповою пластичністю часнику, ймовірно через складний геном, який має компенсувати відсутність у нього статевого розмноження [1, 8].

Своєрідне репродукування часнику могло призвести до низької різноманітності сортів, оскільки процес мейозу не впливає на клонове розмноження вегетативним способом [8]. Незважаючи на це, деякі місцеві форми демонструють дивно високе біорізноманіття, а також здатність адаптації до середовища та фенотипову пластичність [9]. Це сприяє виникненню великої кількості соматично-мутантних місцевих форм або сортів часнику, які традиційно класифіковані за агроморфологічними ознаками та мало вивчені. Незначну кількість сортів озимого часнику пропонує виробникам і Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Станом на 2022 р. їх лише 16 назв [11].

Вирощування часнику озимого на великих площах залишається ризикованою справою. Морфологічні та біологічні особливості його вивчено не повною мірою, отримати максимальну врожайність високої якості складно, а інколи і неможливо. Часник озимий належить до групи морозостійких овочевих культур, які впродовж осені, зими та весни переносять значне зниження температури, унаслідок чого виникає ризик загибелі нестійких форм [7, 16, 17]. Водночас сорти та місцеві форми мають великий попит як у виробництві, так і серед населення. Вони поєднують цінні властивості високого вмісту біологічно активних речовин у головках (селену, ефірної олії), врожайності, маси зубка і тривалого періоду зберігання [16, 17].

Отже, вивчення нових, місцевих та завезених з інших країн сортів за комплексом господарсько цінних ознак в умовах Правобережного Лісостепу України є актуальним.

Мета дослідження – виявити найкращі сорти та місцеві форми за діаметром і масою головки, урожайністю та товарністю в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2020–2021 рр. в

умовах Правобережного Лісостепу України. Колекцію часнику озимого становили майже 65 сортів та місцевих форм з різних областей України: Вінницької, Дніпропетровської, Київської, Кіровоградської Чернігівської і Черкаської. Оцінювання сортозразків здійснювали згідно з Методикою дослідної справи в овочівництві і баштанництві [15]. За контроль використано сорт селекції Уманського національного університету садівництва Прометей.

Ґрунт дослідної ділянки належав до чорноземів типових малогумусних середньосуглинкових. Вирощування здійснювали за загальноприйнятою технологією [10]. Сорти часнику озимого висаджували за схемою 35 x 8 см (густота 357 тис. рослин / га) так, щоб до замерзання ґрунту рослини могли сформува-ти добре розвинену кореневу систему (третя декада жовтня). Площа облікової ділянки – 0,28 м².

Головки часнику починали збирати тоді, коли з'являлися ознаки всихання листків на стеблі у першій половині липня. Після викопування підземних цибулин згідно зі стандартом їх сортували на товарні і нетоварні та зважували окремо [13]. Коефіцієнт фенотипової стабільності Левіса (SF) вираховували за формулою $SF = HE / LE$, де HE і LE відповідно високе та низьке значення врожаю в різні роки досліджень [15, 19].

Отримані дані аналізували за допомогою статистичних методів дисперсійного аналізу, викладених у наукових працях Б.О. Доспехова, З.Д. Сича та з використанням комп'ютерної програми "Statistica-7" [12, 19].

Результати дослідження та обговорення.

Аналіз морфологічних ознак різних сортів та місцевих форм часнику озимого показав їх широкую мінливість (табл. 1). Так, на діаметр підземної цибулини зразків у колекційному розсаднику впливали спадкові чинники і погодні умови.

Згідно зі стандартом кондиційною прийнято вважати головку часнику, діаметр якої становить не менше 4 см [13]. За результатами досліджень 2020–2021 рр. малі цибулини формувалися на рослинах сорту Спас та Промінь – відповідно 3,7 і 4,2 см (рис. 1). Частка відхилення від контролю діаметра головки в них становить відповідно 23 та 13 %.

Істотно більшими за цим показником були головки зразків Любаша (5,5 см), Айдер (5,2 см) та ЮБ00117 (5,2 см). Частка відхилення від контролю діаметра головки в них становить відповідно 15,8 і 8 %. Це зумовлено явищем спадкового прояву генів кожного сорту за однакового рівня технологічних заходів та погод-

них умов. Сорт Любаша належить до одного із найбільших за розміром головки, що пов'язано з його генетичними особливостями. Сорт Айдер створено в результаті багаторазових доборів клонів із природних соматичних мутантів з популяції Любаші, тому ця ознака також наявна в генотипі сорту.

Впродовж 2020–2021 рр. в колекційному розсаднику часнику озимого за діаметром головки були виявлені представники, в яких середнє значення знаходилося майже на рівні з контролем Прометей (4,8 см): Дюшес (4,6 см), Лідер (4,6 см), ІОБ00003 (5,0 см), ІОБ00015 (4,8 см). Отже, в середньому за два роки проведених досліджень істотно більші за діаметром

формувався головки на рослинах сортів Любаша (5,5 см), Айдер (5,2 см) та місцевої форми ІОБ00117 (5,2 см). Вони перевищували контроль Прометей відповідно на 0,7; 0,4; 0,4 см, що становило 8–15 %.

Оцінювання середньої маси головки у сорті та місцевих форм часнику озимого впродовж 2020–2021 рр. показало суттєву мінливість ознаки серед зразків (табл. 1). Так, істотно важчі підземні цибулини формувалися у рослин Любаші (68 г), Айдеру (68 г), Дюшесу (55 г). Це перевищувало контроль відповідно на 16 (31 %), 13 (25 %) та 3 г (6 %). В контролю сорту Прометей середня маса головки становила 52 г (рис. 2).

Таблиця 1 – Морфологічні ознаки діаметр та маса головки сортозразків часнику озимого в колекційному розсаднику (середнє за 2020–2021 рр.).

Назва зразка	Діаметр головки, см	Відхилення від контролю діаметра головки		Маса головки, г	Відхилення від контролю маси головки	
		см	%		г	%
Прометей (контроль)	4,8	-	-	52	-	-
Спас	3,7	-1,1	-23	45	-7	-13
Любаша	5,5	0,7	15	68	16	31
Дюшес	4,6	-0,2	-4	55	3	6
Айдер	5,2	0,4	8	65	13	25
Промінь	4,2	-0,6	-13	47	-5	-10
Лідер	4,6	-0,2	-4	51	-1	-2
ІОБ00003*	5,0	0,2	4	42	-10	-19
ІОБ00117*	5,2	0,4	8	44	-8	-15
ІОБ00015*	4,8	0	0	37	-15	-29
НІР ₀₅	0,27			1,5		

Примітка: номери подано за каталогом Національного центру генетичних ресурсів рослин України.

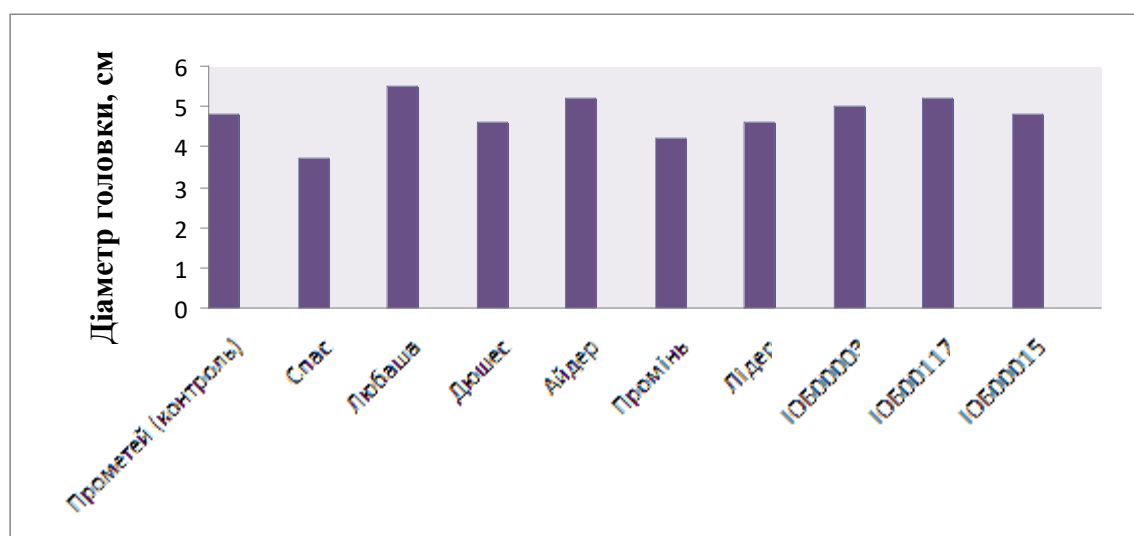


Рис. 1. Діаметр головки різних сортозразків часнику озимого (середнє за 2020–2021 рр.).

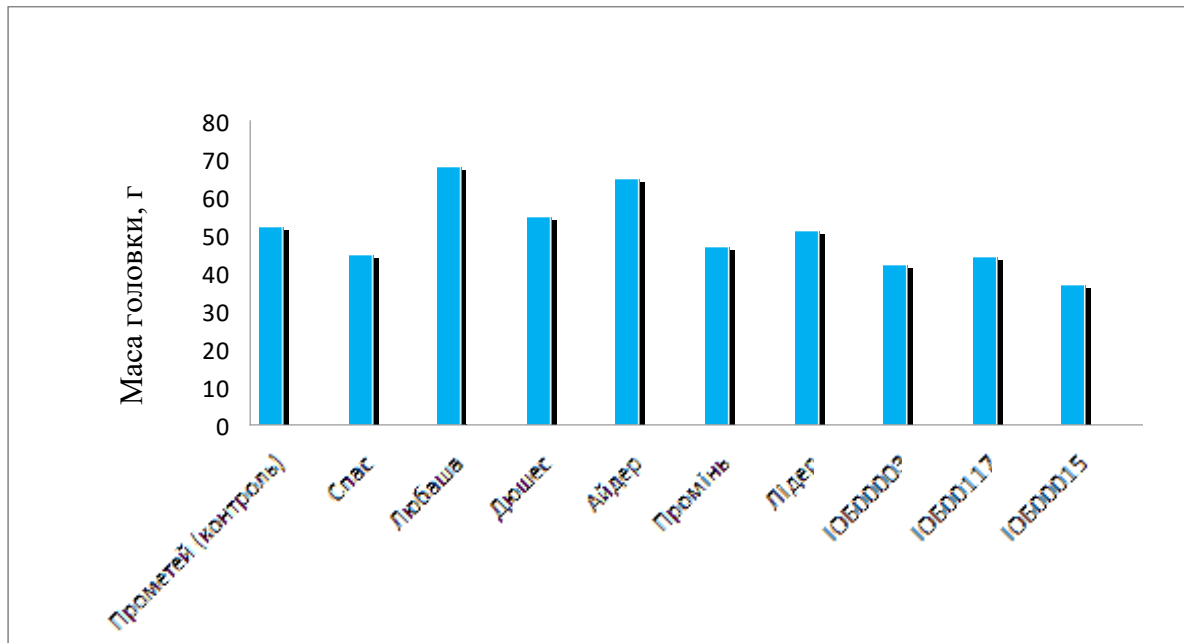


Рис. 2. Маса головки різних сортозразків часнику озимого (середнє за 2020–2021 рр.).

Малі за масою головки порівняно з сортом Прометей спостерігали у зразків Спас, Промінь, ЮБ00003, ЮБ00017, ЮБ00015. Їх значення становило 45, 47, 42, 44, 37 г, що на 13, 10, 19, 15, 29 % менше за контроль.

У рослин сорту Лідер середня маса головки формувалася лише на 1 г менше порівняно з контролем, де цей показник становив 52 г. Частка відхилення від маси головки контролю Прометей була лише 2 %.

В результаті проведених досліджень виявлено, що середня маса головок у різних сортозразків колекційного розсадника часнику була найвищою впродовж 2020–2021 рр. у сортів Любаша, Дюшес і Айдер – відповідно 68, 55, 65 г.

Врожайність сортів та місцевих форм колекційного розсадника часнику озимого коливалася залежно від погодних умов року та генетичних особливостей зразків (табл. 2).

Ґрунти дослідної ділянки належали до чорноземів типових та за гранулометричним складом до суглинків. Отже, такі ґрунти є придатними для вирощування часнику озимого. Найкращі погодні умови спостерігали впродовж 2021 року, що вплинуло на більшу врожайність головок часнику озимого.

Так, найвищу врожайність у 2020 р. отримали від вирощування сортів Любаша та Айдер. Цей показник становив відповідно 19,7 та 18,8 т/га, що пов'язано з генетичними особливостями формувати великі головки. У

контролю сорту Прометей врожайність товарних головок становила 14,9 т/га. Майже на рівні з контролем вона була в зразка Дюшес – 14,3 т/га. Трохи нижчою, однак на високому рівні була врожайність головок у сортів Промінь і Лідер та місцевих форм ЮБ00117 і ЮБ00003. Цей показник становив у них відповідно 11,1 і 12,6 та 12,4 і 11,6 т/га. Найнижчу врожайність підземних цибулин формували рослини зразків Спас (10,5 т/га), ЮБ00015 (9,2 т/га).

Весною і на початку літа 2021 р. погодні умови виявилися більш сприятливими, ніж у 2020 р., випала більша кількість опадів, особливо на початку вегетації рослин, що позитивно позначилося на їх рості і розвитку. У другій половині червня спостерігали високі температури і меншу кількість опадів, що добре вплинуло на визрівання товарних головок та зменшення ймовірності зараження хворобами.

Врожайність товарних головок в 2021 р. збільшилася у всіх зразків часнику озимого порівняно з 2020 р. Найвищою врожайністю впродовж 2021 р. характеризувалися сорти Любаша, Дюшес та Айдер – відповідно 20,9; 17,5 та 20,0 т/га. Це зумовлено їх генетичними особливостями формувати великі головки.

Нижчою за контроль відповідно на 4,7; 3,1; 2,6; 2,2; 2,2 т/га була врожайність товарних головок часнику озимого у зразків ЮБ00015, Промінь, ЮБ00003, ЮБ00117, Лідер.

Таблиця 2 – Урожайність сортозразків часнику озимого у колекційному розсаднику (середнє за 2020–2021 рр.)

Назва зразка	Урожайність, т/га			Коефіцієнт фенотипової стабільності Левіса (SF)	Товарність, %
	2020 р.	2021 р.	Середнє за 2020-2021 рр		
Прометей (контроль)	14,9	15,8	15,4	1,1	84
Спас	10,5	13,5	12,0	1,3	75
Любаша	19,7	20,9	20,3	1,1	84
Дюшес	14,3	17,5	15,9	1,2	81
Айдер	18,8	20,0	19,4	1,1	84
Промінь	11,1	13,2	12,2	1,2	76
Лідер	12,6	13,6	13,1	1,1	72
ЮБ00003	11,6	12,7	12,2	1,1	81
ЮБ00117	12,4	13,6	13,0	1,1	83
ЮБ00015	9,2	11,1	10,2	1,2	76
НІР ₀₅			4,0		

У середньому за два роки досліджень виявлено, що істотно більшу врожайність головок часнику озимого отримали від вирощування рослин сортів Любаша та Айдер – відповідно 20,3 та 19,4 т/га. Високою вона була і у зразків Дюшес (15,9 т/га), Лідер (13,1 т/га), ЮБ00117 (13,0 т/га), однак істотної різниці не спостерігали. У контролю Прометей цей показник становив 15,4 т/га. Істотно меншу урожайність головок у різних зразків часнику озимого в колекційному розсаднику впродовж 2020–2021 рр. спостерігали за вирощування варіантів Спас (12,0 т/га), Промінь (12,2 т/га), ЮБ00003 (12,2 т/га) та ЮБ00015 (10,2 т/га).

Оцінювання колекційного розсадника часнику озимого впродовж 2020–2021 рр. за фенотиповою стабільністю зразків (коефіцієнт Левіса (SF)) показало високу адаптаційну здатність до умов Правобережного Лісостепу України. Найкраще пристосувалися: Любаша, Айдер, Лідер, ЮБ00003, ЮБ00117. Коефіцієнт Левіса у них становить 1,1, що наближається майже до ідеальної стабільності (1,0). Дещо гірші результати отримали від вирощування сортів Спас, Дюшес, Промінь та місцевої форми ЮБ00015. Показник фенотипової стабільності був 1,2 за винятком сорту Спас, де він становив аж 1,3.

Сортування врожаю різних сортів та місцевих форм колекційного розсадника часнику озимого на товарну і нетоварну частину дало змогу оцінити їх за ознакою товарності. Високу товарність виявили у сортів Любаша (84 %), Дюшес (81 %), Айдер (84 %) та місцевих форм ЮБ00003 (81 %), ЮБ00117 (83 %). У сорту Прометей (контроль) товарність головок становила 84 %. Низькою вона була у сортів Лідер, Спас, Промінь та зразка ЮБ00117 – відповідно 72, 75, 76, 76 %. Водночас у сорту Лідер формувалися нетоварні головки, в яких верхні 2–3 покривні луски часто розпадалися, і оголювалися окремі зубки. Такі сорти довго не зберігалися. Всі інші варіанти формували дрібну підземну цибулину з діаметром головки менше 4 см.

Висновки. За результатами вивчення сортів та місцевих форм колекційного розсадника часнику озимого найбільшими за діаметром головки виявилися: Любаша (5,5 см), Айдер (5,2 см), ЮБ00117 (5,2 см). Найкращими за масою головки були сорти Дюшес (55 г), Любаша (68 г), Айдер (65 г). Найвищою врожайністю характеризувалися зразки Любаша та Айдер. Урожайність у них становила відповідно 20,3 та 19,4 т/га. Кращими за товарністю були Любаша, Дюшес, Айдер, ЮБ00117, ЮБ00003, де цей показник коливався від 81 до 84 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Al-Zahim M., Ford-Lloyd B., Newbury H. Detection of somaclonal variation in garlic (*Allium sativum* L.) using RAPD and cytological analysis. *Plant Cell Rep.* 1999. 18. P. 473–477. DOI: 10.1007/s002990050606.
2. Changes in Phenolic Compounds in Garlic (*Allium sativum* L.) Owing to the Cultivar and Location of Growth / Beato V.M. et al. *Plant. Foods Hum. Nutr.* 2011. 66. P. 218–223.
3. A comprehensive survey of garlic functionality, in *Garlic Consumption and Health* / Cardelle-Cobas A. et al. eds M. Pacurar and G. Krejci (Hauptpage: Nova Science Publishers, Inc). 2010. P. 1–60.
4. Corzo-Martínez M., Corzo N., Villamiel M. Biological properties of onions and garlic. *Trends Food Sci. Technol.* 2007. 18. P. 609–625. DOI: 10.1016/j.tifs.2007.07.011.
5. Assessment of Genetic Diversity and Structure of Large Garlic (*Allium sativum*) Germplasm Bank, by Diversity Arrays Technology “Genotyping-by-Sequencing” Platform (DArTseq) / Egea L.A. et al. *Front. Genet.* 2017. 8(98). DOI: 10.3389/fgene.2017.00098.
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. Goncagul G., Ayaz E. Antimicrobial Effect of Garlic (*Allium sativum*) and Traditional Medicine. *J. Anim. Veter. Adv.* 2010. 9. P. 1–4.
8. Integrated transcriptome catalogue and organ-specific profiling of gene expression in fertile garlic (*Allium sativum* L.) / Kamenetsky R. et al. *BMC Genomics.* 2015. 16(12). DOI: 10.1186/s12864-015-1212-2.
9. Volk G.M., Henk A.D., Richards C.M. Genetic diversity among U.S. Garlic clones as detected using AFLP methods. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 2004. 129. P. 559–569.
10. Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Сучасні технології в овочівництві. Харків: ІОБ УААН, 2001. 128 с.
11. Державний реєстр сортів рослин, придатний для поширення в Україні у 2022 році / Н.В. Грюнвальд та ін. 2022. 532 с. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
13. 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.
14. Захарчук О.В. Світовий ринок овочів та місце України. *Агросвіт.* 2018. № 3. С. 3–7.
15. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. Харків: Основа, 2001. 370 с.
16. Сич З.Д., Кубрак С.М. Основні аспекти розвитку овочівництва в Україні. Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві: зб. тез міжнар. наук.-практ. конфер. Біла Церква: Білоцерківський НАУ, 2021. С. 24–26.
17. Сич З.Д., Кубрак С.М. Оцінка сортів і місцевих форм часнику озимого за господарсько цінними ознаками в умовах Правобережного Лісостепу України. *Агробіологія.* Вип. 1 (157). Біла Церква, 2020. С. 169–174. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-169-174.
18. Сич З.Д., Кубрак С.М. Часник у короткочасній овочевій сівозміні. The world of science and innovation. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 2021. P. 1026–1029. URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-the-world-of-science-and-innovation-14-16-yanvarya-2021-goda-london-velikobritaniya-arhiv/>.
19. Сыч З.Д. Методические рекомендации по статистической оценке селекционного материала овощных и бахчевых культур. Харьков: ИОБ УААН, 1993. 72 с.
20. Действие органо-минеральных удобрений на урожай и качество чеснока / Эйвазов А. Г. и др. Овочівництво і баштанництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку. Науковий тиждень у Крутах – 2017: зб. тез третьої міжнар. наук.-практ. конф. Одеса: Друкарник, 2017. Т. 2. 398 с.

REFERENCES

1. Al-Zahim, M., Ford-Lloyd, B., and Newbury, H. (1999). Detection of somaclonal variation in garlic (*Allium sativum* L.) using RAPD and cytological analysis. *Plant Cell Rep.* no. 18, pp. 473–477. DOI: 10.1007/s002990050606.
2. Beato, V.M., Orgaz, F.; Mansilla, F., Montaño, 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.
3. Cardelle-Cobas, A., Soria, A.C., Corzo-Martínez, M., Villamiel, M. (2010). A comprehensive survey of garlic functionality, in *Garlic Consumption and Health*, eds M. Pacurar and G. Krejci (Hauptpage: Nova Science Publishers, Inc). pp. 1–60.
4. Corzo-Martínez, M., Corzo, N., Villamiel, M. (2007). Biological properties of onions and garlic. *Trends Food Sci. Technol.* no. 18, pp. 609–625. DOI: 10.1016/j.tifs.2007.07.011.
5. Egea L.A., Mérida-García R., Kilian A., Hernandez P., Dorado G. (2017). Assessment of Genetic Diversity and Structure of Large Garlic (*Allium sativum*) Germplasm Bank, by Diversity Arrays Technology “Genotyping-by-Sequencing” Platform (DArTseq). *Front. Genet.* 8(98). DOI: 10.3389/fgene.2017.00098.
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. Goncagul, G., Ayaz, E. (2010). Antimicrobial Effect of Garlic (*Allium sativum*) and Traditional Medicine. *J. Anim. Veter. Adv.* no. 9, pp. 1–4.

8. Kamenetsky, R., Faigenboim, A., Mayer, E., Ben Michael, T., Gershberg, C., Kimhi, S., et al. (2015). Integrated transcriptome catalogue and organ-specific profiling of gene expression in fertile garlic (*Allium sativum* L.). *BMC Genomics*. 16(12). DOI: 10.1186/s12864-015-1212-2.

9. Volk, G.M., Henk, A.D., Richards, C.M. (2004). Genetic diversity among U.S. Garlic clones as detected using AFLP methods. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* no. 129, pp. 559–569.

10. Bondarenko, H.L., Yakovenko, K.I. (2001). Suchasni tekhnologii v ovochivnytstvi [Modern technologies in vegetable growing]. Kharkiv, IOB UAAN, 128 p.

11. Hriunvald, N.V. (2022). Derzhavnij rejestr sortiv roslin, pridatnij dlja poshirennya v Ukraïni u 2022 roci [State register of plant varieties, suitable for distribution in Ukraine in 2022]. 532 p. Available at: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.

12. Dospheov, B.A. (1985). Metodika polevogo opyta [Field Experience Technique]. Moscow, Agropromizdat, 351 p.

13. DSTU ISO 6663-2002 Chasnik. Zberigannya 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.

14. Zakharchuk O.V. (2018). Svitoviy rynek ovochiv ta mistse Ukrainy [World vegetable market and place of Ukraine], no. 3, Ahrosvit, pp. 3–7.

15. Bondarenko, G.L., Jakovenko, K.I. (2001). Metodika doslidnoi' spravi v ovochivnictvi i bashtanictvi [Methodology of experimental business in vegetable growing and melons]. Kharkiv, Osnova, 370 p.

16. Sych, Z.D., Kubrak, S.M. (2021). Osnovni aspekty rozvytku ovochivnytstva v Ukraini [The main aspects of vegetable development in Ukraine]. Aharna osvita ta nauka: dosiahnennia, rol, faktory rostu. Innovatsiini tekhnologii v ahronomii, zemleustroi, elektroenerhetytsi, lisovomu ta sadovo-parkovomu hospodarstvi: zb. tez mizhnar. nauk.-prakt. konfer. [Agricultural education and science: achievements, role, growth factors. Innovative technologies in agronomy, land management, electricity, forestry and horticulture]. Bila Tserkva, Bila Tserkva NAU, pp. 24–26.

17. Sych, Z.D., Kubrak, S.M. (2020). Otsynuvannya 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. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-169-174.

18. Sych, Z.D., Kubrak, S.M. (2021). Chasnyk u korotkorotatsiinii ovochevii sivozmini [Garlic in short-rotation vegetable crop rotation]. The world of science and innovation. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. London, United Kingdom.

pp. 1026–1029. Available at: <https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-the-world-of-science-and-innovation-14-16-yanvary-2021-goda-london-velikobritaniya-arhiv/>.

19. Sych, Z.D. (1993). Metodicheskie rekomendacii postatisticheskoy ocenke selekcionnogo materiala ovoshnyh i bahchevyh kul'tur [Guidelines for the statistical assessment of breeding material of vegetable and melons]. Kharkiv, IOB UAAN, 72 p.

20. Jeivazov, A.H., Hulyev, Sh.B., Soluianova, T.H., Asadova, A.Sh, Mamedova, Je.A. (2017). Deistvie orhano-myneralnykh udobreniy na urozhai y kachestvo chesnoka [The effect of organo-mineral fertilizers on the yield and quality of garlic]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: istorychni aspekty, suchasnyi stan, problemy i perspektyvy rozvytku. Naukovyi tyzhden u Krutakh – 2017: zb. tez tretoi mizhnar. nauk.- prakt. konf. [Vegetable and melons: historical aspects, current status, problems and development prospects materials VIII International scientific and practical conference]*. Odesa, Drukaryk, Vol. 2, pp. 398–400.

The biological potential of winter garlic cultivars and local forms under conditions of the right bank forest steppe of Ukraine

Sych Z., Kubrak S., Merezheniuk V.

The modern olericulture development needs special attention to self-sufficiency in domestic products under the war conditions in 2022. It has some relation to garlic production as well. The garlic has been supplied by China. It is possible to compensate the garlic shortage in Ukraine by the implementation of the hybrid cultivars of domestic and foreign breeding in garlic production. However, the winter garlic is considered to be a vegetable that is poorly adapted to weather changes and it doesn't show its biological potential. The domestic variety introduction of garlic from one local region to another requires an additional research.

The research has been done in the experimental field of Bila Tserkva NAU (The Right Bank Forest-Steppe of Ukraine). 65 cultivars of winter and local garlic have been studied. The test samples include garlic that has been delivered from Vinnytsia, Dnipro, Kyiv, Kirovohrad, Chernihiv, Cherkasy regions. The variety Prometheus has been taken as a control sample. This variety has been bred in Uman National University of Horticulture. The research has been done in accordance with the olericulture and melon growing research method.

In 2020 and 2021, the weather conditions were good for plant growth and formation of the winter garlic yield. The plant density was 357 000 plants per ha.

On average, in 2020 and 2021, the cultivar Lubasha, Ayder, IOB0017 had the biggest garlic heads in diameter (Lubasha – 5.5 cm, Ayder – 5.2 cm, IOB0017 – 5.2 cm). The samples of Duchess, Lubasha, Ayder had the highest average weight (Duchess – 55 g, Lubasha – 68 g, Ayder – 65 g). The cultivars Lubasha and Ayder had given the biggest yield of winter garlic heads (Lubasha – 20,3 t/ha, Ayder – 19,4 t/ha). The biggest amount of marketable garlic heads had been noticed in

the varieties Lubasha, Duchess, Ayder and in the cultivars IOB00117, IOB00003 from the Institute of Vegetable and Melon growing, where this result ranged from 81 % to 84 %.

As a result of the conducted research, the best cultivars have been identified. The samples of Lubasha,

Duchess, Ayder varieties have the biggest garlic heads in diameter, mass and in the amount of yield. Also, Lubasha, Duchess, Ayder, IOB0017 and IOB00003 have the biggest marketable yield amount.

Key words: cultivars, local forms, winter garlic, weight of the bulb, yield productivity, marketability.



Copyright: Сич З.Д., Кубрак С.М., Мереженюк В.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.



ORCID iD:

Сич З.Д.


Кубрак С.М.

<https://orcid.org/0000-0002-2780-2869>

<https://orcid.org/0000-0002-3836-5940>

УДК 634.18-021.4+664.858

Формування якості ягід і варення різних сортів аронії чорноплідної

Любич В.В.¹ , Чернега А.О.¹ , Євчук Я.В.¹ , Войтовська В.І.² ¹ Уманський національний університет садівництва² Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України Любич В.В. E-mail: LyubichV@gmail.com

Любич В.В., Чернега А.О., Євчук Я.В., Войтовська В.І. Формування якості ягід і варення різних сортів аронії чорноплідної. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 122–128.

Liubych V., Cherneha A., Yevchuk Ya., Voitovska V. Quality formation of berries and jam of different chokeberry varieties. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 122–128.

Рукопис отримано: 04.05.2022 р.

Прийнято: 19.05.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-122-128

У статті наведено результати досліджень формування якості ягід і варення різних сортів аронії чорноплідної за показниками біохімічної складової, вмісту вітамінів, мінеральних елементів. Розраховано інтегральний скор для вітамінів і мінеральних елементів у свіжих ягодах і варенні. Встановлено, що вміст органічних кислот, білка, клітковини і вуглеводів у ягодах аронії чорноплідної сорту Кутно був достовірно нижчим порівняно з сортом Белдер. У варенні біохімічна складова відрізнялась від свіжих ягід. Вміст досліджених складових був у 2,0–3,0 рази нижчим порівняно зі свіжими ягодами. Слід відзначити, що вміст вуглеводів був у 6,8–6,9 рази вищим, завдяки додаванню цукру до варення аронії чорноплідної.

У свіжих ягодах аронії чорноплідної сорту Кутно вміст вітамінів А, В₃, Е і С був істотно нижчим порівняно з сортом Белдер. Вміст вітаміну С був найвищим і становив 110–140 мг/100 г ягід залежно від сорту аронії чорноплідної. Збереження вітамінів у варенні було різним. Так, вміст вітамінів В₁ і В₂ був однаковим у свіжих ягодах і варенні. Вміст вітамінів А, В₃, Е і С був у 1,7–3,7 рази нижчим порівняно зі свіжими ягодами.

З досліджених мінеральних елементів вміст калію у свіжих ягодах і варенні з аронії чорноплідної був найвищим. Вміст заліза був найменшим – 1,0–1,3 мг/100 г у свіжих ягодах і 1,0–1,1 мг/100 г у варенні. Слід відзначити, що вміст заліза, магнію, кальцію, фосфору та калію у свіжих ягодах аронії чорноплідної сорту Кутно був істотно меншим порівняно з сортом Белдер. Свіжі ягоди аронії чорноплідної сорту Белдер за фактичної вологості та в перерахунку на суху масу мали перевагу за вмістом мінеральних елементів. У варенні вміст магнію був у 1,2–1,3 раза, кальцію – у 1,5, фосфору – в 2,7, калію – у 5,7–6,7 рази нижчим порівняно зі свіжими ягодами.

Свіжі ягоди аронії чорноплідної найбільше задовольняють добову потребу організму людини фосфором – на 10 %. Інтегральний скор для магнію і заліза становив 6–9 % залежно від сорту. Найменше свіжі ягоди аронії чорноплідної задовольняють потребу натрієм – на 0,1 %. Інтегральний скор для кальцію і калію був 3–4 %. Найбільше добову потребу 100 г варення задовольняє залізом – на 7–8 %. Найменше натрієм – на 0,1 %. Інтегральний скор для кальцію, калію, магнію і фосфору становив 1–6 % залежно від сорту аронії чорноплідної.

Ключові слова: аронія чорноплідна, свіжі ягоди, варення, біохімічна складова, вітаміни, мінеральні елементи, інтегральний скор.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Аронія чорноплідна (*Aronia melanocarpa* (Michaux) Elliott.) – один із трьох видів роду *Aronia*. Аронія чорноплідна (чорноплідна горобина, чорна горобина) – вид із нижчими вимогами до умов вирощування родини Rosaceae, центром походження якого є Північна Америка. Нині аронію культивують у країнах Східної Європи [1].

Кущ аронії може вирости до 2–3 м заввишки, які в травні–червні утворюють суцвіття з майже 20–30 дрібними білими квітками. Ягоди у повній стиглості мають пурпурно-чорне забарвлення діаметром 6–13 мм і масою 0,5–2,0 г [2]. Аронія холодостійка і морозостійка культура, витримує до -30 °С і не чутлива до весняних заморозків завдяки пізньому цвітінню. Плід містить багато цукру (12–20 % розчинних сухих речовин), має титровану кислотність від 0,7 до 1,4 град [3]. Аронія чорноплідна має дуже високий вміст поліфенолів [4], зокрема фенольних кислот, проантоціанідів, антоціанів (560–1050 мг/100 г свіжих ягід), флавонолів тощо. Плоди мають високу антиоксидантну активність [5]. Крім цього, мають високий вміст ціанідин-3-арабінозиду, ціанідин-3-галактозиду [6], антоціанів [7].

Плоди чорноплідної горобини використовують для виробництва джемів, варення, соків, напоїв і як натуральний барвник харчових продуктів [8, 9]. Однак через терпкість ягоди аронії не належать до столових фруктів. У Польщі її вирощують переважно для виробництва соку, хоча плоди аронії чорноплідної стійкі до пошкоджень під час транспортування. Їх можна зберігати у холодильній камері впродовж кількох тижнів після збирання, без втрати біологічних властивостей [10].

Біохімічна складова аронії чорноплідної достовірно змінюється залежно від сорту. Так, у дослідженні [11] вміст води у ягодах змінювався від 79,5 до 84,7 %, цукру – від 9,1 до 13,8 % залежно від сорту. Однак не вивчали питання формування вмісту вітамінів і мінеральних елементів у ягодах. У дослідженні [12] доведено, що вміст вітаміну С змінюється від 160 до 187 мг/100 г свіжих ягід. Про формування різного вмісту біологічно активних речовин у ягодах різних сортів наведено в інших працях [13, 14]. У цьому дослідженні вивчали формування якості залежно від строку збирання ягід аронії чорноплідної.

Значну кількість досліджень присвячено формуванню якості соку з аронії чорноплідної [15, 16]. Крім такого способу перероблення застосовують сушіння ягід [17]. Сушіння має переваги над іншими підходами до консервування харчових продуктів, зокрема нижчу вар-

тість проведення монтажних робіт [18]. Крім цього, під час сушіння може виявитися низка важливих властивостей, пов'язаних з якістю і кількістю біоактивних компонентів [19]. Сушіння плодів чорноплідної горобини є досить складним через особливу морфологію та особливості клітин паренхіми ягід. Це призводить до тривалого сушіння, що досягає 20 год, якщо порівнювати з іншими фруктами (яблуко, суниця, ківі) [20]. У дослідженні [21] встановлено, що сушені ягоди аронії чорноплідної зберегли 98 % фенолів, 99 % флавоноїдів, 70 % мономерних антоціанів і 99 % антиоксидантної активності порівняно з свіжими ягодами. Сушіння проводили за попереднього ультразвукового оброблення і температури 75 °С. Слід відзначити, що в дослідженнях не вивчали питання збереження вітамінів і мінеральних елементів у варенні з аронії чорноплідної. Отже, для ефективного перероблення ягід цієї культури у варення необхідно вивчати біохімічну складову ягід різних сортів аронії чорноплідної.

Мета дослідження – вивчення формування якості свіжих ягід і варення різних сортів аронії чорноплідної.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в умовах Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України і ННВВ Уманського НУС упродовж 2020–2021 рр. У досліді використовували ягоди сортів аронії чорноплідної Белдер (Фінляндія) і Кутно (Польща), які вирощували у Правобережному Лісостепу.

У свіжих ягодах і варенні визначали вміст жиру за методом знежиреного залишку, органічних кислот – титрометричним методом, білка – за методом К'ельдаля, клітковину – за ДСТУ 6865:2004, вуглеводи – за допомогою цукроміра, води – термогравіметричним методом, вміст вітаміну С – йодометрично, вміст вітамінів А, В₁, В₂, В₃, Е – методом рідинної хроматографії на аналізаторі Хромос-301, вміст мінеральних елементів – методом атомно-абсорбційної спектрометрії. Інтегральний скор визначали за такою формулою:

$$I = \frac{\Phi}{D} \times 100,$$

де I – інтегральний скор, %;

Φ – фактичний вміст компоненту, мг/100 г;

D – добова потреба компоненту організмом здорової людини, мг (табл. 1).

Повторення дослідів триразове. Для статистичного оброблення результатів досліджень і визначення достовірності одержаних експериментальних даних використовували дисперсійний аналіз.

Таблиця 1 – Добова потреба вітамінів і мінеральних елементів організму дорослої людини, мг

Вітамін	Добова потреба за ФАО (ВООЗ)	Мінеральний елемент	Добова потреба за ФАО (ВООЗ)
А (РЕ)	5	Калій	4500
В ₁	1,1	Кальцій	1000
В ₂	1,1	Магній	230
С	105	Фосфор	550
Е (ТЕ)	15	Натрій	4000
В ₃	14	Залізо	14

Результати дослідження та обговорення.

Встановлено, що вміст органічних кислот, білка, клітковини і вуглеводів у ягодах аронії чорноплідної сорту Кутно був достовірно нижчим порівняно з сортом Белдер (табл. 2). У варенні біохімічна складова відрізнялась від свіжих ягід. Так, вміст жиру був відсутній. Вміст органічних кислот був у 2,2–2,8 раза, білка – в 2,0–3,0, клітковини – у 2,3–2,9, вміст води – у 3,7 раза нижчим порівняно з свіжими ягодами. Однак вміст вуглеводів був у 6,8–6,9 раза вищим порівняно зі свіжими ягодами залежно від сорту аронії чорноплідної. Вищий вміст вуглеводів у варенні зумовлений тим, що під час його готування додавали цукор. У сухій масі свіжих ягід і варення частка вуглеводів також була найвищою.

У свіжих ягодах аронії чорноплідної сорту Кутно вміст вітамінів А, В₃, Е і С був істотно нижчим порівняно з сортом Белдер (табл. 3).

Із досліджених вітамінів у свіжих ягодах вміст вітаміну С був найвищим – 110–140 мг/100 г залежно від сорту. Вміст вітамінів В₁ і В₂ не змінювався залежно від сорту. Слід відзначити, що вміст вітамінів В₁ і В₂ був однаковим у свіжих ягодах і варенні. Вміст вітаміну А у варенні аронії чорноплідної був у 2,5–3,2 раза, В₃ – у 1,7–1,8, Е – у 2,2–2,5, С – у 2,8–3,7 раза нижчим залежно від сорту.

Встановлено, що найбільше добову потребу 100 г свіжих ягід забезпечує вітамінами С – на 10–13 % і Е – на 7–10 % залежно від сорту аронії чорноплідної (табл. 4). Інтегральний скор у варенні був нижчим і становив відповідно 3–5 і 3–4 % залежно від сорту. Найменше добову потребу забезпечує 100 г свіжих ягід вітаміном В₁ – на 1 %. Інтегральний скор для вітамінів В₂, А і В₃ був 2–5 % залежно від сорту аронії чорноплідної. Цей показник у варенні становив лише 2–3 %.

Таблиця 2 – Біохімічна складова свіжих ягід і варення з аронії чорноплідної, 2020–2021 рр.

Біохімічна складова	Сорт							
	Белдер				Кутно			
	Свіжі ягоди	НІР ₀₅	Варення	НІР ₀₅	Свіжі ягоди	НІР ₀₅	Варення	НІР ₀₅
% на фактичну вологість								
Жир	0,2	0,1	0,0	–	0,2	0,1	0,0	–
Органічні кислоти	1,4	0,1	0,5	0,1	1,1	0,1	0,5	0,1
Білок	1,5	0,1	0,5	0,1	1,0	0,1	0,5	0,1
Клітковина	4,3	0,2	1,9	0,1	4,0	0,2	1,4	0,1
Вуглеводи	11,0	0,5	74,5	3,5	10,5	0,5	72,1	3,4
Вода	80,7	3,9	22,0	1,1	78,4	3,7	21,3	1,0
% на суху масу								
Жир	1,0	0,1	0,0	–	0,9	0,1	0,0	–
Органічні кислоти	7,3	0,3	0,6	0,1	5,1	1,2	0,6	0,1
Білок	7,8	0,3	0,6	0,1	4,6	1,1	0,6	0,1
Клітковина	22,3	1,1	2,4	0,2	18,5	1,0	1,8	1,1
Вуглеводи	57,0	2,8	95,4	4,2	48,6	2,3	91,6	4,3

Таблиця 3 – Вміст вітамінів у свіжих ягодах і варенні з аронії чорноплідної, 2020–2021 рр., мг/100 г

Вітамін	Сорт							
	Белдер				Кутно			
	Свіжі ягоди	НІР ₀₅	Варення	НІР ₀₅	Свіжі ягоди	НІР ₀₅	Варення	НІР ₀₅
В ₁	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
В ₂	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
А (РЕ)	0,20	0,01	0,08	0,01	0,19	0,01	0,06	0,01
В ₃	0,7	0,1	0,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1
Е (ТЕ)	1,5	0,1	0,6	0,1	1,1	0,1	0,5	0,1
С	140	7	50	3	110	5	30	2

Таблиця 4 – Інтегральний скор вітамінів у 100 г свіжих ягід і варення з аронії чорноплідної, 2020–2021 рр., %

Вітамін	Сорт							
	Белдер				Кутно			
	Свіжі ягоди	НІР ₀₅	Варення	НІР ₀₅	Свіжі ягоди	НІР ₀₅	Варення	НІР ₀₅
В ₁	1	1	1	1	1	1	1	1
В ₂	2	1	2	1	2	1	2	1
А (РЕ)	4	1	2	1	4	1	1	1
В ₃	5	1	3	1	4	1	2	1
Е (ТЕ)	10	1	4	1	7	1	3	1
С	133	7	48	2	105	5	29	1

З досліджених мінеральних елементів вміст калію у свіжих ягодах і варенні був найвищим (табл. 5). Вміст заліза був найменшим – 1,0–1,3 мг/100 г у свіжих ягодах і 1,0–1,1 мг/100 г у варенні. Слід відзначити, що вміст заліза, магнію, кальцію, фосфору та калію у свіжих ягодах аронії чорноплідної сорту Кутно був істотно меншим порівняно з сортом Белдер. Свіжі ягоди аронії чорноплідної сорту Белдер за фактичної вологості та в перерахунку на суху масу мали перевагу за вмістом мінеральних елементів. У варенні вміст магнію був у 1,2–1,3 раза, кальцію – у 1,5, фосфору – в 2,7, калію – у 5,7–6,7 рази нижчий порівняно з свіжими ягодами. Незважаючи на істотно вищий вміст натрію у варенні, його вміст зменшувався в перерахунку на суху масу.

Свіжі ягоди аронії чорноплідної найбільше задовольняють добову потребу організму людини фосфором – на 10 % (табл. 6). Інтегральний скор для магнію і заліза становив 6–9 % залежно від сорту. Найменше свіжі ягоди аронії чорноплідної задовольняли потребу

натрієм – на 0,1 %. Інтегральний скор для кальцію і калію був 3–4 %. Слід відзначити, що інтегральний скор варення був нижчим порівняно зі свіжими ягодами. Найбільше добову потребу 100 г варення задовольняло залізом – на 7–8 %. Найменше натрієм – на 0,1 %. Інтегральний скор для кальцію, калію, магнію і фосфору становив 1–6 % залежно від сорту аронії чорноплідної.

Біохімічна складова свіжих ягід аронії чорноплідної істотно змінюється залежно від сорту. Очевидно, що таке явище зумовлено різним селекційно-генетичним походженням сортів. Вміст жиру, органічних кислот, білка, клітковини у варенні знижувався завдяки збільшенню частки вуглеводів додаванням цукру. Вміст води знижувався завдяки термічному обробленню варення. Вміст вітамінів і мінеральних елементів у варенні зменшувався завдяки збільшенню частки цукру. Крім цього, вітамін С зменшувався у результаті термічного оброблення. Отже, інтегральний скор 100 г варення був нижчим порівняно зі свіжими ягодами.

Таблиця 5 – Вміст мінеральних елементів у свіжих ягодах і варенні з аронії чорноплідної (2020–2021 рр.), мг/100 г

	Сорт							
	Белдер				Кутно			
	Свіжі ягоди	НІР ₀₅	Варення	НІР ₀₅	Свіжі ягоди	НІР ₀₅	Варення	НІР ₀₅
% на фактичну вологість								
Залізо	1,3	0,1	1,1	0,1	1,0	0,1	1,0	0,1
Натрій	5	1	17	1	5	1	15	1
Магній	15	1	13	1	13	1	10	1
Кальцій	30	2	20	1	27	2	18	1
Фосфор	57	3	21	1	54	3	20	1
Калій	160	7	28	2	153	7	25	2
% на суху масу								
Залізо	6,7	0,3	1,4	0,1	4,6	0,1	1,3	0,1
Натрій	26	2	22	1	23	1	19	1
Магній	78	3	17	1	60	3	13	1
Кальцій	155	6	26	1	125	6	23	1
Фосфор	295	13	27	1	249	12	25	1
Калій	829	40	36	2	707	34	32	2

Таблиця 6 – Інтегральний скор мінеральних елементів у 100 г свіжих ягід і варення з аронії чорноплідної (2020–2021 рр.), %

Мінеральний елемент	Сорт							
	Белдер				Кутно			
	Свіжі ягоди	НІР ₀₅	Варення	НІР ₀₅	Свіжі ягоди	НІР ₀₅	Варення	НІР ₀₅
Натрій	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1
Кальцій	3	1	2	1	3	1	2	1
Калій	4	1	1	1	3	1	1	1
Магній	7	1	6	1	6	1	4	1
Залізо	9	1	8	1	7	1	7	1
Фосфор	10	1	4	1	10	1	4	1

Висновки. Виявлено, що біохімічна складова свіжих ягід аронії чорноплідної істотно змінюється залежно від сорту. Свіжі ягоди містять найбільше вітамінів С і Е. Інтегральний скор яких становить відповідно 10–13 і 7–10 % залежно від сорту. Свіжі ягоди найбільше задовольняють добову потребу залізом і фосфором – на 7–10 %. Варення аронії

чорноплідної найбільше містить вуглеводів. Вміст органічних кислот, білка, клітковини і води істотно знижується порівняно зі свіжими ягодами. Крім цього, у варенні аронії чорноплідної достовірно зменшується вміст вітамінів А, В₃, Е і С, а також магнію, кальцію, фосфору та калію порівняно з свіжими ягодами.

REFERENCES

- Engin, S.P., Mert, C. (2020). The effects of harvesting time on the physicochemical components of Aronia berry. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. Vol. 44(4), pp. 361–370.
- Smolik, M., Ochmian, I., Smolik, B. (2011). RAPD and ISSR methods used for fingerprinting selected, closely related cultivars of Aronia melanocarpa. *Not Bot Horti Agrobiol.* Vol. 39(2), pp. 276–284.
- Remberg, S.F., Wold, A.B., Sonstebj, A., Heide, O.M. (2014). Effects of preharvest factors on berry quality. *Acta Horticulturae*. Vol. 1017, pp. 181–187.
- Ozgur, M., Akpinar-Bayazit, A., Ozcan, T., Yilmaz-Ersan, L. (2011). Effect of Dehydration on Several Physico-Chemical Properties and the Antioxidant Activity of Leeks (*Allium porrum* L.). *Not Bot Horti Agrobiol.* Vol. 39(1), pp. 144–151.
- Sim, I., Suh, D.H., Singh, D., Do, S.G., Moon, K.H., Lee, J.H., Lee, C.H. (2017). Unraveling metabolic variation for blueberry and chokeberry cultivars harvested from different geo-climatic regions in Korea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 65(41), pp. 9031–9040.

6. Rop, O., Mlcek, J., Jurikova, T., Valsikova, M., Sochor, J., Reznicek, W., Kramarova, D. (2010). Phenolic content, antioxidant capacity, radical oxygen species scavenging and lipid peroxidation inhibiting activities of extracts of five black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) cultivars. *J Med Plant Res.* Vol. 4(22), pp. 2431–2437.
7. Ochmian, I.D., Grajkowski, J., Smolik, M. (2012). Comparison of some morphological features, quality, and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca.* Vol. 40(1), pp. 253–260.
8. Yang, H., Kim, Y.J., Shin, Y. (2019). Influence of ripening stage and cultivar on physicochemical properties and antioxidant compositions of Aronia grown in South Korea. *Foods.* Vol. 8(12), pp. 573–598.
9. Jeppsson, N., Johansson, R. (2000). Changes in fruit quality in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) during maturation. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology.* Vol. 75(3), pp. 340–345.
10. Won, J., Shin, H., Oh, Y., Han, H., Kwon, Y., Kim, D. (2018). Tree growth and fruit characteristics of 'Nero' black chokeberry according to different cultivation regions and altitudes. *Korean Journal of Plant Resources.* Vol. 31(2), pp. 136–148.
11. Ochmian, I., Grajkowski, J., Smolik, M. (2012). Comparison of Some Morphological Features, Quality and Chemical Content of Four Cultivars of Chokeberry Fruits (*Aronia melanocarpa*). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca.* Vol. 40(1), pp. 253–260.
12. Enescu Mazilu, I., Paraschiv, M., Diaconescu Dinu, M., Cosmulescu, S.N. (2021). Biochemical changes in two Aronia melanocarpa cultivars' berries during the harvest season. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca.* Vol. 49(3), pp. 123–131.
13. Šnebergrová, J., Čížková, H., Neradova, E., Kapci, B., Rajchl, A., Voldřich, M. (2014). Variability of characteristic components of aronia. *Czech Journal of Food Sciences.* Vol. 32(1), pp. 25–30.
14. Wangenstein, H., Bräunlich, M., Nikolic, V., Malterud, K.E., Slimestad, R., Barsett, H. (2014). Anthocyanins, proanthocyanidins and total phenolics in four cultivars of Aronia: Antioxidant and enzyme inhibitory effects. *Journal of Functional Foods.* Vol. 7, pp. 746–752.
15. Cosmulescu, S., Trandafir, I., Nour, V. (2017). Phenolic acids and flavonoids profiles of extracts from edible wild fruits and their antioxidant properties. *International Journal of Food Properties.* Vol. 20(12), pp. 3124–3134.
16. Tolić, M.T., Krbavčić, I.P., Vujević, P., Milinović, B., Jurčević, I.L., Vahčić, N. (2017). Effects of weather conditions on phenolic content and antioxidant capacity in juice of chokeberries (*Aronia melanocarpa* L.). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences.* Vol. 67(1), pp. 67–74.
17. Uysal Seçkin, G., Taşeri, L. (2015) Semi-dried fruits and vegetables. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences.* Vol. 21(9), pp. 414–420.
18. Kovacı, T., Dikmen, E., Şencan Şahin, A. (2018) Drying systems, energy consumption and product quality and sample system design. *Journal of Technical Sciences.* Vol. 8(2), pp. 25–39.
19. García, M.L., Carrión, M.H., Escobar, S. (2021) Optimization of the antioxidant capacity of mangosteen peels (*Garcinia mangostana* L.) extracts: management of the drying extraction processes. *Food Science and Technology International.* Vol. 27(5), pp. 404–412.
20. Calín-Sánchez, Á., Kharaghani, A., Lech, K. (2015) Drying kinetics and microstructural and Sensory Properties of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) as affected by drying method. *Food and Bioprocess Technology.* Vol. 8(1), pp. 63–74.
21. Görgüç, A., Gençdağ, E., Demirci, K., Vayıç, A., Yılmaz, F. M. (2022). The effect of high-power ultrasound pretreatment on drying efficiency and bioactive compounds of chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.). *Food Science and Technology International.* Available at: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/10820132221094787>.

Quality formation of berries and jam of different chokeberry varieties

Liubych V., Cherneha A., Yevchuk Ya., Voitovska V.

The article presents the results of research on quality formation of berries and jams of different of chokeberry varieties. It was found that the content of organic acids, protein, fiber and carbohydrates in chokeberry of Kutno variety was significantly lower compared to Belder variety. The biochemical component in jam differed from that of fresh berries. Thus, fat content was absent. The content of organic acids was 2.2–2.8 times, the protein content – 2.0–3.0, the fiber content – 2.3–2.9, the water content – 3.7 times lower than that of fresh berries. However, the carbohydrate content was 6.8–6.9 times higher than that of fresh berries depending on chokeberry variety. The higher content of carbohydrates in jam is due to the fact that sugar was added during its preparation.

In fresh chokeberries of Kutno variety, the content of vitamin A, B3, E and C was significantly lower compared to Belder variety. Of the studied vitamins in fresh berries, vitamin C content was the highest – 11–14 mg/100 g depending on the variety. Vitamins B1 and B2 content did not change depending on the variety. It should be noted that this indicator was the same in fresh berries and jam. Vitamin A content in chokeberry jam was 2.5–3.2 times, B3 – 1.7–1.8, E – 2.2–2.5, C – 2.8–3.7 times lower depending on the variety.

It was found that vitamins C (10–13 %) and E (7–10 %) provide the greatest daily intake of 100 g of fresh berries depending on chokeberry variety. Jam integrated score was lower and amounted to 3–5 and 3–4 %, respectively, depending on the variety. The lowest daily intake is provided by 100 g of fresh berries with vitamin B1 – by 1%. The integrated score for vitamins B2, A and B3 was 2–5 % depending on chokeberry variety. Jam indicator was only 2–3 %.

Fresh chokeberry best meet the daily needs of the human body with fosphorus –by 10 % The integrated

score for magnesium and iron was 6–9 % depending on the variety. At least this need is met by fresh chokeberries with sodium – by 0.1 %. Integrated score for calcium and potassium was 3–4 %. The greatest daily need of 100 g of jam is satisfied by iron – by 7–8 %. The least – by sodium – by 0.1 %. Integrated

score for calcium, potassium, magnesium, and phosphorus was 1–6 % depending on chokeberry variety.

Key words: chokeberry, fresh berries, jam, biochemical component, vitamins, mineral elements, integrated score.



Copyright: Любич В.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.



ORCID iD:

Любич В.В.

Чернега А.О.

Євчук Я.В.

Войтовська В.І.

<https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>

<https://orcid.org/0000-0002-4511-8331>

<https://orcid.org/0000-0002-8624-3825>

<https://orcid.org/0000-0001-5538-461X>


АГРОНОМІЯ

УДК 633.34:631.5:631.8

Вплив оброблення насіння інокулянтном та позакоренових підживлень на тривалість вегетаційного та міжфазних періодів сортів сої

Чинчик О.С. , Козирський Д.В. 

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

 Чинчик О.С. E-mail: chinchik1978@gmail.com

Чинчик О.С., Козирський Д.В. Вплив оброблення насіння інокулянтном та позакоренових підживлень на тривалість вегетаційного та міжфазних періодів сортів сої. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1. С. 129–136.

Chynchik O., Kozyrskyy D. Influence of inoculant seed treatment and foliar fertilization for the duration of vegetation and interphase periods of soybean varieties. «Agrobiologia», 2022. no. 1, pp. 129–136.

Рукопис отримано: 29.04.2022 р.

Прийнято: 16.05.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-129-136

Пропозиція агровиробникам нових сортів сої зумовлює необхідність проведення досліджень щодо їх адаптації до певних ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Водночас ознака тривалості вегетаційного періоду є вирішальною для вирощування сої у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Дослідження, проведені в 2019–2021 рр., показали суттєву залежність тривалості вегетаційного періоду від погодних умов року. Так, погодні умови 2021 року спричинили найтриваліший вегетаційний період у сортів сої, а погодні умови 2020 року обумовлювали найменшу тривалість вегетації цієї зернобобової культури. Встановлено, що за внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ найменший вегетаційний період був у скоростиглого сорту сої Самородок і тривав 101 добу. Довшим вегетаційний період виявився у скоростиглого сорту сої Рогізнянка і в середньому тривав 113 діб. Ранньостиглі сорти сої Орфей та Тріада мали середню тривалість вегетаційного періоду 112 та 122 доби. У середньоранніх сортів Еврідіка та Аррата вегетаційний період становив 113 та 127 діб відповідно. У середньостиглих сортів Азимут та Аврора вегетаційний період становив 118 та 121 добу відповідно. Оброблення насіння перед сівбою Ризоактивом продовжило період вегетації сорту сої Самородок на одну добу, а сортів Рогізнянка, Тріада, Орфей, Аррата, Еврідіка, Азимут та Аврора – на дві доби. В середньому за три роки досліджень встановлено, що в умовах Лісостепу західного на фоні внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$, оброблення насіння Ризоактивом та позакоренового підживлення Фульвогуміном найдовший вегетаційний період був у сорту сої Аррата і тривав 130 діб.

Отже, сортові особливості в умовах проведення досліджень виявилися найбільш вагомим чинником, що впливав на тривалість вегетації сої. Водночас інокуляція насіння Ризоактивом та позакоренові підживлення посівів Фульвогуміном змінювали тривалість вегетаційного періоду досліджуваних сортів сої лише на 1–3 доби. Досліджувані сорти значно відрізнялися за часом настання та швидкістю проходження фаз росту і розвитку рослин сої. Оскільки ступінь відповідності чинників росту і розвитку оптимальній величині значно змінюється залежно від фенологічної фази, то з метою стабільного виробництва сої доцільно вирощувати декілька сортів різних груп стиглості.

Ключові слова: соя, сорт, вегетаційний період, удобрення, Ризоактив, Фульвогумін.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В останні роки найбільші площі сої в Україні було зафіксовано в Полтавській, Хмельницькій, Київській та Сумській областях [1]. Пропозиція агровиробникам нових сортів сої зумовлює необхідність продовження досліджень щодо їх адаптації до певних ґрунтово-кліматичних умов вирощування, удосконалення окремих технологічних елементів, що забезпечить високу їх продуктивність та максимальну реалізацію генетичного потенціалу [2, 3, 4, 5]. Водночас ознака тривалості вегетаційного періоду є вирішальною для вирощування сої у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. З метою зниження ризиків під час виробництва сої потрібно вирощувати кілька різних сортів з різними групами стиглості та різними сорто-типами [6]. Слід також відмітити, що в Україні найбільше поширені скоростиглі сорти сої [7].

Тривалість вегетаційного періоду сої залежить від різних чинників, зокрема сортових особливостей, строку сівби, ширини міжряддя [8, 9, 10, 11]. Найбільш тривалий вегетаційний період відзначено за сумісної дії оброблення насіння перед сівбою фосфонітрагіном і роздрібного внесення азотних добрив N_{30} в основне удобрення на фоні $P_{60}K_{60}$ та додатково N_{15} у підживлення у фазі бутонізації – 107 діб у сорту Вільшанка та 117 діб – у сорту Сузір'я [12]. На основі фенологічних спостережень за ростом та розвитком рослин сортів сої різних груп стиглості можна зробити висновок, що як на тривалість періодів між окремими фазами росту і розвитку, так і на тривалість вегетаційного періоду загалом суттєвий вплив мали як гідротермічні умови року, так і технологічні операції, які були поставлені на вивчення, а саме дози мінеральних добрив та різні способи використання комплексу мікроелементів [13]. Однак насамперед вегетаційний період сортів сої обумовлений їх генетичними особливостями [14, 15]. Згідно з Широком уніфікованим класифікатором роду *Glycine max.* (L.) Merr. [16], за тривалістю вегетаційного періоду сорти сої розподілили на чотири групи стиглості: ультраскоростиглі (менше 90–100 діб), скоростиглі (101–120 діб), середньостиглі (121–140 діб) та пізньостиглі (141–160 діб). У дослідженнях Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН усі сортозразки розділяли на групи стиглості, залежно від тривалості їх вегетаційного періоду, за наступною схемою: дуже ранній (з періодом вегетації до 90 діб); від дуже раннього до раннього (91–100 діб); ранній (101–110); середньоранній (111–120); середній (121–130); середньопізній (131–140); пізній (141–150); від пізнього до дуже пізнього (151–

160); дуже пізній (більше 160 діб). Важливим спостереженням також є тривалість періоду «сходи–цвітіння» у сортів різних груп стиглості. Всі зразки колекції, які вивчали, розділяли залежно від тривалості періоду «сходи–цвітіння» на наступні групи: дуже ранній (до 30 діб); від дуже раннього до раннього (31–40); ранній (41–50); середньоранній (51–60); середній (61–70); середньопізній (71–80); пізній (81–90); від пізнього до дуже пізнього (91–100); дуже пізній (більше 100 діб) [17]. А.О. Бабич [18] усі сорти сої за тривалістю вегетаційного періоду поділяв на 5 груп стиглості: скоростиглі – 90–105 діб; ранньостиглі – 106–115; середньоранньостиглі – 116–125; середньостиглі – 126–135; середньопізньостиглі – 136–145 діб.

Мета дослідження – виявити тривалість вегетаційного та міжфазних періодів сортів сої залежно від інокуляції насіння та позакореневого підживлень.

Матеріал і методи дослідження. Польовий дослід закладали у ТзОВ «Козацька долина 2006» Хмельницької області. Передпосівне інокулювання насіння Ризоактивом проводили в день сівби з розрахунку 1 л препарату на 1 т насіння сої. 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 ж 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 [19, 20]. Фульвогумін вносили двічі позакоренево в дозі 1 л/га препарату.

Предметом досліджень були нові сорти сої різних груп стиглості.

Самородок. Скоростиглий сорт з вегетаційним періодом 97–117 діб. Висота рослин – 66–78 см. Висота прикріплення нижнього бобу – 11,0–15,0 см. Маса 1000 насінин – 138,8–149,4 г. Вміст білка в насінні – 41,0–41,7 %, олії – 21,1–22,6 %. Стійкість до вилягання і осипання – 8 балів. Рекомендована зона вирощування – Лісостеп. Оригінація: Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН.

Рогізнянка. Сорт сої зернового напрямку з періодом вегетації 107–112 діб. Тип росту рослин – від напівдетермінантного до індетермінантного. Рослина за висотою від середньої до високої. Квітка фіолетова, насіння жовте. Висока стійкість до засухи та осипання насіння. Висота прикріплення нижнього бобу 14,5–15,3 см. Урожайність зерна досягає 4–4,5 т/га, вміст білка

в насінні – 39–41 %, олії – 19–21 % Оригіатор: Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН.

Тріада. Час достигання рослин – від раннього до середнього. Тип росту рослин – детермінантний. Рослина висока, форма росту – пряма. Квітка біла, насіння жовте. Висока стійкість до засухи та осипання насіння. Висота прикріплення нижнього бобу – 10,5–13,0 см. Сорт високоурожайний, вміст білка в насінні – 39,0–39,5 %, олії – 20,4–22,6 %. Маса 1000 насінин – 144–176 г. Оригіатор: Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН.

Орфей. Належить до ранньостиглої групи, тривалість вегетаційного періоду – 111–120 діб. Тип росту проміжний, висота рослин 57–73 см, залежно від зони вирощування. Кущ прямий, стебло середньої товщини. Колір квіток – фіолетовий, насіння жовте. Маса 1000 насінин – 120–150 г. Вміст білка в насінні – 40–43 %, олії – 19–20 %. Стійкий до хвороб, з підвищеною азотфіксувальною здатністю. Оригіатор: Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортовивчення НААН.

Еврідика. Належить до середньоранньої групи стиглості, тривалість вегетаційного періоду – 121–130 діб у зоні Лісостепу та 110–115 діб у Степу. Тип росту проміжний, висота рослин 58–77 см, залежно від зони вирощування. Маса 1000 насінин – 120–160 г. Придатний для вирощування як на суходолі, так і під час зрошення. Стійкий до посухи, вилягання та осипання насіння. Придатний для механізованого збирання врожаю, висота прикріплення нижніх бобів становить 12–20 см. Вміст білка в насінні – 40–44 %, олії – 19–20 %. Оригіатор: Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортовивчення НААН.

Аратта. Тривалість вегетаційного періоду становить 115–123 доби. Стійкий до посухи, осипання та ураження хворобами. Кущ напівстиснутий, компактний, має проміжний тип росту. Висота рослин – 80–100 см, нижні боби прикріплюються на висоті 12–16 см. Маса 1000 насінин – 131–190 г. Вміст білка в насінні – 37,8–39,6 %, олії – 20,4–21,8 %. Урожайність сої сорту Аратта становить 3,75–3,92 т/га. Максимальна врожайність – 4,57 т/га. Оригіатор – Інститут зрошуваного землеробства НААН.

Азимут. Час достигання рослин – від раннього до середнього. Тип росту рослин – напівдетермінантний. Рослина за висотою від середньої до високої. Квітка фіолетова, насіння жовто-зелене. Висока стійкість до засухи, хвороб та осипання насіння. Висота прикріплення нижнього бобу 13,1–16,5 см. Сорт висо-

коврожайний, вміст білка в насінні – 39,3–40,4 %, олії – 20,3–22,9 %. Маса 1000 насінин – 123–144 г. Оригіатор: Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН.

Аврора. Належить до середньостиглої групи, тривалість вегетаційного періоду – 111–130 діб. Тип росту проміжний, висота рослин 70–110 см, залежно від зони вирощування. Висота прикріплення нижніх бобів становить 13–22 см. Високопродуктивний, вміст білка в насінні – 40–43 %, олії – 19–21 %. Маса 1000 насінин – 120–150 г. Стійкий до посухи, вилягання та осипання насіння. Оригіатор: Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортовивчення НААН.

Результати дослідження та обговорення. Дослідження, проведені в 2019–2021 рр., показали суттєву залежність тривалості вегетаційного періоду від погодних умов року. Так, погодні умови 2021 року спричинили найтриваліший вегетаційний період у сортів сої, а погодні умови 2020 року обумовлювали найменшу тривалість вегетації цієї зернобобової культури.

У середньому за роки досліджень було виявлено, що за внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ найменший вегетаційний період був у скоростиглого сорту сої Самородок і тривав 101 добу. Довшим вегетаційний період виявився у скоростиглого сорту сої Рогізьянка і в середньому тривав 113 діб. Ранньостиглі сорти сої Орфей та Тріада мали середню тривалість вегетаційного періоду 112 та 122 доби. У середньоранніх сортів Еврідика та Аратта вегетаційний період становив 113 та 127 діб відповідно. У середньостиглих сортів Азимут та Аврора вегетаційний період становив 118 та 121 добу відповідно (табл. 1).

Оброблення насіння перед сівбою Ризоактивом продовжило період вегетації сорту сої Самородок на одну добу, а сортів Рогізьянка, Тріада, Орфей, Аратта, Еврідика, Азимут та Аврора – на дві доби. В середньому за роки досліджень встановлено, що в умовах Лісостепу західного на фоні внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$, оброблення насіння Ризоактивом та позакореневого підживлення Фульвогуміном найдовший вегетаційний період був у сорту сої Аратта і тривав 130 діб. Найкоротшим вегетаційний період на цьому фоні виявився у сорту сої Самородок і в середньому тривав 103 доби. У скоростиглого сорту сої Рогізьянка на вказаному варіанті удобрення тривалість вегетаційного періоду становила 116 діб. У ранньостиглих сортів сої Тріада та Орфей на цьому варіанті удобрення тривалість вегетаційного періоду відповідно становила 115 та 125 діб, у середньораннього сорту Еврідика – 116 діб, а у середньостиглих сортів Азимут та Аврора – 121 та 124 доби відповідно.

Таблиця 1 – Тривалість вегетаційного періоду сортів сої залежно від інокуляції насіння та позакорневих підживлень

Інокуляція	Сорт	Удобрення	Роки			
			2019	2020	2021	середнє
Без оброблення насіння	Самородок (к.)	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (фон)	100	98	105	101
	Рогізнянка		112	110	117	113
	Тріада		120	118	128	122
	Орфей		112	107	117	112
	Еврідіка		112	108	119	113
	Аррата		128	123	130	127
	Азимут		119	114	121	118
	Аврора		123	115	125	121
Ризоактив	Самородок		102	98	106	102
	Рогізнянка		115	112	118	115
	Тріада		124	119	129	124
	Орфей		113	111	118	114
	Еврідіка		115	111	119	115
	Аррата		130	125	132	129
	Азимут		122	116	122	120
	Аврора		124	119	126	123
Без оброблення насіння	Самородок	Фон + Фульвогумін	102	99	105	102
	Рогізнянка		115	109	118	114
	Тріада		123	117	129	123
	Орфей		112	109	118	113
	Еврідіка		114	109	119	114
	Аррата		129	124	131	128
	Азимут		118	117	122	119
	Аврора		121	120	125	122
Ризоактив	Самородок		102	100	107	103
	Рогізнянка		115	114	119	116
	Тріада		124	121	130	125
	Орфей		114	112	119	115
	Еврідіка		115	112	121	116
	Аррата		130	128	132	130
	Азимут		120	119	124	121
	Аврора		123	122	127	124
NIP _{0,05}			1,0	0,9	1,2	1,1

Примітка: (к.) – контроль.

Досліджувані чинники особливо не впливали на величину періоду «сівба – сходи», який у сортів сої Самородок, Рогізнянка, Орфей, Еврідіка, Азимут та Аврора тривав 16 діб, а у сортів Тріада та Аррата – 17 діб. Передпосівна інокуляція насіння Ризоактивом не вплинула на величину періоду «сівба – сходи». Більш суттєво досліджувані чинники впливали на величину періоду «сходи – початок цвітіння». Водночас слід відмітити вплив сортових особливостей. Так, від появи сходів до початку цвітіння рослинам сої сорту Самородок на контролі потрібно було 34 доби. У іншого скоро-

стиглого сорту Рогізнянка тривалість періоду «сходи – початок цвітіння» була на 9 діб довшою і становила 43 доби. А найдовше період від сходів до початку цвітіння тривав у сорту Аррата – 45 діб. Передпосівна інокуляція насіння Ризоактивом подовжувала тривалість періоду «сходи – початок цвітіння» у сортів сої Рогізнянка, Тріада, Аррата, Азимут та Аврора на одну добу. Цвітіння досліджуваних сортів сої на варіанті без інокуляції насіння та без позакорневих підживлень посівів тривало від 26 до 33 діб. Першими зацвітали рослини сорту сої Самородок (табл. 2).

Таблиця 2 – Тривалість міжфазних періодів рослин сої залежно від сорту, інокуляції насіння та позакоренових підживлень (середнє за 2019–2021 рр.)

Варіанти		Тривалість фенологічної фази, діб				
Інокуляція	сорт	удобрення	сівба – повні сходи	повні сходи – початок цвітіння	початок цвітіння – кінець цвітіння	кінець цвітіння – фізіологічна стиглість
Без оброблення насіння	Самородок (к.)	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (фон)	16	34	26	41
	Рогізнянка		16	43	30	40
	Тріада		17	42	33	47
	Орфей		16	39	28	45
	Еввідіка		16	40	28	45
	Аррата		17	45	29	53
	Азимут		16	40	30	48
	Аврора		16	42	29	50
Ризоактив	Самородок		16	34	27	41
	Рогізнянка		16	44	30	41
	Тріада		17	43	34	47
	Орфей		16	39	29	46
	Еввідіка		16	40	29	46
	Аррата		17	46	30	53
	Азимут		16	41	31	48
	Аврора		16	43	30	50
Без оброблення насіння	Самородок (к.)	Фон + Фульвогумін	16	34	26	42
	Рогізнянка		16	43	31	40
	Тріада		17	42	33	48
	Орфей		16	39	28	46
	Еввідіка		16	40	28	46
	Аррата		17	45	30	53
	Азимут		16	40	31	48
	Аврора		16	42	30	50
Ризоактив	Самородок (к.)		16	34	27	42
	Рогізнянка		16	44	30	42
	Тріада		17	43	35	47
	Орфей		16	39	29	47
	Еввідіка		16	40	29	47
	Аррата		17	46	31	53
	Азимут		16	41	31	49
	Аврора		16	43	31	50
			0,6	0,8	0,7	0,9

Примітка: (к.) - контроль.

Найдовший період цвітіння відмічено у сортів Тріада, Рогізнянка та Азимут, найкоротший – у сорту Самородок.

Тривалість періоду «кінець цвітіння – фізіологічна стиглість» у досліджуваних сортів становив 40–53 доби. Найкоротшим цей період був у скоростиглих сортів Рогізнянка та Самородок і становив 40 та 41 добу відповідно. Тривалість періоду від кінця цвітіння до повної стиглості найдовшою (53 доби) була у сорту сої Аррата.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що найтривалішим (130 діб) серед досліджуваних сортів сої був вегетаційний період у сорту Аррата за інокуляції насіння Ризоактивом, внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$ та дворазового позакореневого підживлення посівів Фульвогуміном. Найкоротший вегетаційний період на посіві без оброблення насіння інокулянтном та без проведення позакореневих підживлень виявився у сорту сої Самородок – 101 доба. Саме сортові особливості в умовах проведення досліджень виявилися найбільш вагомим чинником, що впливав на тривалість вегетації сої. Водночас інокуляція насіння Ризоактивом та позакореневого підживлення посівів Фульвогуміном змінювали тривалість вегетаційного періоду досліджуваних сортів сої лише на 1–3 доби.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сучасний стан та перспективи насінництва сої в Лісостепу України / Білявська Л.Г. та ін. Вісник ПДАА. 2020. № 4. С. 45–52.
2. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. К.: Аграрна наука, 2011. 548 с.
3. Бахмат О.М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої: монографія. Кам'янець-Подільський: Видавець Зволейко Д.Г. 2012. 436 с.
4. Іванюк С.В. Формування сортових ресурсів сої відповідно до біокліматичного потенціалу регіону вирощування. Корми і кормовиробництво. 2012. Вип. 71. С. 34–40.
5. Молдован В.Г., Молдован Ж.А., Собчук С.І. Формування врожайності насіння сортами сої з різним вегетаційним періодом в умовах Лісостепу західного. Корми і кормовиробництво. 2020. Вип. 89. С. 46–56. DOI:10.31073/kormovugobnyctvo202089-04.
6. Іванюк С.В., Темченко І.В., Семцов А.В. Тривалість вегетаційного періоду сої – основа формування сортових ресурсів регіону. Корми і кормовиробництво. 2012. Вип. 73. С. 67–71.
7. Білявська Л.Г., Рибальченко А.М. Мінливість тривалості вегетаційного періоду у колекційних зразків сої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава, 2018. № 2. С. 85–92.
8. Чинчик О.С. Тривалість вегетаційного періоду та фаз росту і розвитку рослин сої залежно від сортових особливостей та удобрення. Корми і кормовиробництво. 2016. Вип. 82. С. 133–137.

9. Міленко О.Г. Оптимізація норми висіву насіння сої залежно від групи стиглості сорту для умов центрального Лісостепу України. Наукові доповіді НУБіП. 2016. № 4 (61). С. 1–8. DOI: 10.31548/dopovidi2016.04.009

10. Міхеєва О.О. Тривалість періоду вегетації сої залежно від норм висіву і способів сівби. Вісник ХНАУ. Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання. 2018. Вип. 2. С. 171–182.

11. Усенко Т.В. Вплив строку та способу сівби на тривалість вегетаційного періоду сої в умовах Лісостепу Правобережного. Корми і кормовий білок: матеріали X міжнародної наук. конф. (4–5 липня 2018 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2018. 55 с.

12. Фурман О.В. Тривалість вегетаційного періоду та фаз росту і розвитку рослин сої залежно від технологічних заходів вирощування. Таврійський науковий вісник. Херсон, 2019. № 109. Ч. 1. С. 148–154

13. Циганська О.І., Циганський В.І. Вплив системи удобрення на проходження фаз росту і розвитку сортів сої та на коефіцієнт збереження рослин. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 13. С. 119–133.

14. Григорчук Н.Ф., Якубенко О.В. Створення сортів сої скоростиглого типу. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2013. № 19. С. 43–48.

15. Поліщук І.С., Поліщук М.І., Юрченко Н.А. Тривалість періоду вегетації та міжфазних періодів сортів сої залежно від строків сівби та норм висіву насіння. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 15. С. 64–71.

16. Широкий уніфікований класифікатор роду *Glycine* max. (L.) Merr / Кобизєва Л. та ін. Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Х., 2004. 37 с.

17. Коханюк Н.В., Темченко І.В., Штуць Т.М. Різноманіття колекційного матеріалу сої за тривалістю вегетаційного періоду. Корми і кормовий білок: матеріали XI Міжнародної наук. конф. (28 жовтня 2019 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2019. С. 8–9.

18. Бабич А.О., Бабич А.А. Селекція і зональне розміщення сої в Україні. Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насінництва та сортозвчення. 2010. Вип. 15 (55). С. 25–32.

19. Методика державного сортозвчення сільськогосподарських культур. К.: Алефа, 2000. 100 с.

20. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. / Е. Р. Ермантраут та ін. Житомир: ЖНАЕУ, 2010. 124 с.

REFERENCES

1. Biljavs'ka, L.G., Biljavs'kyj, Ju.V., Shapoval, O.S., Panchenko, S.S. (2020). Suchasnyj stan ta perspektyvu nasinnictva soi' v Lisostepu Ukrainy [Current state and prospects of soybean seed production in the Forest-Steppe of Ukraine]. Visnyk PDAА

[Bulletin of Poltava State Agrarian Academy], no. 4, pp. 45–52.

2. Babych, A.O., Babych-Poberezhna, A.A. (2011). Selekcija, vyrobnyctvo, torgivlja i vykorystannja soi' u sviti [Selection, production, trade and use of soybeans in the world]. Kyiv, Agricultural science, 548 p.

3. Bahmat, O.M. (2012). Modeljuvannja adaptivnoi' tehnologii' vyroshhuvannja soi': monografija [Modeling of adaptive technology of soybean cultivation]. Kamianets-Podilskyi, Publisher Zvoleyko D.H., 436 p.

4. Ivanjuk, S.V. (2012). Formuvannja sortovyh resursiv soi' vidpovidno do bioklimatycznogo potencialu regionu vyroshhuvannja [Formation of soybean varietal resources according to the bioclimatic potential of the growing region]. Kormy i kormovyrobnyctvo [Feed and feed production]. Issue 71, pp. 34–40.

5. Moldovan, V.G., Moldovan, Zh.A., Sobchuk, S.I. (2020). Formuvannja vrozhajnosti nasinnja sortamy soi' z riznym vegetacijnym periodom v umovah Lisostepu zahidnogo [Formation of seed yield by soybean varieties with different growing season in the Western Forest-Steppe]. Kormy i kormovyrobnyctvo [Feed and feed production]. Issue 89, pp. 46–56. DOI: 10.31073/kormovyrobnyctvo202089-04.

6. Ivanjuk, S.V., Temchenko, I.V., Semcov, A.V. (2012). Tryvalist' vegetacijnogo periodu soi' – osnova formuvannja sortovyh resursiv regionu [The duration of the soybean growing season is the basis for the formation of varietal resources of the region]. Kormy i kormovyrobnyctvo [Feed and feed production]. Issue 73, pp. 67–71.

7. Biljav'ska, L.G., Rybal'chenko, A.M. (2018). Minlyvist' tryvalosti veg'etacijnogo periodu u kolekcijnyh zrazkiv soi' [Variability of vegetation period duration in soybean collection samples]. Visnyk Poltavs'koi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii' [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy], no. 2, pp. 85–92.

8. Chinchik, O.S. (2016). Trivalist' vegetacijnogo periodu ta faz rostu i rozvitku roslin soi' zalezno vid sortovyh osoblivostej ta udobrennja [The duration of the growing season and phases of growth and development of soybean plants depending on varietal characteristics and fertilizers]. Kormy i kormovyrobnyctvo [Feed and feed production]. Issue 82, pp. 133–137.

9. Milenko, O.G. (2016). Optymizacija normy vysivu nasinnja soi' zalezno vid grupy styglosti sortu dlja umov central'nogo Lisostepu Ukraïny [Optimization of soybean seed sowing rate depending on the maturity group of the variety for the conditions of the central Forest-Steppe of Ukraine]. Naukovi dopovidi NUBiP [Scientific reports of NUBiP], no. 4 (61), pp. 1–8. DOI: 10.31548/dopovidi2016.04.009

10. Mihjejeva, O.O. (2018). Tryvalist' periodu vegetacii' soi' zalezno vid norm vysivu i sposobiv sivy [The duration of the soybean growing season depending on sowing rates and sowing methods]. Visnyk HNAU. Roslynyctvo, selekcija i nasinyctvo, plodoovochivnyctvo i zberigannja [Bulletin of KNAU. Plant growing, selection and seed production, fruit and vegetable growing and storage]. Issue 2, pp. 171–182.

11. Usenko, T.V. (2018). Vplyv stroku ta sposobu sivy na tryvalist' vegetacijnogo periodu soi' v umovah Lisostepu Pravoberezhnogo [Influence of sowing term and method on the duration of soybean growing season in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. Kormy i kormovy bilok: materialy X mizhnarodnoi' nauk. konf. (4-5 lypnja 2018 roku) [Feed and feed protein: materials of the X International Science. conf.]. Institute of Feed and Agriculture of Podillya NAAS, Vinnitsa, 55 p.

12. Furman, O.V. (2019). Tryvalist' vegetacijnogo periodu ta faz rostu i rozvitku roslin soi' zalezno vid tehnologichnyh zahodiv vyroshhuvannja [The duration of the growing season and phases of growth and development of soybean plants depending on technological measures of cultivation]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Taurida Scientific Herald], no. 109, pp. 148–154.

13. Cygans'ka, O.I., Cygans'kyj, V.I. (2019). Vplyv systemy udobrennja na prohodzhennja faz rostu i rozvitku sortiv soi' ta na koeficijent zberzhennja roslin [Influence of fertilizer system on the phases of growth and development of soybean varieties and on the coefficient of plant conservation]. Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnyctvo [Agriculture and forestry], no. 13, pp. 119–133.

14. Grygorchuk, N.F., Jakubenko, O.V. (2013). Stvorennja sortiv soi' skorostyglOGO typu [Creation of soybean varieties of precocious type]. Naukovo-tehnicnyj bjuleten' Instytutu olijnyh kul'tur NAAN [Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of NAAS], no. 19, pp. 43–48.

15. Polishhuk, I.S., Polishhuk, M.I., Jurchenko, N.A. (2019). Tryvalist' periodu vegetacii' ta mizhfaznyh periodiv sortiv soi' zalezno vid strokiv sivy ta norm vysivu nasinnja [The duration of the growing season and interphase periods of soybean varieties depending on the timing of sowing and seeding rates]. Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnyctvo [Agriculture and forestry], no. 15, pp. 64–71.

16. Kobyzjeva, L.N., Rjabchun, V.K., Bezugla, O.M. (2004). Shyrokyj unifikovanyj klasyfikator rodu Glycine max. (L). Merr [Broad unified classifier of the genus Glycine max. (L). Merr.]. Inst. Of Plant Breeding named after V.Ya. St. George, Kharkiv, 37 p.

17. Kohanjuk, N.V., Temchenko, I.V., Shtuc', T.M. (2019). Riznomanittja kolekcijnogo materialu soi' za tryvalistju vegetacijnogo periodu. Kormy i kormovy bilok: materialy XI Mizhnarodnoi' nauk. konf. (28 zhovtnja 2019 roku) [Variety of soybean collection material according to the length of the growing season. Feed and feed protein: materials of XI International Sciences. conf. (October 28, 2019)]. Vinnitsa, Institute of Feed and Agriculture of Podillya NAAS, pp. 8–9.

18. Babych, A.O., Babych, A.A. (2010). Selekcija i zonal'ne rozmishennja soi' v Ukraïni [Selection and zonal distribution of soybeans in Ukraine.]. Zbirnyk naukovyh prac' Selekcijno-genetychnogo instytutu – Nacional'nogo centru nasinnjeznavstva ta sortovyvchennja [Collection of scientific works of the Breeding and Genetic Institute – National Center for Seed Science and Variety Research]. Issue 15 (55), pp. 25–32.

19. Metodika derzhavnogo sortoviprobuвання sil'skogospodars'kih kul'tur [Methodology for state variety testing of agricultural crops]. Kyiv, Alefa, 2000, 100 p.

20. Ermantraut, E.R., Malinovs'kij, A.S., Dido-ra, V.G. (2010). Metodika naukovih doslidzen' v agronomii': navch. posib. [Methods of scientific research in agronomy]. Zhitomir, ZhNAEU, 124 p.

Influence of inoculant seed treatment and foliar fertilization on the duration of vegetation and inter-phase periods of soybean cultivars

Chynchik O., Kozyrskyy D.

Offering new soybean varieties to agricultural producers necessitates research on their adaptation to certain soil and climatic conditions of cultivation. Therefore, the sign of the length of the vegetation period is crucial for growing soybeans in specific soil and climatic conditions.

The studies carried out in 2019–2021 have shown a significant dependence of the length of the vegetation period on weather conditions. Thus, the weather conditions in 2021 caused the longest vegetation period for soybean varieties, and the weather conditions in 2020 determined the shortest vegetation period for this legume. It was found that with the introduction of $N_{30}P_{60}K_{60}$ the shortest vegetation period was in the precocious variety of soybean Samorodok and it lasted 101 days. The longer vegetation period was in the precocious soybean cultivar Rogiznyanka and lasted with an average of 113 days. Early maturing soybean cultivars Orpheus and Triada had an average vegeta-

tion period of 112 and 122 days. For the middle early maturing varieties of Eurydice and Arrata the vegetation period lasted 113 and 127 days, respectively. In medium-ripe varieties Azimuth and Aurora the vegetation period lasted 118 and 121 days, respectively. Pre-sowing seed treatment with Rhizoactive extended the vegetation period of the Samorodok soybean cultivar by one day, and the Rogiznyanka, Triada, Orpheus, Arrata, Eurydice, Azimuth and Aurora soybean varieties by two days. On average, over the three years of research, it was found that in the Western Forest-Steppe conditions against the background of $N_{30}P_{60}K_{60}$ application, seed treatment with Rhizoactive and Fulvohumin foliar fertilization, the Arrata soybean cultivar had the longest vegetation period with the duration of 130 days.

Thus, varietal characteristics made the most significant factor influencing the duration of soybean vegetation in the research. At the same time, inoculation of seeds with Rhizoactive and foliar fertilization of crops with Fulvohumin changed the duration of the vegetation period of the studied soybean varieties by only 1–3 days. The studied varieties differed significantly in the initiation and rate of growth and development phases of soybean plants. Since the degree of compliance of growth and development factors with the optimal value varies significantly depending on the phenological phase, it is advisable to grow several varieties of different maturity groups in order to achieve stable soybean production.

Key words: soybean, cultivar, vegetation period, fertilizers, Rhizoactive, Fulvohumin.



Copyright: Чинчик О.С., Козирський 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.



ORCID iD:

Чинчик О.С.


Козирський Д.В.

<https://orcid.org/0000-0003-0566-2516>

<https://orcid.org/0000-0001-5190-4307>

АГРОНОМІЯ

УДК 634.23; 631.52

Складові фотосинтетичної діяльності дерев сортів черешні в умовах Правобережного Лісостепу УкраїниШубенко Л.А. , Шох С.С. , Карпук Л.М. , Дідковський М.В., Козачук С.М.*Білоцерківський національний аграрний університет* Шубенко Л.А. Email: Lidia.shubenko@btsau.edu.ua

Шубенко Л.А., Шох С.С., Карпук Л.М., Дідковський М.В., Козачук С.М. Складові фотосинтетичної діяльності дерев сортів черешні в умовах Правобережного Лісостепу України. «Агробіологія», 2022. № 1. С. 137–144.

Shubenko L., Shokh S., Karpuk L., Didkovskiy M., Kozachuk S. Components of photosynthetic activity of cherry trees in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 137–144.

Рукопис отримано: 17.02.2022 р.

Прийнято: 04.03.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-137-144

У статті наведено результати досліджень фотосинтетичної діяльності дерев сортів черешні. Метою досліджень було вивчення морфологічних, ростових та біохімічних особливостей листяного покриву дерев черешні залежно від строків досягання плодів.

У результаті спостережень, аналізування та лабораторних досліджень визначено морфологічні та біохімічні особливості однорічних приростів дерев, загальну листову поверхню та вміст зелених пігментів у листі, як одних із головних показників фотосинтетичного потенціалу плодівих дерев. Встановлено, що найбільшою сумарною довжиною однорічних приростів серед ранньостиглих сортів характеризувався Дар Млієва, серед середньостиглих – сорт Мелітопольська крапчаста, серед пізньостиглих – сорт Дрогана жовта. Найбільшою середньою довжиною пагонів характеризувалися дерева сорту Аборигенка, а найменшою – Міраж.

Кількість пагонів на дереві та активність річних приростів складають пагоноутворювальну здатність, за отриманими даними сорти черешні поділено на групи: із високим ступенем пагоноутворення – Дар Млієва, Зоряна, Міраж, Мелітопольська крапчаста і Дрогана жовта; середнім – Мліївська жовта, Аборигенка, Меотіда, Амазонка та низьким – сорти Альонушка, Бірюза, Донецький уголок. На активність проходження процесів фотосинтезу і продуктивність насаджень у 6–8-річному віці негативно вплинула невисока площа листяного покриву насаджень черешні – 14–35 % від оптимальної.

Вміст хлорофілу у листках значною мірою залежав від особливостей помологічного сорту, тимчасом від строку досягання плодів залежності не виявлено. За вмістом у листі пігментів фотосинтезу каратиноїдів, хлорофілу a, b, а також суми хлорофілів a+b вигідно вирізнялися сорти черешні середнього строку досягання Міраж та Меотіда. Вміст цих показників перевищував у середньому на 25 % показники інших досліджуваних сортів.

Ключові слова: черешня, фотосинтез, загальна листовая поверхня, довжина однорічних приростів, вміст хлорофілу.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Продуктивність черешні забезпечується як надходженням із ґрунту елементів живлення, так і синтезом поживних речовин у зелених органах асиміляції дерева – листі. Від інтенсивності фотосинтезу залежать біологічна та господарська продуктивність дерев. Листки на деревах є основними органами, що продукують органічну речовину, з якої створюється біомаса дерев, як засвоєна ними сонячна

світлова енергія [1]. Джерелом утворення органічних речовин є фотосинтез, з яким пов'язані найважливіші процеси життєдіяльності рослин, а в результаті і формування високого врожаю. Як відомо, інтенсивність фотосинтезу, а разом і накопичення органічної речовини, залежить від величини листової поверхні, яка визначається біометричними параметрами рослин і тривалістю активної діяльності асиміляційного апарату [2, 3].

Черешню, персик і абрикос вважають найбільш світлолюбними кісточковими культурами. Згідно із дослідженнями чиста продуктивність фотосинтезу листя в умовах достатнього освітлення у 1,5–2 рази вища порівняно із затіненими листками центральної частини крон. Периферійні ділянки отримують 60–70 % світла, до ділянок у центрі крони доходить лише 30–50 % променів. Отже, на утворення одного кілограму плодів черешні у центрі крони треба задіяти майже удвічі більше листової поверхні, аніж на продукування аналогічного периферійного урожаю. Крім того, в умовах достатнього освітлення плоди виростають більшими та з кращим біохімічним складом [4, 17].

З огляду на те, що пагоноутворювальна та регенераційна здатність у черешні низька (її дерева набагато важче омолодити, аніж абрикосові чи персикові), оголення гілок у черешневому саду є серйозною проблемою й значно знижує урожайність [5, 6]. Отже, одним з основних завдань садівника є створення насадження такої конструкції, яка б забезпечила правильний світловий режим усіх ділянок крони.

Стан листового апарату є показником стану рослин та умов вирощування, що характеризується вмістом у листку хлорофілу та елементів живлення. Листок забезпечує синтез органічних речовин, від особливостей його життєдіяльності залежить продуктивність плодівих дерев. Хімічний аналіз листя відображає рівень забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. Вміст основних елементів мінерального живлення в органах плодівих дерев залежить від сорту, підщепи, віку насаджень, навантаження дерев плодами.

Пігментна система листя є одним з найважливіших показників фотосинтетичної діяльності рослин. Її основними компонентами є зелені пігменти – хлорофіли а і b. Їх накопичення в листках, як і в усій рослині, надалі впливає на синтез біомаси і формування врожаю дерев [7, 8].

Формування очікуваного та майбутнього врожаю (закладання генеративних утворень) має значний зв'язок із перебігом фізіологічних процесів у листках та накопиченням рослинної маси. Зниження вмісту хлорофілу в листках негативно позначається на стані рослини, призводить до ослаблення росту пагонів.

Продуктивність агрофітоценозів безпосередньо залежить від створення оптимальних умов фотосинтетичної діяльності листового апарату. Інтенсивність наростання листя в розрахунку на одиницю площі в результаті забезпечує відповідну продуктивність плодівих

насаджень. У зв'язку з цим важливе значення має облиствленість, площа листової поверхні рослин і питома поверхнева щільність розміщення листків [9, 10]. Вважається, що для інтенсивних насаджень оптимальна площа листової поверхні має становити 40–50 тис. м²/га [11, 12, 13]. Для зерняткових порід площа листків більша, ніж 20–25 тис. м²/га, недоцільна через погіршення світлового режиму. Вчені доводять, що оптимум площі листя становить майже 1 кг сирих плодів на 1 м² листової поверхні [14, 15, 16].

Мета дослідження – вивчити морфологічні та біохімічні особливості листового покриву, приростів дерев черешні та вміст пігментів у листі як механізму фотосинтезу.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2019–2021 рр. на Немирівській сортодослідній станції. Ґрунти дослідної ділянки – сірі опідзолени. У цього типу ґрунту добре виражені процеси опідзолення, завдяки чому профіль чітко диференційований за елювіально-ілювіальним типом. Досить активно відбувається нагромадження гумусу, тому його вміст у різних підтипах істотно змінюється. Багата різноманітна рослинність зумовлює значне щорічне надходження в ґрунт органічних решток.

Об'єктами досліджень були сорти черешні: Аборигенка, Бірюза, Дар Млієва, Зоряна, Мліївська жовта, Міраж, Мелітопольська крапчаста, Меотіда, Донецький угольок, Альонушка, Амазонка, Дрогана жовта. Деревця щеплені на підщепі черешня лісова, посаджені за схемою 6 x 4 м. Ґрунт у міжрядді утримували під чорним паром, технологія вирощування – загальноприйнята.

Обліки та спостереження проводили впродовж трьох років згідно з «Методикою проведення польових досліджень із плодівими культурами» П.В. Кондратенка та М.О. Бублика [22].

Площу листової пластинки визначали в кінці вересня методом “висічок”, а площу листової поверхні – множенням кількості листя на площу листової пластинки.

Збір рослинної сировини – листки черешні проводили у фази цвітіння, плодоношення, восени після плодоношення. Вміст хлорофілів і каротиноїдів визначали спектрофотометрично. Пігменти екстрагували, розтираючи сировину з етиловим спиртом в умовах максимального затінення, після чого центрифугували за 5000 об/хв упродовж 10 хвилин. Оптичну густину екстракту визначали за довжин хвиль, які відповідають максимумам поглинання хлорофілів а і b та каротиноїдів в екстрагенті,

використовуючи екстрагент як розчин для порівняння. Результати було перераховано та виражено в мг/100 г сухої маси. Вимірювали також суму хлорофілів а та b (Хл а+b), співвідношення вмісту хлорофілу а до хлорофілу b (Хл а/b), співвідношення каротиноїдів до суми хлорофілів а+b (Кар/Хл а+b). Усі процедури екстракції проводили в умовах слабого світла, щоб уникнути деградації пігментів.

Результати дослідження та обговорення.

Одним із основних показників фотосинтетичної активності дерев черешні є сумарний приріст довжини однорічних пагонів, який певним чином впливає на формування врожаю.

Згідно з результатами досліджень (табл. 1), різниця між величиною сумарного приросту однорічних пагонів у різні роки досить значна. На сьомий рік вегетації дерев ростові процеси проходили досить інтенсивно, можливо, через низький рівень навантаження дерев урожаєм. За сумарною довжиною однорічних пагонів досліджуваних сортів найвищий рівень досягнуто у дерев сорту Мелітопольська крапчаста, а найнижчий у сорту Альонушка.

Аналізуючи отримані дані окремо за вегетаційними періодами, виявлено, що найбільшу сумарну довжину приростів відзначено у 2020 році, коли продуктивність насаджень була найменшою. Імовірно, що поглинуті з ґрунту поживні речовини були використані деревами на ріст деревини. Однак таке твердження вірне не в усіх випадках: у сортів Мліївська жовта, Мелітопольська крапчаста, Бірюза, Дрогана жовта й Амазонка найбільшу сумарну довжину однорічних пагонів спостерігали в попередньому 2019 році одночасно із максимальною врожайністю дерев цих сортів.

Висока урожайність у 2021 році негативно вплинула на величину сумарної довжини однорічних пагонів, спричинивши її зниження. Однак тенденція росту для сортів за роками зберігалася.

Отже, показник сумарної довжини однорічних приростів зумовлений біологічними особливостями досліджуваних сортів черешні.

Підтвердженням цього є те, що серед групи сортів раннього строку досягання в середньому за три роки досліджень найбільшою сумарною довжиною однорічних приростів вирізнявся сорт Дар Млієва, що характеризується також найбільшим об'ємом крони. У насадженнях середньостиглих сортів за результатами трирічних спостережень висока сумарна довжина однорічних приростів також була у слаборослого сорту Мелітопольська крапчаста, хоча об'єм крони дерев був майже найменшим порівняно із іншими середньостиглими

сортами. Значну сумарну довжину однорічних приростів у дерев пізньостиглих сортів черешні отримано в середньорослого, з досить малим об'ємом крони сорту Дрогана жовта.

Вважається, що в структурі крони дерев із змішаним типом плодоношення мають переважати пагони довжиною до 10... 20 см [4, 13], це сприяє формуванню плодоносних утворень і генеративних бруньок.

Отримані результати (табл. 1) свідчать, що впродовж досліджень середня довжина пагонів знаходилася у межах оптимального значення.

У сортів раннього строку досягання в середньому за три роки найбільшою середньою довжиною пагонів характеризувалися дерева сорту Мліївська жовта, хоч у 2020 році показник був дещо вищим у сорту Дар Млієва. Взагалі, порівняно із попереднім вегетаційним періодом у 2020 році спостерігався більш активний ріст однорічних пагонів.

У середньому за роки досліджень у групі середньостиглих найбільшою середньою довжиною пагонів характеризувалися дерева сорту Аборигенка, а найменшою – Міраж. Однак за роками вегетації таке співвідношення не витримується. Так, у 2019 році найбільшу довжину однорічних пагонів спостерігали для сорту Мелітопольська крапчаста, тимчасом у 2020 році – для сорту Альонушка, а у 2021 – для сорту Аборигенка.

Певною стабільністю процесів росту вирізняється сорт Меотіда, у якого відхилення довжини пагонів за роками становить лише 1,1–3,3 см.

У групі пізньостиглих сортів найбільшу середню довжину пагонів зафіксовано у 2019 році для сорту Амазонка, а в 2020–2021 рр. – для сорту Бірюза. У зв'язку з цим за усі роки досліджень у цих сортів була найбільша середня довжина пагонів.

Розглянувши довжину однорічних пагонів дерев черешні за роками досліджень, можна зробити припущення, що на зміну цього показника найбільший вплив спричинювали рівень продуктивності дерев і погодні умови в період вегетації. Можливо, висока температура повітря у 2021 році під час першої хвили росту пагонів загальмувала апікальний ріст і спричинила передчасне формування верхівкових бруньок.

Сумарний приріст однорічних пагонів залежить також від кількості пагонів на дереві, тобто пагоноутворювальної здатності дерев черешні. Як відомо з літературних джерел, дерева черешні за своїми біологічними особливостями є переважно сильнорослими й мають слабку пагоноутворювальну здатність [17, 20].

Таблиця 1 – Річний приріст дерев черешні та площа листкового покриву дерев черешні сортів різних строків досягання (середнє за 2019–2021 рр.)

Помологічний сорт	Сумарна довжина однорічних приростів, м	Середня довжина однорічних пагонів, см	Кількість пагонів у дерев черешні, шт./дер	Площа листкового покриву, тис.м ² /га
Ранньостиглі сорти				
Дар Млієва	10,09	18,4	49	38,5
Зоряна (к)	6,24	15,1	46	18,6
Мліївська жовта	8,71	23,4	35	10,9
Середньостиглі сорти				
Міраж	13,57	21,8	61	59,8
Альонушка	2,67	24,7	12	7,1
Аборигенка	10,07	25,7	39	8,2
Мелітопольська крапчаста	18,56	24,5	72	34,2
Меотіда (к)	9,55	22,6	44	37,2
Пізньостиглі сорти				
Бірюза	7,21	22,2	34	7,5
Донецький угольок	3,82	18,2	20	10,2
Дрогана жовта (к)	9,26	20,2	49	18,1
Амазонка	8,94	22,5	12	32,4
НІР ₀₅	0,38	0,8	2,1	2,8

Аналізуючи отримані дані необхідно відмітити, що кількість пагонів на дереві в окремі роки значно змінювалась. Якщо у ранньостиглих сортів у 2019 році показник коливався у межах 39–73, то у наступні роки, відповідно – 32–67 та 30–41. Різке зменшення пагоноутворювальної здатності дерев черешні у 2021 році зумовлено значним навантаженням їх урожаєм, тимчасом у 2020 році його відсутність сприяла активізації вегетативного росту.

Значна кількість пагонів на деревах сортів Зоряна (к) й Мліївська жовта у 2019 році, можливо, пов'язана з менш сприятливими умовами перезимівлі дерев і пошкодженням генеративних бруньок, що зумовило посилення ростових процесів.

Подібну ситуацію спостерігали й у дерев черешні середніх строків досягання у 2019 році, коли відбулося зростання кількості пагонів за високого рівня урожайності насаджень. Високу пагоноутворювальну здатність у цій групі спостерігали для сорту Мелітопольська крапчаста, у якого утворилося приблизно 72 пагони на дереві. Низька пагоноутворювальна здатність характерна для сорту Альонушка – від 9 до 16 пагонів на дерево впродовж досліджень.

У групі пізніх сортів за період досліджень утворювалося в середньому 12–49 пагонів на дерево. Найвищий показник відмічено у 2019 році для сорту Дрогана жовта, який також належить до групи з високою збудливістю бруньок. Найнижчу кількість пагонів спостерігали

для сорту Донецький угольок – не більше 24 пагонів на дерево.

Фотосинтетичний потенціал плодового дерева має певну залежність від загальної площі листкового покриву дерев. Вважається, що для насаджень інтенсивного типу кісточкових порід оптимальна площа листяного покриву має бути в межах 40...50 тис. м²/га [21, 23].

Під час проведення досліджень виявлено, що на величину асиміляційної поверхні дерев значний вплив спричинювали погодні умови та фітосанітарний стан насаджень. Внаслідок пошкодження листя кокомікозом, що спричинило значний негативний вплив на формування листяної поверхні дерев у 2020 році (особливо для сортів Альонушка, Бірюза і Дрогана жовта), відбулося опадання ураженого листя і пригнічення фотосинтетичної діяльності. Однак завдяки швидкому наростанню нового листя це мало незначний вплив на величину загальної листкової поверхні дерев.

Рослинні пігменти хлорофіли та каротиноїди є відповідальними за поглинання, передачу і перетворення світлової енергії під час фотосинтезу впродовж вегетації. Крім того, вони проявляють біологічно активну діяльність за терапевтичного застосування, а також антиоксидантну, імуномодулювальну, протипухлинну, протизапальну дію, знижують ризик серцево-судинних та вікових захворювань, діабету. Пошук рослин з високим вмістом хлорофілів і каротиноїдів залишається актуальним завданням нутрацевтики, фармації та медицини [18].

Утворення органічної речовини відбувається під час фотосинтезу за участю пігментів, що містяться у листку, від особливостей життєдіяльності якого залежить продуктивність плодового дерева. Основними показниками продукційних процесів листка є структура та вміст пігментів [19].

Згідно з отриманими даними, вміст хлорофілу у листках значною мірою залежав від особливостей помологічного сорту, тимчасом від строку досягання плодів залежностей не виявлено.

Високий вміст хлорофілу а в групі ранньостиглих спостерігали в листку контрольного сорту Зоряна (табл. 2), середньостиглих – у сорту Міраж, а пізньостиглих – сорту Дрогана жовта. Порівняно із сортом Дрогана жовта, вищий вміст хлорофілу а зафіксовано для контрольних сортів Зоряна, Меотіда, а також Мліївська жовта і Міраж.

Вміст хлорофілу b в листі черешні був удвічі меншим, ніж вміст хлорофілу а. Крім того, у середньому за роки серед ранньостиглих сортів найвищим вмістом хлорофілу b характеризувався сорт Мліївська жовта, дещо меншим – контрольний сорт Зоряна. У середньостиглих найвищим вмістом характеризувався також контрольний сорт Меотіда, а серед пізньо-

стиглих – Донецький угольок. Порівняно високим вмістом хлорофілу b у групі пізньостиглих вирізнявся також контрольний сорт Дрогана жовта, його вміст був більшим від згаданого лише у сортів Зоряна, Мліївська жовта, Міраж, Аборигенка, Меотіда і Донецький угольок.

Вищим сумарним вмістом хлорофілу a+b вирізнялися сорти черешні, у яких більшим також був вміст хлорофілу b – Мліївська жовта, Меотіда й Донецький угольок. Отже, сумарний вміст хлорофілу був вищим за контроль лише у групі ранньостиглих – сорту Мліївська жовта, у групах середньо- і пізньостиглих строків досягання найвищим вмістом характеризувалися контрольні сорти Меотіда і Дрогана жовта.

Каротиноїди є важливою частиною спектра пігментів у листі багаторічних культур. За даними проведених аналізів встановлено, що в листі сортів черешні значним вмістом каротиноїдів характеризувалися ті сорти, в яких був високий вміст хлорофілів а і b: у групі ранньостиглих – сорти Зоряна і Дар Млієва; середньостиглих – Міраж і Меотіда; пізньостиглих – сорт Донецький угольок.

Отже, в листках черешні різних строків досягання вміст пігментів визначався особливостями помологічного сорту, й залежності від інших чинників не виявлено.

Таблиця 2 – Вміст пігментів у листках черешні різних строків досягання, мг/100 г сирової маси

Помологічні сорти	Хлорофіл			Каротиноїди
	a	b	сума a+b	
Ранньостиглі сорти				
Дар Млієва	62,47	29,39	88,47	39,84
Зоряна (к)	84,34	35,77	118,33	47,96
Мліївська жовта	82,28	36,18	118,44	47,04
Середньостиглі сорти				
Міраж	97,82	36,09	131,58	57,24
Альонушка	75,70	29,96	105,95	45,28
Аборигенка	70,99	32,39	103,82	45,44
Мелітопольська крапчаста	73,89	31,18	103,83	45,79
Меотіда (к)	96,68	46,28	142,28	56,13
Пізньостиглі сорти				
Бірюза	67,21	30,09	94,88	42,35
Донецький угольок	75,59	32,09	107,49	44,45
Дрогана жовта (к)	76,19	31,09	112,68	42,01
Амазонка	75,92	25,35	102,78	39,48
<i>HIP</i> ₀₅	3,14	2,66	5,83	1,41

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що найвищий рівень сумарної довжини однорічних пагонів спостерігали у дерев сортів Мелітопольська крапчаста, найменший приріст отримано у сорту Альонушка.

Згідно з отриманими даними сорти черешні за здатністю до пагоноутворення доцільно поділити на групи: із високим ступенем – Дар Млієва, Зоряна, Міраж, Мелітопольська крапчаста і Дрогана жовта; середнім – Мліївська жовта, Аборигенка, Меотіда, Амазонка та низьким ступенем пагоноутворення – сорти Альонушка, Бірюза, Донецький угольок.

Встановлено, що у 6–8 річному віці площа листкового покриву насаджень черешні була невисокою – не більше 14–35 % від оптимальної, що негативно вплинуло на активність проходження процесів фотосинтезу і продуктивність насаджень.

За вмістом у листку пігментів фотосинтезу каротиноїдів, хлорофілу а, b, а також суми хлорофілів а+b вигідно вирізнялися сорти черешні середнього строку досягання Міраж та Меотіда. Вміст цих показників перевищував у середньому на 25 % показники інших досліджуваних сортів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологічні аспекти створення інтенсивних насаджень черешні в Лісостепу України / О.А. Кіщак та ін. Вісник аграрної науки. 2020, № 3 (804). С. 27–37. DOI: 10.31073/agrovisnyk202003-04
2. Yavorska N., Vorobets N. Photosynthetic pigments in shoots of *Vaccinium corymbosum* L. (cv. Elliott). *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health, and Life Quality*. Slovak University of Agriculture in Nitra. 2019. P. 93–100.
3. Handbook of Plant Breeding / Kappel F. et al. *Cherry*. 2012. Vol. 8. P. 459–504. DOI: 10.1007/978-1-4419-0763-9-13
4. Features of growth processes of sweet cherry trees of various ripening terms in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine / Shubenko L. et al. *Scientific Horizons*. 2021. 24 (7). P. 61–67. DOI: 10.48077/scihor.24(7).2021.61-67
5. Balmer M. Excursion report: sweet cherry growing in Australia. *Erwerbs-Obstbau*. 2015. Vol. 57 (3). P. 107–111. DOI: 10.1007/s10341-015-0237-7
6. Bujdosó G., Hrotko K. Performance of three Hungarian early sweet cherry cultivars on some novel bred rootstocks. *Acta Horticulturae*. 2016. Issue 1139. P. 153–158. DOI: 10.17660/ActaHortic. 2016.1139.27
7. Meland M., Froyne O., Kaiser C. High tunnel production systems improve yields and fruit size of sweet cherry. *Acta Horticulturae*. 2017. Issue 1161. P. 117–124. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1161.20
8. Improving Fruit Coloration, Quality Attributes, and Phenolics Content in ‘Rainier’ and ‘Bing’ Cherries by Gibberellic Acid Combined with Homobrassinolide / Li M. et al. *Journal of plant growth regulation*. 2019. № 11. P. 25–28. DOI: 10.1007/s00344-019-10049-4
9. Grandi M., Lugli S. Effects of rootstock and training system on fruit quality of new sweet cherry cultivars. *Acta Horticulturae*. 2017. Issue 1161. P. 133–135. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1161.22
10. Yielding and fruit quality of elected sweet cherry (*Prunus avium*) Cultivars in the conditions of Central Poland / Szpadzik E. et al. *Acta Scientiarum*. 2019. Issue 18 (3). P. 117–126. DOI: 10.24326/asphe2019.3.11
11. Присяжнюк О.І., Коровко І.І. Динаміка вмісту хлорофілів у листках цукрових буряків. *Новітні агротехнології*. 2015. 3. С. 11–12. DOI: 10.21498/na.1(3).2015.118908
12. Dwarfing rootstocks and training systems affect initial growth, cropping and nutrition in ‘Skeena’ sweet cherry / Nielsen D. et al. *Acta Horticulturae*. 2016. Issue 1130. P. 199–205. DOI: 10.17660/ActaHortic 1130.29
13. Applicability of new training systems for sweet cherry in Turkey / Soysal D. et al. *Turkish j. of agriculture and forestry*. 2019. Issue 43(3). P. 318–325. DOI: 10.3906/tar-1808-104
14. Cherry training systems / Long L. et al. *A Pacific Northwest Extension Publication*. Oregon State University. 2015. 63 p.
15. Musacchi S., Gagliardi F., Serra S. New Training Systems for High-density Planting of Sweet Cherry. *Horticultural Science*. 2015. Issue 50 (1).
16. Bosa K., Jadczyk-Tobiasz, E., Kalaji M.H. Photosynthetic productivity of pear trees grown on different rootstocks. *Annali Di Botanica*. 2016. 6. P. 69–75. DOI: 10.4462/annbotm-13172
17. Вміст основних хімічних елементів у плодах черешні різних строків досягання / Шубенко Л.А. та ін. *Агробіологія: збірник наукових праць*. № 1 (162) 2021. Біла Церква: БНАУ, 2021. С. 168–174. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-173-179
18. Яворська Н.Й., Воробець Н.М. Вміст хлорофілів і каротиноїдів у пагонах лохини високо-рослої (*Vaccinium corymbosum* L.). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Біологія*. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2020. Вип. 3-4 (80). С. 33–39. DOI: 10.25128/2078-2357.20.3-4.5
19. Yakovenko R., Kopytko P., Pelekhayti V. The content of chlorophyll and nutrients in apple leaves depending on longterm fertiliser. *Scientific Horizons*. 2021. 24(2). P. 93–98. DOI: 10.48077/scihor.24(2).2021.93-98
20. Phytopigments, poline, chlorophyll index, yield and leaf nitrogen as impacted by rootstock, training system, and girdling in “Aztec Fuji” apple / Fallahi E. et al. *American Journal of Plant Sciences*. 2019. 10(9). P. 1583–1598. DOI: 10.4236/ajps.2019.109112.
21. Havryliuk, O., Kondratenko, T. Specific of the Assimilation Surface of Columnar Apple-Tree. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2019. (3). P. 57–65.
22. Кондратенко П.В., Бублик М.О. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. К.: Аграрна наука, 1996. 96 с.

23. Гаврилук О., Кондратенко Т. Структурно-функціональний стан листків колоноподібних сортів яблуні в умовах Київщини. Наукові доповіді НУБіП України. 2020. (2(84)). DOI: 10.31548/dopovidi2020.02.013

REFERENCES

1. Kishhak, O.A., Grynyk, I.V., Barabash, L.O., Kishhak, Ju.P. (2020). Tehnologichni aspekty stvorennya intensyvnyh nasadzen' cheresnyi v Lisostepu Ukrainy [Technological aspects of creation of intensive cherry plantations in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk agrarnoi' nauky* [Bulletin of Agricultural Science], no. 3 (804), pp. 27–37. DOI: 10.31073/agrovisnyk202003-04
2. Yavorska, N., Vorobets, N. (2019). Photosynthetic pigments in shoots of *Vaccinium corymbosum* L. (cv. Elliott). *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health, and Life Quality*. Slovak University of Agriculture in Nitra. pp. 93–100.
3. Kappel, F., Grander, A., Hrotko, K., Schuster, M. (2012). Cherry. *Handbook of Plant Breeding*. Vol. 8, pp. 459–504. DOI: 10.1007/978-1-4419-0763-9-13
4. Shubenko, L., Shokh, S., Karpuk, L., Pavlichenko, A., Philipova, L. (2021). Features of growth processes of sweet cherry trees of various ripening terms in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. no. 24 (7), pp. 61–67. DOI: 10.48077/scihor.24(7).2021.61-67
5. Balmer, M. (2015). Excursion report: sweet cherry growing in Australia. *Erwerbs-Obstbau*. Vol. 57 (3), pp. 107–111. DOI: 10.1007/s10341-015-0237-7
6. Bujdosó, G., Hrotko, K. (2016). Performance of three Hungarian early sweet cherry cultivars on some novel bred rootstocks. *Acta Horticulturae*. Issue 1139, pp. 153–158. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1139.27
7. Meland, M., Froynes, O., Kaiser, C. (2017). High tunnel production systems improve yields and fruit size of sweet cherry. *Acta Horticulturae*. Issue 1161, pp. 117–124. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1161.20
8. Li, M., Cheng, S.C., Wang, Y., Dong, Yu. (2019). Improving Fruit Coloration, Quality Attributes, and Phenolics Content in ‘Rainier’ and ‘Bing’ Cherries by Gibberellic Acid Combined with Homobrassinolide. *Journal of plant growth regulation*. no. 11, pp. 25–28. DOI: 10.1007/s00344-019-10049-4
9. Grandi, M., Lugli, S. (2017). Effects of rootstock and training system on fruit quality of new sweet cherry cultivars. *Acta Horticulturae*. Issue 1161, pp. 133–135. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1161.22
10. Szpadzik, E., Krupa, T., Niemiec, W., Jadczyk Tobjasz, E. (2019). Yielding and fruit quality of elected sweet cherry (*Prunus avium*) Cultivars in the conditions of Central Poland. *Acta Scientiarum*. Issue 18 (3), pp. 117–126. DOI: 10.24326/asphc2019.3.11
11. Prysiazhnjuk, O.I., Korovko, I.I. (2015). Dynamika vmistu hlorofiliv u lystkah cukrovych burjakiv [Dynamics of chlorophyll content in sugar beet leaves]. *Novitni agrotehnologii'* [The latest agricultural technologies], no. 3, pp. 11–12. DOI: 10.21498/na.1(3).2015.118908
12. Neilsen, D., Neilsen, G.H., Forge, T., Lang, G.A. (2016). Dwarfing rootstocks and training systems

affect initial growth, cropping and nutrition in ‘Skeena’ sweet cherry. *Acta Horticulturae*. Issue 1130, pp. 199–205. DOI: 10.17660/ActaHortic.1130.29

13. Soysal, D., Demirsoy, L., Magit, I. (2019). Applicability of new training systems for sweet cherry in Turkey. *Turkish j. of agriculture and forestry*. Issue 43(3), pp. 318–325. DOI: 10.3906/tar-1808-104
14. Long, L., Long, G., Musacchi, S., Whiting, M. (2015). Cherry training systems. *A Pacific Northwest Extension Publication*. Oregon State University. 63 p.
15. Musacchi, S., Gagliardi, F., Serra, S. (2015). New Training Systems for High-density Planting of Sweet Cherry. *Horticultural Science*. Issue 50 (1).
16. Bosa, K., Jadczyk-Tobjasz, E., Kalaji, M.H. (2016). Photosynthetic productivity of pear trees grown on different rootstocks. *Annali Di Botanica*. no. 6, pp. 69–75. DOI: 10.4462/annbotm-13172
17. Shubenko, L.A., Shoh, S.S., Fedoruk, Ju.V., Myhajljuk, D.V., Vujko, A.M. (2021). Vmist osnovnyh himichnyh elementiv u plodah cheresnyi riznyh strokiv dostygannja [The content of basic chemical elements in cherry fruits of different maturity]. *Agrobiologija: zbirnyk naukovykh prac'* [Agrobiology: a collection of scientific papers]. *Bila Tserkva, BNAU*, no. 1 (162), pp. 168–174. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-173-179
18. Javors'ka, N.J., Vorobec', N.M. (2020). Vmist hlorofiliv i karotynoi'div u pagonah lohyny vysokorosloi' (*Vaccinium corymbosum* L.) [The content of chlorophylls and carotenoids in the shoots of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.)]. *Naukovi zapysky Ternopil's'kogo nacional'nogo pedagogichnogo universytetu imeni Volodymyra Gnatjuka*. *Biologija* [Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatiuk. Biology]. Ternopil, TNPU them. V. Hnatyuk, Issue 3-4 (80), pp. 33–39. DOI: 10.25128/2078-2357.20.3-4.5
19. Yakovenko, R., Kopytko, P., Pelekhatyi, V. (2021). The content of chlorophyll and nutrients in apple leaves depending on longterm fertiliser. *Scientific Horizons*. no. 24(2), pp. 93–98. DOI: 10.48077/scihor.24(2).2021.93-98
20. Fallahi, E., Mahdavi, S., Kaiser, C., Fallahi, B. (2019). Phytopigments, poline, chlorophyll index, yield and leaf nitrogen as impacted by rootstock, training system, and girdling in “Aztec Fuji” apple. *American Journal of Plant Sciences*. no. 10(9), pp. 1583–1598. DOI: 10.4236/ajps.2019.109112.
21. Havryliuk, O., Kondratenko, T. (2019). Specific of the Assimilation Surface of Columnar Apple-Tree. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. no. 3, p. 57–65.
22. Kondratenko, P.V., Bublyk, M.O. (1996) *Metodyka provedennja pol'ovyh doslidzen' z plodovymy kul'turamy* [Methods of conducting field research with fruit crops]. *Kyiv, Agricultural science*, 96 p.
23. Gavryljuk, O., Kondratenko, T. (2020). Strukturno-funkcional'nyj stan lystkiv kolonopodibnyh sortiv jabluni v umovah Kyi'vshhyny [Structural and functional state of leaves of columnar apple cultivars in Kyiv region]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy* [Scientific reports of NULES of Ukraine], no. 2(84). DOI: 10.31548/dopovidi2020.02.013

Components of photosynthetic activity of cherry trees in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine
Shubenko L., Shokh S., Karpuk L., Didkovskiy M., Kozachuk S.

The article presents the results of research on the photosynthetic activity of cherry trees. The aim of the research was to study the morphological, growth and biochemical characteristics of the leaf cover of cherry trees depending on the time of fruit ripening.

Observations, analysis and laboratory studies reveal morphological and biochemical features of annual tree growth, total leaf surface and content of green pigments in the leaves which is one of the main indicators of photosynthetic potential of fruit trees. It was established that Dar Mlieva was characterized by the largest total length of annual increments among early ripening varieties, Melitopol's'ka krapchasta variety – among medium ripening varieties, and Drogana zhovta variety among late ripening varieties. Aborehenka variety had the largest average length of shoots, and Mirage variety had the smallest length.

The number of shoots on the tree and the activity of annual new ramules make the shoot-forming ability.

Cherry varieties are divided into groups according to the obtained data: with a high degree of shoot formation – Dar Mlieva, Zoryana, Mirage, Melitopol's'ka krapchasta and Drogana zhovta; middle degree – Mliivsky zhovta, Aboriginal, Meotida, Amazon and low degree – varieties Alyonushka, Biryuza, Donetskyy uhol'ok. Low leaf area of cherry plantations negatively affected the activity of the processes of photosynthesis and productivity of plantations aged 6–8 years and made 14–35 % of the optimal.

The content of chlorophyll in the leaves depended largely on the characteristics of the pomological variety, while for the maturity of the fruit, the dependence was not detected. The middle maturity cherry varieties of Mirage and Meotida differed favorably in the content in the leaf of pigments of photosynthesis of carotenoids, chlorophyll a, b, as well as the sum of a + b chlorophylls. The content of these indicators exceeded the indicators of other studied varieties by 25 % on average.

Key words: sweet cherry, photosynthesis, total leaf surface, length of annual increments, chlorophyll content.



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.



ORCID iD:

Шубенко Л.А.

Шох С.С.

Карпук Л.М.

<https://orcid.org/0000-0002-8938-9520>


<https://orcid.org/0000-0002-4141-8898>

<https://orcid.org/0000-0002-2303-7899>


АГРОНОМІЯ

УДК 633.174:631.547/.559

Урожайність та енергетична ефективність сорго зернового за різних заходів догляду за посівами

Тітаренко О.С., Карпук Л.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Тітаренко О.С. E-mail: kutsenkooksanaa111@gmail.com

Тітаренко О.С., Карпук Л.М. Урожайність та енергетична ефективність сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. «Агробіологія», 2022. № 1. С. 145–151.

Titarenko O., Karpuk L. Yield and energy efficiency of sorghum grain under different crop care measures. «Agrobiologia», 2022. no. 1, pp. 145–151.

Рукопис отримано: 19.06.2022 р.

Прийнято: 23.06.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151

У статті наведено результати досліджень щодо особливостей формування урожайності сорго зернового та його енергетичної ефективності залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин в умовах нестійкого зволоження Лісостепу Правобережного.

Метою досліджень було виявлення впливу елементів технології вирощування ранньостиглих гібридів сорго зернового на продуктивність та енергетичну ефективність культури. Упродовж 2019–2021 рр. проводили дослідження на дослідному полі навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету.

Виявлено, що найбільш сприятливі умови для реалізації біологічного потенціалу культури склались у 2021 році, коли в середньому в досліді було отримано 9,89 т/га, порівняно з 2020 роком – 5,39 т/га.

Досліджено, що при вирощуванні гібриду сорго Брігга, кращі показники урожайності зерна було отримано на варіанті з використанням позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра у поєднанні з регулятором росту Стимпо, – 7,71 т/га. Проте, за вирощування гібриду сорго Ютамі, на варіанті застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, у комбінації з обома регуляторами росту отримано урожайність – 8,89 та 8,88 т/га.

Визначено, що за вирощування гібриду сорго Брігга кращі показники збору енергії з зерном було отримано на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га в поєднанні з регулятором росту Стимпо – 116,72 ГДж/га. А за вирощування гібриду сорго Ютамі на варіанті застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, в комбінації з обома регуляторами росту отримано мінімальну різницю та максимум збору енергії – 134,58 та 134,39 ГДж/га.

Ключові слова: сорго зернове, гібрид, регулятор росту, мікродобриво, урожайність, енергетична ефективність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сорго зернове є високопродуктивною культурою. За обсягами виробництва зерна на світовому ринку посідає п'яте місце серед інших зернових культур. В Україні набуває досить швидкого поширення за різкої зміни агрокліматичних чинників і можливостей використання культури. Останніми роками спостерігається динамічність зміни погодних метеоелементів, особливо у напрямку посушливості, що періодично чинить несприятливий вплив на ріст і розвиток ярих зернових культур та зниження рівня урожайності.

Урожайність рослин сорго зернового є вирішальним чинником перевірки дієвості різних заходів догляду за посівами у польових умовах.

У світовому виробництві сорго є однією з основних продовольчих культур, особливо в таких країнах, як Індія, КНР, Ефіопія, Марокко, Судан, займаючи площі близько 50 млн га. Батьківщиною сорго зернового є Африка. Відоме в культурі приблизно за 3 тис. років до н.е. Сорго є також технічною культурою [1–3].

В Україні сорго вирощують переважно як кормову культуру на зерно і зелену масу на площі понад 85 тис. га. Основні площі посіву

розміщені в південних посушливих областях: Миколаївській, Херсонській, Одеській, Дніпропетровській та ін. Середня врожайність становить 1,25–1,45 т/га. У передових господарствах збирають по 4,5–5,0 т/га зерна і 25,0–30,0 т/га зеленої маси [1].

Біологічні особливості сорго дозволяють вирощувати його практично в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, окрім Полісся. Сорго посідає чільне місце серед зернових сільськогосподарських культур, а особливо серед біоенергетичних культур. При цьому сорго також сприяє забезпеченню підвищення виробничої ефективності й використання біотичних та абіотичних чинників: світла, живлення, вологи, агрокліматичного потенціалу місцевості, тощо [4–8].

Серед різноманіття сільськогосподарських культур, придатних для виготовлення біоетанолу, однією з найперспективніших вважається сорго зернове [9–12]. Воно формує високу фотосинтетичну продуктивність, і може сформувати потужну біомасу, багату енергією за короткий проміжок часу [8, 13–18]. У сорго значна частина енергії міститься в речовинах, що конвертуються в біоетанол. У сорго зерновому такою речовиною є крохмаль зерна [19].

Експериментальні дослідження, які були проведені в Індійському Міжнародному інституті дослідження зернових культур середньоафриканських тропіків, виявили, що за використання нових гібридів отримано велику кількість біомаси та високу фотосинтетичну продуктивність, порівняно з сортами, вирощеними у

нормальних умовах, включаючи обмеженість водними ресурсами [20]. Так, урожайність зерна з гектара у сортів склала 4,6 т, а у гібридів 8,5 т відповідно.

Метою дослідження було виявлення впливу елементів технології вирощування ранньостиглих гібридів сорго зернового на продуктивність та енергетичну ефективність культури.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили протягом 2019–2021 років на дослідному полі НВЦ Білоцерківського НАУ, що розташоване у зоні нестійкого зволоження Лісостепу Правобережної України.

Погодні показники в роки проведення досліджень (2019–2021 рр.), відрізнялись від середніх багаторічних значень, проте, у цілому, були сприятливими для вегетаційного періоду рослин.

Схему виявлення впливу мікродобрив й регуляторів росту на урожайність гібридів сорго зернового наведено в табл. 1.

Площа посівної ділянки 45 м², а облікової – 35 м²; повторність – чотириразова.

Обробку мікродобривами та регуляторами росту проводили в рекомендованих виробничих дозах застосування.

Дослідження проводили згідно методик польового досліду та методики Державного сортопробування сільськогосподарських культур.

Результати дослідження та обговорення. Основним критерієм оцінки ефективності застосування зазначених елементів технології вирощування слід вважати показники урожайності сорго зернового (табл. 2).

Таблиця 1 – Схема вивчення впливу мікродобрив та регуляторів росту на продуктивність гібридів сорго зернового

Гібрид	Мікродобрива	Регулятори росту
Брігга	Без мікродобрив	Без регулятора росту
		Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків
		Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків
	Альфа-Гроу-Екстра 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті)	Без регулятора росту
		Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків
		Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків
	Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб)	Без регулятора росту
		Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків
		Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків
Ютамі	Без мікродобрив	Без регулятора росту
		Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків
		Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків
	Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2–9 листків, 3 – викидання волоті)	Без регулятора росту
		Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків
		Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків
	Інтермаг – Кукурудза 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб)	Без регулятора росту
		Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків
		Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків

Таблиця 2 – Урожайність зерна сорго зернового за внесення мікродобрив та регуляторів росту рослин

Гібрид	Мікродобриво	Регулятор росту	Урожайність, т/га			
			2019	2020	2021	середнє
Брігга	Без мікродобрив	Без регулятора	7,11	4,56	8,29	6,65
		Регоплант	7,20	4,63	8,40	6,74
		Стимпо	7,16	4,67	8,36	6,73
	Альфа-Гроу-Екстра	Без регулятора	7,89	4,88	9,37	7,38
		Регоплант	7,99	4,96	9,48	7,48
		Стимпо	8,69	5,00	9,43	7,71
	Інтермаг	Без регулятора	7,83	4,80	9,31	7,31
		Регоплант	7,94	4,88	9,41	7,41
		Стимпо	7,92	4,91	9,37	7,40
Ютамі	Без мікродобрив	Без регулятора	8,23	5,63	9,77	7,88
		Регоплант	8,32	5,73	9,88	7,98
		Стимпо	8,28	5,76	9,83	7,96
	Альфа-Гроу-Екстра	Без регулятора	9,18	6,00	11,14	8,77
		Регоплант	9,28	6,14	11,25	8,89
		Стимпо	9,25	6,17	11,21	8,88
	Інтермаг	Без регулятора	9,14	6,00	11,11	8,75
		Регоплант	9,26	6,12	11,22	8,87
		Стимпо	9,23	6,14	11,17	8,85
		НІР _{0,05}	0,15	0,11	0,16	0,20

Якщо аналізувати урожайність сорго зернового в роки проведення досліджень, то найбільш сприятливі умови для реалізації біологічного потенціалу культури склалися в 2021 році, коли в середньому в досліді отримано 9,89 т/га, а гіршим був 2020 рік – 5,39 т/га, при цьому середня урожайність на Київщині сорго зернового становила 3,8 т/га.

Основні відмінності в продуктивності рослин різних гібридів отримано за рахунок того, що гібрид Ютамі має на 10–15 діб довший період вегетації, а отже й більш ефективно використовує сонячну енергію. А тому в умовах 2019 року він сформував на 1,16 т/га вищу урожайність чим гібрид Брігга, а у 2021 році – на 1,68 т/га.

У цілому ж контрольні варіанти досліді для обох гібридів сорго зернового показували мінімальні значення рівня урожайності культури, порівняно з додатковими елементами технології вирощування.

Досліджено, що при вирощуванні гібриду сорго Брігга, кращі показники урожайності зерна було отримано на варіанті з використанням позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 7,71 т/га. Проте, за вирощування гібриду сорго Ютамі, на варіанті застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) у ком-

бінації з обома регуляторами росту отримано урожайність – 8,89 та 8,88 т/га. Аналогічно, ефективним з точки зору урожайності зерна був і варіант внесення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків – 8,87 т/га.

Якщо аналізувати особливості дії регуляторів росту, то досить цікавим є період, що відповідає несприятливим умовам вирощування – 2020 року. Так, за нормальних умов вирощування ми спостерігали перевагу регулятора росту Регоплант, який забезпечував хоча б мінімальні, але вищі показники порівняно зі Стимпо. А саме за несприятливих умов вирощування кращим виявився регулятор росту Стимпо, що на нашу думку полягає в тому, що до його складу входить комплекс біологічно-активних сполук - продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів – 1 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C14-C28), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи), а до складу Регопланту входить не тільки комплекс біологічно-активних сполук – продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів – 0,3 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C14-C28), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи) а й калієва сіль альфа-нафтилоцтової кислоти – 1 мг/л. Тобто, в умовах екстремального впливу факторів вище концентрація фітогормонів цитокінінової

та ауксинової природи виявилась ефективнішою у впливі на рослини, а ніж синтетичні аналоги фітогормонів.

Частка впливу факторів на формування урожайності сорго зернового знайшла своє відображення на рисунку 1.

Визначено, що підбір гібриду впливав на урожайність культури на 35 %, мікродобриво на 14 %, а частка регулятора росту була досить незначною. При цьому також спостерігаються взаємодії факторів досліду.

Також окремо слід відмітити значний вплив погодних умов (на рівні 31 %) на формування

урожайності сорго зернового. Що викликано тим, що викликано контрастними умовами вегетаційних періодів років досліджень в умовах Київської області.

Енергетичні показники сорго зернового ми використовували для визначення ефективності його вирощування за застосування різних елементів технології та уникнення похибки викликані диспаритетом цін економічних показників. Адже в минулому році не виправдано високо зросла вартість мінеральних добрив, а за нею і вартість паливно-мастильних матеріалів (табл. 3).

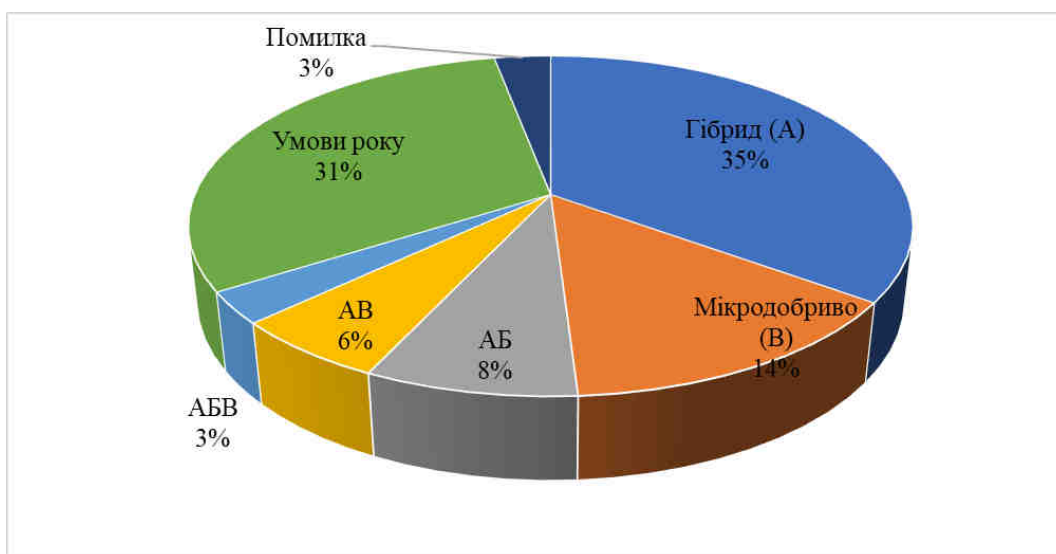


Рис. 1. Частка впливу факторів на формування урожайності сорго зернового.

Таблиця 3 – Енергетична ефективність вирощування сорго зернового

Гібрид	Мікродобриво	Регулятор росту	Збір енергії з врожаєм, ГДж/га	Витрати енергії, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Брігга	Без мікродобрив	Без регулятора	100,73	41,00	2,46
		Регоплант	102,08	41,80	2,44
		Стимпо	101,90	41,80	2,44
	Альфа-Гроу-Екстра	Без регулятора	111,73	43,00	2,60
		Регоплант	113,23	44,10	2,57
		Стимпо	116,72	44,10	2,65
	Інтермаг	Без регулятора	110,72	43,00	2,57
		Регоплант	112,18	44,10	2,54
		Стимпо	112,05	44,10	2,54
Ютамі	Без мікродобрив	Без регулятора	119,25	41,00	2,91
		Регоплант	120,75	41,80	2,89
		Стимпо	120,48	41,80	2,88
	Альфа-Гроу-Екстра	Без регулятора	132,80	43,00	3,09
		Регоплант	134,58	44,10	3,05
		Стимпо	134,39	44,10	3,05
	Інтермаг	Без регулятора	132,48	43,00	3,08
		Регоплант	134,22	44,10	3,04
		Стимпо	133,94	44,10	3,04

При вирощуванні гібриду сорго Брігга кращі показники збору енергії з зерном було отримано на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2–9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 116,72 ГДж/га. А за вирощування гібриду сорго Ютамі на варіанті застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2–9 листків, 3 – викидання волоті) в комбінації з обома регуляторами росту отримано мінімальну різницю та максимум збору енергії – 134,58 та 134,39 ГДж/га. Аналогічно, ефективним з точки зору отриманої енергії з врожаєм був і варіант внесення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Репоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків – 134,22 ГДж/га.

Досліджено, що за вирощування гібриду сорго Брігга було отримано вищий коефіцієнт енергетичної ефективності (КЕЕ) на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2–9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 2,65. А за умови культивування гібриду Ютамі на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2–9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків отримано КЕЕ – 3,05, а за аналогічного застосування мікродобрива та регулятора росту Репоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків – 3,05. При цьому варіанти застосування позакореневого підживлення без регуляторів росту були на рівні комбінованого внесення препаратів, за рахунок того, що регулятори росту суттєво не впливали на підвищення рівня урожайності рослин.

Висновки. Виявлено, що найбільш сприятливі умови для реалізації біологічного потенціалу культури склалися у 2021 році, коли в середньому в досліді було отримано 9,89 т/га, порівняно з 2020 роком – 5,39 т/га.

При вирощуванні гібриду сорго Брігга, вищі показники урожайності зерна було отримано на варіанті з використанням позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра у поєднанні з регулятором росту Стимпо, – 7,71 т/га. Проте, за вирощування гібриду сорго Ютамі, на варіанті застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, у комбінації з обома регуляторами росту отримано урожайність – 8,89 та 8,88 т/га.

При вирощуванні гібриду сорго Брігга вищі показники збору енергії з зерном було отримано на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га в поєднанні з регулятором росту Стимпо – 116,72 ГДж/га. А за вирощування гібриду сорго Ютамі на варіанті застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, в комбінації з обома регуляторами росту отримано мінімальну різницю та максимум збору енергії – 134,58 та 134,39 ГДж/га.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Культура сорго зернове (особливості вирощування та зберігання). URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture/sorgo-zernove>
2. Сорго в Присивашші / Лебідь Є.М. та ін. Дніпропетровськ, 2006. 29 с.
3. Каражбей Г.М. Стан і перспективи сорго зернового в Україні. Селекція і насінництво. Київ, 2012. Вип. 101. С. 150–155.
4. Каленська С.М., Гринюк І.П. Вплив доз мінеральних добрив та сортових особливостей на вихід цукру та біоетанолу із сорго цукрового в умовах Правобережного Лісостепу України. Зб. наук. пр. ІБКЦБ. 2012. Вип. 15. С. 202–206.
5. Каражбей Г.М. Значення сорго зернового як біоенергетичної культури. Зб. наук. пр. ІБКЦБ. 2011. Вип. 12. С. 148–152.
6. Feyt M., Sartori V. La culture du sorgho grain. Producteur Agr. France. 1977. Vol. 53, No 206. P. 27–28.
7. Allen M. Effects of seedling rates with grain sorghum for silage and grain production. Southeast Louisiana dairy and pasture experimental station, 1978. P. 11–13.
8. Сторожик Л.І., Музика О.В. Фотосинтетичний потенціал посівів сорго цукрового в умовах Центрального Лісостепу України. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Київ, 2017. Вип. 25. С. 79–85.
9. Рожков А.О., Свиридова Л.А. Польова схожість насіння і виживання рослин сорго зернового залежно від впливу норми висіву та способу сівби. Вісник ХНАУ. Рослинництво, селекція і насінництво. 2017. № 1. С. 99–109. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_roslyn_2017_1_14
10. Санін Ю.В., Санін В.А. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. Зерно. № 5, 2008. С. 12–16.
11. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти: рекомендації / А.В. Черенков та ін. Інститут сільського господарства степової зони НААН України. Дніпропетровськ, 2011. 65 с.
12. Сучек М.М., Дерев'янський В.П., Степанчук Т.В. Екологічна безпека за вирощування сорго зернового в умовах Поділля. Корми і кормовиробництво. 2015. Вип. 80. С. 108–114.
13. . Макаров Л.К. Соргові культури: монографія. Херсон: Айлант, 2006. 264 с.

14. Український інститут експертизи сортів рослин. URL: www.sops.sops.gov.ua

15. Перспективи сорго в Україні. URL: <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/20072-perspektyvy-sorho-v-ukraini.html>

16. Сторожик Л.І., Музыка О.В. Ефективність вирощування сорго цукрового для переробки на біопаливо. Таврійський науковий вісник. 2019. № 108. С. 91–100.

17. Dryland Performance of Sweet Sorghum and Grain Crops for Biofuel in Nebraska / Wortmann C.S. et al. *Agronomy Journal*. Washington, 2010. № 102. P. 60–70.

18. Karampisin E., Vamvuka D., Sfakiotakisetal S. Comparative Study of Combustion Properties of Five Energy Crops and Greek Lignite. *Energy & Fuels*. 2012. No 26(2). P. 869–878.

19. Saballos A. Development and utilization of sorghum as a bioenergy crop. In: W. Vermerris (eds). *Genetic Improvement of Bioenergy Crops*. Springer Science and Business Media. LLC, New York, NY, U.S.A. 2008. P. 211–248.

20. Sweet sorghum as a biofuel crop: Where are we now? Sweet sorghum for biofuel and strategies for its improvement / Belum V.S. Reddy et al. *Information Bulletin*, Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 2009. No 77. URL: https://www.researchgate.net/publication/228449147_Sweet_sorghum_as_a_biofuel_crop_where_are_we_now.

REFERENCES

1. Kul'tura sorho zernove (osoblyvosti vyroshchuvannya ta zberihannya) [Grain sorghum culture (features of cultivation and storage)]. Available at: <https://agrarii-razom.com.ua/culture/sorgo-zernove>.

2. Lebid, Ye.M., Dziubetskyi, B.V., Cherenkov, A.V. (2006). Sorho v Prisyvashshi [Sorghum in Prisyvashsha]. Dnipropetrovsk, 29 p.

3. Karazhbei, H.M. (2012). Stan i perspektyvy sorho zernovoho v Ukraini [Status and prospects of grain sorghum in Ukraine]. *Selektsiia i nasinnystvo* [Breeding and seed production]. Kyiv, Issue 101, pp. 150–155.

4. Kalenska, S.M., Hryniuk, I.P. (2012). Vplyv doz mineralnykh dobryv ta sortovykh osoblyvostei na vykhid tsukru ta biotanolu iz sorho tsukrovoho v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Influence of doses of mineral fertilizers and varietal characteristics on the yield of sugar and bioethanol from sugar sorghum in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Zb. nauk. pr. IBKITsB* [Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet]. Issue 15, pp. 202–206.

5. Karazhbei, H.M. (2011). Znachennia sorho zernovoho yak bioenerhetychnoi kultury [The importance of grain sorghum as a bioenergy crop]. *Zb. nauk. pr. IBKITsB* [Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet]. Issue 12, pp. 148–152.

6. Feyt, M., Sartori, V. (1977). La culture du sorgho grain. *Producteur Agr. France*. Vol. 53, no. 206, pp. 27–28.

7. Allen M. (1978). Effects of seedling rates with grain sorghum for silage and grain production. Southeast Louisiana dairy and pasture experimental station. pp. 11–13.

8. Storozhyk, L.I., Muzyka, O.V. (2017). Fotosyntetichniy potentsial posiviv sorho tsukrovoho v umovakh Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Photosynthetic potential of sugar sorghum crops in the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv NAAN Ukrainy* [Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet]. Kyiv, Issue 25, pp. 79–85.

9. Rozhkov, A.O., Svyrydova, L.A. (2017). Polova skhozhist nasinnia i vyzhyvannia roslyn sorho zernovoho zalezno vid vplyvu normy vysivu ta sposobu sivby [Field germination of seeds and survival of sorghum plants depending on the influence of seeding rate and sowing method]. *Visnyk KhNAU. Roslynnystvo, selektsiia i nasinnystvo* [Bulletin of KhNAU. Crop production, selection and seed production], no. 1, pp. 99–109. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_roslyn_2017_1_14

10. Sanin, Yu.V., Sanin, V.A. (2008). Osoblyvosti pozakorenevoho pidzhyvlennia silskohospodarskykh kultur mikroelementamy [Features of foliar fertilization of agricultural crops with microelements]. *Zerno* [Corn], no. 5, pp. 12–16.

11. Cherenkov, A.V., Shevchenko, M.S., Dziubetskyi, B.V. (2011). Sorhovi kultury: tekhnolohiia, vykorystannia, hibrydy ta sorty: rekomendatsii [Sorghum crops: technology, use, hybrids and varieties: recommendations]. Dnipropetrovsk, 65 p.

12. Suchek, M.M., Derevianskyi, V.P., Stepanchuk, T.V. (2015). Ekolohichna bezpeka za vyroshchuvannya sorho zernovoho v umovakh Podillia [Ecological safety for growing grain sorghum in Podillya]. *Kormy i kormovyrobnystvo* [Feed and feed production]. Issue 80, pp. 108–114.

13. Makarov, L.K. (2006). Sorhovi kultury: monohrafiia [Sorghum crops]. Kherson, Ailant, 264 p.

14. Ukrayins'kyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn [Ukrainian Institute of Plant Variety Examination]. Available at: www.sops.sops.gov.ua

15. Perspektyvy sorho v Ukraini [Prospects for sorghum in Ukraine]. Available at: <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/20072-perspektyvy-sorho-v-ukraini.html>

16. Storozhyk, L.I., Muzyka, O.V. (2019). Efektyvnist vyroshchuvannya sorho tsukrovoho dlia pererobky na biopalyvo [Efficiency of sugar sorghum cultivation for processing into biofuels]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Taurian Scientific Bulletin], no. 108, pp. 91–100.

17. Wortmann, C.S., Wortmann, C.S., Liska, A.J., Ferguson, R.B., Lyon, D.J., Klein, R. N., Dweikat, I. (2010). Dryland Performance of Sweet Sorghum and Grain Crops for Biofuel in Nebraska. *Agronomy Journal*. Washington. no. 102, pp. 60–70.

18. Karampisin, E., Vamvuka, D., Sfakiotakisetal, S. (2012). Comparative Study of Combustion Properties of Five Energy Crops and Greek Lignite. *Energy & Fuels*. no. 26(2), pp. 869–878.

19. Saballos, A. (2008). Development and utilization of sorghum as a bioenergy crop. In: W. Vermeris (eds). Genetic Improvement of Bioenergy Crops. Springer Science and Business Media. LLC, New York, NY, U.S.A. pp. 211–248.

20. Belum, V.S. Reddy, P. Srinivasa, Rao, A. Ashok, Kumar, P. Sanjana, Reddy, P. Parthasarathy, Rao, Kiran, K. Sharma, Michael, Blummel, Ch. Ravinder, Reddy. (2009). Sweet sorghum as a biofuel crop: Where are we now? Sweet sorghum for biofuel and strategies for its improvement. Information Bulletin, Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. no. 77. Available at: https://www.researchgate.net/publication/228449147_Sweet_sorghum_as_a_biofuel_crop_where_are_we_now.

Sorghum grain yield and energy efficiency under different crop care measures

Titarenko O., Karpuk L.

The results of research on the peculiarities of grain sorghum yield formation and its energy efficiency depending on the use of microfertilizers and plant growth regulators in conditions of unstable moisture in the right-bank Forest-Steppe are shown in the article.

The aim of the research was to identify the influence of elements of the technology of growing early-ripening grain sorghum hybrids on the productivity

and energy efficiency of the crop. During 2019–2021, research was conducted in the research field of the training and production center of Bila Tserkva National Agrarian University.

It was found that the most favorable conditions for the realization of the biological potential of the culture were in 2021, when the average experiment was 9.89 t/ha, compared to 2020 – 5.39 t/ha.

It was found out that the best grain yields in the cultivation of Brigga sorghum hybrid were obtained with the use of foliar fertilizer with micro-fertilizer Alpha-Grow-Extra combined with Stimpo growth regulator – 7.71 t/ha. However, for the cultivation of Yutami sorghum hybrid, on the variant of application of foliar fertilizer with alpha-Grow-Extra microfertilizer, in combination with both growth regulators, the yield was 8.89 and 8.88 t/ha.

It was determined that the best indicators of energy collection with grain in the cultivation of Brigga sorghum hybrid were obtained on the variant of foliar fertilization with microfertilizer Alpha-Grow-Extra, 2 l/ha in combination with Stimpo growth regulator – 116.72 GJ/ha. And for the cultivation of Yutami sorghum hybrid on the variant of application of foliar fertilizer with micro-fertilizer Alpha-Grow-Extra, in combination with both growth regulators, the minimum difference and maximum energy collection was obtained – 134.58 and 134.39 GJ/ha.

Key words: grain sorghum, hybrid, growth regulator, microfertilizer, yield, energy efficiency.



Copyright: Тітаренко О.С., Карпук Л.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.



ORCID iD:
Карпук Л.М.


<https://orcid.org/0000-0002-5860-5286>

УДК 631.559+[664.64.016:633.19:631.84

Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив

Любич В.В. , Невлад В.І. , Мартинюк А.Т. 

Уманський національний університет садівництва

 Любич В.В. E-mail: LyubichV@gmail.com



Любич В.В., Невлад В.І., Мартинюк А.Т.
Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. «Агробіологія», 2022. № 1. С. 152–159.

Liubych V., Nevlad V., Martyniuk A.
Productivity of spring triticale at different doses of nitrogen fertilizers. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 152–159.

Рукопис отримано: 04.05.2022 р.
Прийнято: 19.05.2022 р.
Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-152-159

Урожайність зерна тритикале ярого істотно збільшувалась за поліпшення мінерального живлення. Так, у середньому за два роки досліджень застосування 30–210 кг/га д.р. азотних добрив збільшувало її до 6,50–8,36 т/га або на 14–46 % порівняно з неудобреними ділянками (5,71 т/га). Індекс стабільності формування врожайності був високим – 0,92–0,95. Погодні умови у роки досліджень були різними. Так, у 2014 р. за період квітень–червень випало 442,7 мм опадів, а в 2015 – 87,5 мм. У 2014 р. застосування N_{30-210} достовірно істотно збільшувало врожайність зерна на 0,81–2,66 т/га, а в 2015 р. – на 0,77–2,64 т/га порівняно з варіантом без добрив. Слід відзначити, що застосування фосфорно-калійних добрив забезпечило 0,30–0,32 т/га.

Застосування 30–210 кг/га д.р. азотних добрив підвищувало вміст білка в зерні тритикале ярого. У середньому за два роки досліджень він зростав від 13,7 % у варіанті без добрив до 13,8–15,4 % або на 1–12 %. Не змінювало цього показника застосування фосфорно-калійних добрив. Застосування високих доз азотних добрив (120–210 кг/га д. р.) дещо знижувало індекс стабільності формування вмісту білка в зерні до 0,87–0,90.

За виходом білка з урожаю зерна тритикале ярого варіанти із застосуванням азотних добрив істотно переважали неудобрені ділянки з індексом стабільності 0,92–0,99. У середньому за два роки досліджень цей показник збільшувався на 115–506 кг/га або в 1,1–1,6 рази (894–1285 кг/га) порівняно з варіантом без добрив. Застосування фосфорно-калійних добрив збільшувало вихід білка до 818 кг/га або на 5 %.

Вміст клейковини сильно змінювався від застосування азотних добрив. У середньому за два роки проведених досліджень її вміст зростав від 18,7 % у варіанті без добрив до 20,4–26,4 % або на 9–41 %. Індекс стабільності за такого сценарію удобрення зростав від 0,76 до 0,91. Найменше на вміст клейковини впливало застосування фосфорно-калійних добрив – 19,3 %.

В умовах Правобережного Лісостепу в системі удобрення тритикале ярого сортів типу Хлібодар харківський доза азотних добрив становить 60–90 кг/га д.р. За такого сценарію удобрення врожайність становить 6,80–7,90 т/га, вміст білка 14,0–14,5 %, вміст клейковини 23,6–25,0 %. Зерно відповідає першому класу якості за ДСТУ 4762:2007. Тритикале. Технічні умови.

Ключові слова: тритикале яре, врожайність, вміст білка, вихід білка, вміст клейковини, азотні добрива.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Тритикале в зерновому комплексі відіграє значну стабілізуючу роль у виробництві продовольчого зерна [1]. Невисока вибагливість до попередників, ґрунтових умов, технічна та кормова цінність зерна, підвищена стійкість до хвороб дають можливість підвищити виробництво зерна за рахунок використання посівних площ, які не сприятливі для вирощування пшениці [2].

Ґрунтово-кліматичні умови України, де щорічно висівають близько 7 млн га озимих зернових культур, дозволяють отримувати високі врожаї, проте прояв генетичного потенціалу сортів пшениці м'якої озимої обмежується нестабільними погодними умовами [3]. Для ярих культур основним лімітуючим чинником є часто повторювані весняні та літні посухи [4]. З іншого позиції, у низці регіонів періодично відбувається надмірне перезволоження під час вегетаційного періоду, яке спричиняє вилягання рослин і розвиток збудників хвороб [5, 6]. Тому особливої актуальності набуває створення сортів тритикале ярого, адаптованих до абіотичних чинників навколишнього природного середовища з високим генетичним потенціалом урожайності, здатних проявляти його за різних погодних умов [7].

Азот у взаємодії з іншими елементами мінерального живлення відіграє значну роль у формуванні врожаю та якості зерна тритикале [8, 9]. Для формування високої урожайності та якості зерна необхідно забезпечити рослини азотом упродовж усього вегетаційного періоду [10]. Крім цього, його можна вирощувати на ґрунтах з середньою і високою родючістю, оскільки має високу реакцію на неї [11].

Азотні добрива є одним з найбільших чинників, що впливають на формування врожаю зерна злакових культур та його якості [12]. У дослідженнях [13] застосування $N_{120(90+30)}$ і $N_{150(90+60)}$ збільшувало урожайність зерна пшениці озимої від 4,83 до 8,71–9,11 т/га за вирощування після ріпаку озимого. Підвищення дози азотних добрив до $N_{180-240}$ збільшувало цей показник не достовірно. Ефективність удобрення пшениці озимої в досліді змінювалась від інших елементів агротехнології. Проте дослідження не включали вивчення формування продуктивності зернових культур у польовій сівозміні за тривалого удобрення, що не дає можливості визначити реакцію культури на рівень родючості ґрунту. Крім цього, дослідження проведено з пшеницею озимою, удобрення якої відрізняється від тритикале ярого.

Одержані експериментальні дані показали, що за внесення $N_{60}P_{45}K_{45}$ і $N_{30}P_{45}K_{45}$ + nutribor

2 кг/га (позакоренево) врожайність зерна тритикале ярого зросла, порівняно з неудобреним контрольним варіантом, на 1,43 і 1,28 т/га відповідно. Внесення $N_{60}P_{45}K_{45}$ сприяло підвищенню вмісту білка та клейковини і становило відповідно 11,7 і 23,8 %, а за внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ + nutribor 2 кг/га (позакоренево) – 11,6 і 23,6 % за відповідних показників на неудобрених ділянках 10,5 і 18,9 % [14].

Максимальний рівень урожайності та високі показники якості зерна (вміст білка і клейковини) формували рослини тритикале ярого за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{60}$ з підживленням водорозчинним добривом Нутривант плюс на IV етапі органогенезу у дозі 4 кг/га та за внесення $N_{120}P_{90}K_{90}$ без проведення підживлення [15].

Для отримання 5–6 т/га зерна тритикале ярого в умовах Лісостепу необхідно проводити позакоренево підживлення акваіном №5 або кристалом особливим на фоні $N_{60}P_{45}K_{45}$, що забезпечує приріст урожаю зерна на 1,6–1,7 т/га порівняно з неудобреним контролем. При цьому вміст білка в зерні варіантів з позакореновими підживленнями в середньому за три роки складав 12,1–12,2 %, а клейковини 24,9–25,1 % за вмісту в контрольному варіанті відповідно 10,5 і 18,9 % [16].

Результати досліджень свідчать, що поліпшення умов мінерального живлення особливо азотного сприяє підвищенню вмісту білка в зерні. Дослідження вчених [17] підтверджують цю закономірність. Крім цього, вони зазначають про значний вплив на вміст азотовмісних сполук у зерні погодних умов вегетаційного періоду (опадів і температура повітря). Випадання більшої кількості опадів у 2014–2015 рр. за умови поліпшення мінерального живлення рослин тритикале ярого сприяло збільшенню урожайності зерна з підвищенням вмісту білка в ньому. Таку тенденцію виявили у своїх дослідженнях вчені [18] під час вивчення особливостей азотного живлення різних сортів тритикале.

Застосування азотних добрив, особливо високих доз, може сприяти забрудненню навколишнього природного середовища, що необхідно враховувати під час розроблення системи удобрення цієї культури. Вирощування тритикале ярого навіть за тривалого внесення добрив у сівозміні екологічно безпечно, що підтверджено попередніми дослідженнями вчених [19]. Отримані результати дослідження зазвичай використовуються для окремих сортів тритикале ярого. Для інших сортів необхідно проводити окремі дослідження щодо удобрення.

Мета дослідження – вивчення формування продуктивності тритикале ярого залежно від доз азотних добрив.

Матеріал і методи дослідження. Експеримент проводили в Уманському НУС впродовж 2014–2015 рр. Дослідна ділянка розміщена в 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. Грунт дослідного поля – чорнозем опідзолений. Параметри родючості ґрунту відповідають середнім показникам, які придатні для вирощування тритикале ярого.

Погодні умови значно відрізнялись від середньобагаторічних показників. Так, у 2014 рр. погодні умови характеризувались меншою кількістю опадів. За період квітень–липень випало 213,8 мм опадів або на 12 % менше середньобагаторічного показника (242 мм). Достатньою була кількість опадів у 2015 р. За період квітень–липень випало 300,8 мм опадів з рівномірним розподілом упродовж вегетаційного періоду. Середньодобова температура повітря була оптимальною, що не впливало негативно на ріст і розвиток рослин тритикале ярого. Так, у період інтенсивного росту стебла (вихід рослин у трубку) вона становила 9,3–16,4 °С, що відповідало оптимальному показнику (9–16 °С). У період досягання зерна тритикале ярого у 2014 р. також була в межах оптимального інтервалу (22–25 °С) і становила 20,9–25,9 °С. У 2015 р. вона була дещо нижчою – 20,6–22,6 °С, що вплинуло на формування вмісту азотовмісних сполук у зерні.

У досліді після ячменю ярого вирощували тритикале яре сорту Хлібодар харківський, створений в Інституті рослинництва імені В.Я. Юр'єва (Україна). Рекомендований для Полісся і Лісостепу. Гексаплоїдний. Тип розвитку ярий. Антоціанове забарвлення сходів середнє. Куц напівпрямий. Стебло середньоросле з дуже сильним опушенням шийки. Колос білий, довгий, середньої щільності. Остюки довгі, розташовані вздовж довжини колоса. Зернівка червона, велика. Маса 1000 зерен 40,0 г. Рослини висотою 114–117 см. Середньостиглий, досягає за 96–97 діб. Стійкість сорту до вилягання 7,6 бала. Стійкість до засухи 8,0 бала. Сорт слабо уражується борошнистою росою, стійкий до ураження бурю іржею та кореневими гнилями. Урожайність сорту в середньому за роки випробування 3,66–4,25 т/га. Вміст білка в зерні становить 12,9–14,5 %.

У досліді застосовували аміачну селітру, суперфосфат гранульований і калій хлористий відповідно до схеми досліді: без добрив (контроль), P₆₀ K₆₀ – фон, фон + N₃₀, фон + N₆₀, фон + N₉₀, фон + N₁₂₀, фон + N₁₅₀, фон + N₁₈₀, фон + N₂₁₀. Фосфорні та калійні добрива застосовували під зяблевий обробіток ґрунту, азотні добрива під передпосівну культивуацію. Повторність досліді триразова, розміщення варіантів систематичне одноярусне. Загальна площа ділянок становила 72 м², облікової – 42 м².

Урожайність визначали поділянково. Для оцінювання якості зерна тритикале ярого визначали вміст білка за ДСТУ 4117:2007, вміст клейковини та її якість – за ДСТУ 21415-1. Індекс стабільності визначали за формулою:

$$SE = \frac{HE}{LE}$$

де HE – найбільший прояв ознаки;

LE – найменший прояв ознаки.

Статистичне оброблення даних здійснювали методом однофакторного дисперсійного аналізу польового досліді [21].

Результати дослідження та обговорення. Урожайність зерна тритикале ярого істотно збільшувалась за поліпшення мінерального живлення (табл. 1). Так, у середньому за два роки досліджень застосування 30–210 кг/га д.р. азотних добрив збільшувало її до 6,50–8,36 т/га або на 14–46 % порівняно з неудобреними ділянками (5,71 т/га). Індекс стабільності формування врожайності був високим – 0,92–0,95. Погодні умови у роки досліджень були різними. Так, у 2014 р. за період квітень–червень випало 442,7 мм опадів, а в 2015 – 87,5 мм, проте температура повітря в період росту й розвитку рослин тритикале ярого в цьому році була оптимальнішою. Крім цього, рослини використовували вологу осінньо-зимових опадів. У 2014 р. застосування N₃₀₋₂₁₀ достовірно істотно збільшувало врожайність зерна на 0,81–2,66 т/га, а в 2015 р. – на 0,77–2,64 т/га порівняно з варіантом без добрив (НР₀₅ = 0,31–0,35). Варто зазначити, що застосування фосфорно-калійних добрив забезпечило 0,30–0,32 т/га.

Застосування 30–210 кг/га д.р. азотних добрив підвищувало вміст білка в зерні тритикале ярого (табл. 2). У середньому за два роки досліджень він зростав від 13,7 % у варіанті без добрив до 13,8–15,4 % або на 1–12 %. Не змінювало цього показника застосування фосфорно-калійних добрив. Застосування високих доз азотних добрив (120–210 кг/га д.р.) дещо знижувало індекс стабільності формування вмісту білка в зерні до 0,87–0,90.

Таблиця 1 – Урожайність зерна тритикале ярого та його стабільність за різних доз азотних добрив, т/га

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2014	2015		
Без добрив (контроль)	5,47	5,95	5,71	0,92
P ₆₀ K ₆₀ – фон	5,77	6,27	6,02	0,92
Фон + N ₃₀	6,28	6,72	6,50	0,93
Фон + N ₆₀	6,84	7,34	7,09	0,93
Фон + N ₉₀	7,43	7,91	7,67	0,94
Фон + N ₁₂₀	7,75	8,25	8,00	0,94
Фон + N ₁₅₀	7,91	8,41	8,16	0,94
Фон + N ₁₈₀	8,09	8,53	8,31	0,95
Фон + N ₂₁₀	8,13	8,59	8,36	0,95
НІР ₀₅	0,31	0,35	–	0,05

Таблиця 2 – Вміст білка в зерні тритикале ярого та його стабільність за різних доз азотних добрив, %

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2014	2015		
Без добрив (контроль)	13,8	13,5	13,7	0,98
P ₆₀ K ₆₀ – фон	13,7	13,5	13,6	0,99
Фон + N ₃₀	13,8	13,7	13,8	0,99
Фон + N ₆₀	14,2	13,8	14,0	0,97
Фон + N ₉₀	15,0	14,0	14,5	0,93
Фон + N ₁₂₀	15,6	14,0	14,8	0,90
Фон + N ₁₅₀	16,2	14,2	15,2	0,88
Фон + N ₁₈₀	16,3	14,2	15,3	0,87
Фон + N ₂₁₀	16,5	14,3	15,4	0,87
НІР ₀₅	0,7	0,5	–	0,04

Вища температура повітря в період достигання зерна тритикале ярого та дефіцит вологи у 2014 р. сприяли формуванню 13,8–16,5 % білка в зерні, тоді як у 2015 р. його вміст змінювався від 13,5 до 14,3 % залежно від варіанту досліджу. Застосування N₃₀₋₆₀ найбільше впливало на врожайність зерна тритикале ярого. З підвищенням дози азотних добрив приріст урожаю зерна зменшувався, проте використовувався рослинами для формування білковості зерна.

Для пшениці дуже високим вважається вміст білка > 18 %, високим – в межах 16–18, середнім – 14–16, низьким – 12–14 і дуже низьким < 12 % [20]. Отже, вміст білка в зерні тритикале ярого змінювався від низького (варіанти без добрив, P₆₀K₆₀, Фон + N₃₀ у 2014 р. та Фон + N₆₀ у 2015 р.) до середнього (варіанти із застосуванням 90–120 кг/га д. р. у 2014 р. і 90–210 кг/га д.р. азотних добрив у 2015 р.) і високого в 2014 р. за внесення N₁₅₀₋₂₁₀.

За виходом білка з урожаєм зерна тритикале ярого, варіанти із застосуванням азотних добрив істотно переважали неудобрені ділянки з індексом стабільності 0,92–0,99 (табл. 3). У середньому за два роки досліджень цей показник збільшувався на 115–506 кг/га або в 1,1–1,6 раза (894–1285 кг/га) порівняно з варіантом без добрив. Застосування фосфорно-калійних добрив збільшувало вихід білка до 818 кг/га або на 5 %.

Показники виходу білка різнилися залежно від погодних умов року дослідження. Так, у 2014 р. у варіантах без добрив, на фосфорно-калійному фоні та N₃₀₋₆₀ цей показник був 755–971 кг/га або на 4–6 % менше порівняно з 2015 р. У решти варіантів досліджу вихід білка був на 5–9 % більшим порівняно з 2015 р. Очевидно, що формування вищого вмісту білка в зерні 2014 р. за такого сценарію удобрення забезпечило більший його вихід порівняно з 2015 р.

Таблиця 3 – Вихід білка з урожаю зерна тритикале ярого та його стабільність за різних доз азотних добрив, кг/га

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2014	2015		
Без добрив (контроль)	755	803	779	0,94
P ₆₀ K ₆₀ – фон	790	846	818	0,93
Фон + N ₃₀	867	921	894	0,94
Фон + N ₆₀	971	1013	992	0,96
Фон + N ₉₀	1115	1107	1111	0,99
Фон + N ₁₂₀	1209	1155	1182	0,96
Фон + N ₁₅₀	1281	1194	1238	0,93
Фон + N ₁₈₀	1319	1211	1265	0,92
Фон + N ₂₁₀	1341	1228	1285	0,92
НІР ₀₅	50	48	–	0,05

Вміст клейковини сильно змінювався від застосування азотних добрив (табл. 4). У середньому за два роки проведених досліджень її вміст зростав від 18,7 % у варіанті без добрив до 20,4–26,4 % або на 9–41 %. Індекс стабільності за такого сценарію удобрення зростав від 0,76 до 0,91. Найменше на вміст клейковини впливало застосування фосфорно-калійних добрив – 19,3 %.

Вміст клейковини також змінювався залежно від погодних умов року дослідження. Так, на неудобрених ділянках цей показник був вищим у 2015 р. – 21,2 %. Ефективність застосування азотних добрив була вищою в 2014 р., оскільки її вміст зростав до 19,2–27,6 % проти 21,6–25,2 % у 2015 р. Очевидно така тенденція зумовлена погодними умовами у період дости-

гання зерна тритикале ярого. Оптимальні погодні умови 2014 р. сприяли синтезу вищого вмісту клейковиноутворювальних білків.

Для пшениці дуже високим вважається вміст клейковини > 36 %, високим – 31–36, середнім – 26–31, низьким – 21–26 і дуже низьким < 21 % [20]. Враховуючи таку градацію, у 2014 р. у трьох варіантах досліджу вміст клейковини був дуже низьким, у одному – низьким і в шести – середнім. У 2015 р. на неудобрених ділянках і фосфорно-калійному фоні – дуже низьким, а у решти варіантів – низьким.

Індекс деформації клейковини як у середньому, так і за роки проведення досліджень знижувався від 73 до 68 од. п. ВДК (табл. 5). Дещо вищим він був у 2014 р. за індексу стабільності 0,93–0,97.

Таблиця 4 – Вміст клейковини у зерні тритикале ярого та його стабільність за різних доз азотних добрив, %

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2014	2015		
Без добрив (контроль)	16,1	21,2	18,7	0,76
P ₆₀ K ₆₀ – фон	17,7	20,8	19,3	0,85
Фон + N ₃₀	19,2	21,6	20,4	0,89
Фон + N ₆₀	25,6	21,6	23,6	0,84
Фон + N ₉₀	27,5	22,4	25,0	0,81
Фон + N ₁₂₀	27,8	23,2	25,5	0,83
Фон + N ₁₅₀	27,9	24,8	26,4	0,89
Фон + N ₁₈₀	29,7	24,8	27,3	0,84
Фон + N ₂₁₀	27,6	25,2	26,4	0,91
НІР ₀₅	1,1	1,0	–	0,03

Таблиця 5 – Індекс деформації клейковини тритикале ярого та його стабільність за різних доз азотних добрив, од. п. ВДК

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2014	2015		
Без добрив (контроль)	75	70	73	0,93
P ₆₀ K ₆₀ – фон	75	72	74	0,96
Фон + N ₃₀	75	70	73	0,93
Фон + N ₆₀	73	70	72	0,96
Фон + N ₉₀	73	70	72	0,96
Фон + N ₁₂₀	70	68	69	0,97
Фон + N ₁₅₀	70	68	69	0,97
Фон + N ₁₈₀	70	68	69	0,97
Фон + N ₂₁₀	70	65	68	0,93
НІР ₀₅	3	2	–	0,05

Відомо, що за показника індексу деформації 25–65 од.п. ВДК борошно пшениці відносять до сильного, за 65–80 – середнього і 80–120 од.п. ВДК – слабого. Отже, за показником індексу деформації клейковини зерно тритикале ярого відповідає сильному за якістю борошна. Якість клейковини при цьому відповідала доброму показнику.

Відповідно до ДСТУ 4762:2007. «Тритикале». Технічні умови за вмістом білка, індексом деформації клейковини усі варіанти досліджу забезпечували формування зерна першого класу, за вмістом клейковини за внесення 90–210 кг/га д. р. азотних добрив, а в решти варіантів другого класу.

Тритикале – азотофільна культура, тому характеризується вищою реакцією на застосування азотних добрив порівняно з фосфорними і калійними. Поліпшення азотного живлення не лише збільшує врожайність, а й вміст білка та клейковини. Найвищу реакцію тритикале яре має на застосування 60–90 кг/га д.р. азотних добрив. Ефективність застосування азотних добрив змінюється залежно від погодних умов періоду вегетації, що підтверджено результатами інших досліджень [22, 23].

Висновки. У середньому за два роки досліджень застосування 30–210 кг/га д.р. азотних добрив збільшує врожайність зерна до 6,50–8,36 т/га або на 14–46 % порівняно з неудообреними ділянками (5,71 т/га). Індекс стабільності формування врожайності високий – 0,92–0,95. Вміст білка зростає від 13,7 % у варіанті без добрив до 13,8–15,4 % або на 1–12 %. Не змінює цього показника застосування фосфорно-калійних добрив. Застосування високих доз азотних добрив (120–210 кг/га д. р.) дещо знижує індекс стабільності формування вмісту білка в зерні до

0,87–0,90. У середньому за два роки досліджень вихід білка збільшується на 115–506 кг/га або в 1,1–1,6 раза (894–1285 кг/га) за внесення N_{30–210} порівняно з варіантом без добрив. Застосування фосфорно-калійних добрив збільшує вихід білка до 818 кг/га або на 5 %.

В умовах Правобережного Лісостепу в системі удобрення тритикале ярого сортів типу Хлібодар харківський доза азотних добрив становить 60–90 кг/га д. р. За такого сценарію удобрення врожайність становить 6,80–7,90 т/га, вміст білка 14,0–14,5 %, вміст клейковини 23,6–25,0 %. Зерно відповідає першому класу якості за ДСТУ 4762:2007. «Тритикале». Технічні умови.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Effects of fertilization on yield and grain quality in winter triticale / Dekić V. et al. Rom. Agric. Res. 2014. Vol. 31. P. 175–183.
2. Furman B.J. Triticale. Reference Module in Food Science. 2016. Vol. 3. P. 298–303.
3. Оцінка якості зерна сортів пшениці озимої при зрошенні на півдні України під впливом мінеральних добрив / Базалій В.В. та ін. Зрошуване землеробство. 2013. Вип. 59. С. 12–14.
4. Obour A.K., Holman J.D., Schlegel A.J. Spring triticale forage responses to seeding rate and nitrogen application. Agrosyst Geosci Environ. 2020. Vol. 3. P. 1–7.
5. Kendal E., Sayar M.S. The stability of some spring triticale genotypes using biplot analysis. The J. Anim. Plant Sci. 2016. Vol. 26(3). P. 754–765.
6. Darguza M., Gaile Z. The effect of crop rotation and soil tillage on winter wheat yield. In Annual 26th International Scientific Conference Research for Rural Development. Jelgava, Latvia: Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2020. Vol. 35. P. 14–21.

7. Jaśkiewicz B., Szczepanek M. Amino acids content in triticale grain depending on meteorological, agrotechnical and genetic factors. In Annual 24th International Scientific Conference Research for Rural Development. Jelgava, Latvia: Latvia University of Life Sciences and Technologies. 2018. Vol. 2. P. 28–32.

8. Obour A.K., Holman J.D., Schlegel A.J. Spring triticale forage responses to seeding rate and nitrogen application. *Agrosyst Geosci Environ.* 2020. Vol. 3. P. 1–7.

9. Wrigley C., Bushuk W. Triticale: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. *Cereal Grains*, 2017. P. 179–194.

10. Break crops and rotations for wheat / Angus J.F. et al. *Crop and Pasture Science.* 2015. Vol. 66(6). P. 523–552.

11. Effect of fertilization on yield and grain quality in winter triticale / Đekić V. et al. *Romanian Agricultural Research.* 2014. Vol. 31. P. 176–184.

12. Interrelationships between grain nitrogen content and other indicators of nitrogen accumulation and utilization efficiency in wheat plants / Nikolic O. et al. *Chilean J. Agric. Res.* 2012. Vol. 72(1). P. 111–116.

13. Litke L., Gaile Z., Ruža A. Nitrogen fertilizer influence on winter wheat yield and yield components depending on soil tillage and forecrop. *Agricultural Sciences.* 2017. Vol. 2. P. 54–61.

14. Гамаюнова В.В., Дворецкий В.Ф. Підвищення продуктивності ярих зернових культур шляхом оптимізації живлення рослин в умовах Степу України. *Вісник ЖНЕАУ.* 2016. №1 (53). Т. 1. С. 74–80.

15. Effect of long term fertilization on grain yield and yield components of winter triticale / Terzic D. et al. *The Journal of Animal & Plant Sciences.* 2018. Vol. 28(3). P. 830–836.

16. Гамаюнова В.В., Дворецкий В.Ф., Сидякіна О.В. Формування врожаю тритикале ярого залежно від фону живлення та передпосівного оброблення насіння. *Наукові горизонти.* Т. 70(7–8). С. 3–9.

17. Jaśkiewicz B., Szczepanek M. Amino acids content in triticale grain depending on meteorological, agrotechnical and genetic factors. *Agricultural Sciences.* 2018. Vol. 2. P. 28–34.

18. Effect of cultivar and increased nitrogen quantities on some productive traits of triticale / Lalević D. et al. *Agriculture & Forestry.* 2019. Vol. 65(4). P. 127–136.

19. Assessment of the contamination level of a podzolized chernozem with nuclides in a long-term land use / Hospodarenko H. et al. *Agriculture.* 2019. Vol. 65(3). P. 128–135.

20. Пшениця спельта / Г.М. Господаренко та ін.; за заг. ред. Г.М. Господаренка. Київ: ТОВ «СІК ГРУПІ УКРАЇНА», 2016. 312 с.

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

22. Effect of longtermfertilization and soil amendments on yield, grainquality and nutrition optimization in winterwheat on an acidic pseudogley / Jelic M. et al. *Romanian Agricultural Research.* 2015. Vol. 32. P. 165–174.

23. Impact of nitrogen fertilization on the yield and content of protein fractions in spring triticale grain / Wojtkowiak K. et al. *African Journal of Agricultural Research.* 2013. Vol. 8 (28). P. 3778–3783.

REFERENCES

1. Đekić, V., Milovanović, M., Popović, V., Milivojević, J., Staletić, M., Jelić, M., Perišić, V. (2014). Effects of fertilization on yield and grain quality in winter triticale. *Rom. Agric. Res.* Vol. 31, pp. 175–183.

2. Furman, B.J. (2016). Triticale. Reference Module in Food Science. Vol. 3, pp. 298–303.

3. Basaliy, V.V., Gamayunova, V.V., Pankeev, S.V., Karaschuk, G.V. (2013). Estimation of grain quality of winter wheat varieties under irrigation in the south of Ukraine under the influence of mineral fertilizers. *Irrigation agriculture.* Vol. 59, pp. 12–14.

4. Obour, A.K., Holman, J.D., Schlegel, A.J. (2020). Spring triticale forage responses to seeding rate and nitrogen application. *Agrosyst Geosci Environ.* Vol. 3, pp. 1–7.

5. Kendal, E., Sayar, M.S. (2016). The stability of some spring triticale genotypes using biplot analysis. *The J. Anim. Plant Sci.* Vol. 26(3), pp. 754–765.

6. Darguza, M., Gaile, Z. (2020). The effect of crop rotation and soil tillage on winter wheat yield. In Annual 26th International Scientific Conference Research for Rural Development. Jelgava, Latvia, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Vol. 35, pp. 14–21.

7. Jaśkiewicz, B., Szczepanek, M. (2018). Amino acids content in triticale grain depending on meteorological, agrotechnical and genetic factors. In Annual 24th International Scientific Conference Research for Rural Development. Jelgava, Latvia, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Vol. 2, pp. 28–34.

8. Obour, A.K., Holman, J.D., Schlegel, A.J. (2020). Spring triticale forage responses to seeding rate and nitrogen application. *Agrosyst Geosci Environ.* Vol. 3, pp. 1–7.

9. Wrigley, C., Bushuk, W. (2017). Triticale: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. *Cereal Grains.* pp. 179–194.

10. Angus, J.F., Kirkegaard, J.A., Hunt, J.R., Ryan, M.H., Ohlander, L., Peoples, M.B. (2015). Break crops and rotations for wheat. *Crop and Pasture Science.* Vol. 66(6), pp. 523–552.

11. Đekić, V., Milovanović, M., Popović, V., Milivojević, J., Staletić, M., Jelić, M., Perišić, V. (2014). Effect of fertilization on yield and grain quality in winter triticale. *Romanian Agricultural Research.* Vol. 31, pp. 176–184.

12. Nikolic, O., Zivanovic, T., Jelic, M., Djalovic, I. (2012). Interrelationships between grain nitrogen content and other indicators of nitrogen accumulation and utilization efficiency in wheat plants. *Chilean J. Agric. Res.* Vol. 72(1), pp. 111–116.

13. Litke, L., Gaile, Z., Ruža, A. (2017) Nitrogen fertilizer influence on winter wheat yield and yield components depending on soil tillage and forecrop. *Agricultural Sciences.* Vol. 2, pp. 54–61.

14. Hamayunova, V.V., Dvoretzky, V.F. (2016). Increasing the productivity of spring cereals by optimizing plant nutrition in the steppe of Ukraine. *Bulletin of ZHNEAU*. Vol. 53 (1), pp. 74–80.

15. Terzic, D., Djekic, V., Jevtic, S., Popovic, V., Jevtic, A., Mijajlovic, J., Jevtic, A. (2018). Effect of long term fertilization on grain yield and yield components of winter triticale. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. Vol. 28(3), pp. 830–836.

16. Hamayunova, V.V., Dvoretzky, V.F., Sidiyakina, O.V. (2018). Formation of spring triticale crop depending on the background of nutrition and pre-sowing seed treatment. *Scientific Horizons*. Vol. 70 (7–8), pp. 3–9.

17. Jaśkiewicz, B., Szczepanek, M. (2018). Amino acids content in triticale grain depending on meteorological, agrotechnical and genetic factors. *Agricultural Sciences*. Vol. 2, pp. 28–34.

18. Lalević, D., Biberdžić, M., Ilić, Z., Milenković, L., Tmušić, N., Stojiljković, J. (2019). Effect of cultivar and increased nitrogen quantities on some productive traits of triticale. *Agriculture & Forestry*. Vol. 65(4), pp. 127–136.

19. Hospodarenko, H., Prokopchuk, I., Nikitina, O., Liubych, V. (2019). Assessment of the contamination level of a podzolized chernozem with nucleides in a long-term land use. *Agriculture*. Vol. 65(3), pp. 128–135.

20. Hospodarenko, G.M., Kostogryz, V.P., Liubych, V.V. (2016). *Pshenytsya spel'ta [Wheat spelt]*. Kyiv, Sik group Ukraine, 312 p.

21. Yeshchenko, V.O., Kopitko, P.G., Kostogryz, P.V., Oproshko, V.P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen' v ahronomiyi [Fundamentals of scientific research in agronomy]*. Vinnitsa, PP "TD Edelweiss and K", 332 p.

22. Jelic, M., Milivojevic, J., Nikolic, O., Djekic, V., Stamenkovic, S. (2015). Effect of longtermfertilization and soil amendments on yield, grainquality and nutrition optimization in winterwheat on an acidic pseudogley. *Romanian Agricultural Research*. Vol. 32, pp. 165–174.

23. Wojtkowiak, K., Stępień, A., Tańska, M., Konopka, I., Konopka, S. (2013). Impact of nitrogen fertilization on the yield and content of protein fractions in spring triticale grain. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 8 (28), pp. 3778–3783.

Spring triticale productivity at different doses of nitrogen fertilizers

Liubych V., Nevlad V., Martyniuk A.

Mineral nutrition improvement contributed significantly to spring triticale grain yield. On average, during the two years of research, the use of 30–210 kg/ha of active ingredient of nitrogen fertilizers increased it to 6.50–8.36 t/ha or by 14–46 % compared to unfertilized plots (5.71 t/ha). The stability index of yield formation was high – 0.92–0.95. Weather conditions in research years were different. The precipitation level in April – June 2014 made 442.7 mm, and in 2015 – 87.5 mm. In 2014, the application of N_{30-210} significantly increased the grain yield – by 0.81–2.66 t/ha, and in 2015 – by 0.77–2.64 t/ha compared to no fertilizer variant. It is worth noting that the use of phosphorus–potassium fertilizers provided 0.30–0.32 t/ha.

The application of 30–210 kg/ha of active ingredient of nitrogen fertilizers increased the protein content in spring triticale grain. During the two years of research, it increased, on average, from 13.7% in no fertilizer variant to 13.8–15.4 % or 1–12 %. The use of phosphorus–potassium fertilizers did not change this indicator. The use of high doses of nitrogen fertilizers (120–210 kg/ha) slightly reduced the stability index of protein content in the grain to 0.87–0.90.

In terms of protein yield in triticale grain yield, variants with nitrogen fertilizers have significant advantage of unfertilized plots with the stability index of 0.92–0.99. On average, during the two years of research, this indicator increased by 115–506 kg/ha or 1.1–1.6 times (894–1285 kg/ha) compared to no fertilizer variant. The use of phosphorus–potassium fertilizers increased protein yield to 818 kg/ha or 5 %.

Gluten content varied greatly from the use of nitrogen fertilizers. On average, over two years of research, its content increased from 18.7% in no fertilizer variant to 20.4–26.4 % or 9–41 %. Stability index in this fertilizer scenario increased from 0.76 to 0.91. The use of phosphorus–potassium fertilizers had the least effect on gluten content – 19.3 %.

In the conditions of the Right–Bank Forest–Steppe in the fertilizer system of spring triticale varieties of Kharkiv Khlibodar type the dose of nitrogen fertilizers is 60–90 kg/ha. In this scenario, the yield is 6.80–7.90 t/ha, protein content – 14.0–14.5 %, gluten content – 23.6–25.0 %. The grain corresponds to the first quality class according to SSTU 4762: 2007. Triticale. Specifications.

Key words: spring triticale, yield, protein content, protein yield, gluten content, nitrogen fertilizers.



Copyright: Любич В.В., Невлад В.І., Мартинюк А.Т. © 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.



ORCID iD:

Любич В.В.

Невлад В.І.

Мартинюк А.Т.

<https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>

<https://orcid.org/0000-0002-3889-6792>


<https://orcid.org/0000-0002-5751-0760>

УДК 633.111:632.4:631.84

Ураження пшениці м'якої ярої листовими хворобами залежно від рівня азотного живлення

Любич В.В. , Полянецька І.О. , Климович Н.М. 

Уманський національний університет садівництва

 Любич В.В. E-mail: LyubichV@gmail.com

Любич В.В., Полянецька І.О., Климович Н.М. Ураження пшениці м'якої ярої листовими хворобами залежно від рівня азотного живлення. «Агробіологія», 2022. № 1. С. 160–167.

Liubych V., Polianetska I., Klymovych N. Infestation of soft spring wheat by leaf diseases depending on nitrogen nutrition. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 160–167.

Рукопис отримано: 04.05.2022 р.
Прийнято: 19.05.2022 р.
Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-160-167

Застосування азотних добрив на пшениці м'якої ярої не впливало на стійкість рослин до бурої іржі у фазах кушіння і виходу в трубку. У фазах колосіння і молочної стиглості зерна стійкість зростала. Стійкість рослин до борошнистої роси не змінювалась залежно від рівня азотного живлення. Інтенсивність ураження залежить від фази росту і погодних умов вегетаційного періоду. Найвищу стійкість до бурої листової іржі рослини мають у фазу кушіння. Бура іржа розвивалась у 2014 р. впродовж усього вегетаційного періоду. Найнижча інтенсивність ураження була впродовж кушіння – вихід рослин у трубку, яка не змінювалась від варіанту досліду – 5,0 %. Поширення бурої листової іржі найменшим було в фазу кушіння – 10 %, у фазу виходу рослин у трубку – 40 %. Стійкість при цьому становила 8 бала. У фазу колосіння інтенсивність ураження зростала у варіантах без добрив і $P_{30}K_{30}$ до 8,0–8,2 % або на 60 % за стійкості 7 бала. Цей показник у варіантах із застосуванням азотних добрив становив 4,1–4,3 % за стійкості 8 бала, проте всі стебла були ураженими (поширення було 100 %). Уражені листки були у середньому ярусі, оскільки стійкість за шкалою Е. Е. Saari і J. M. Prescott була на рівні 5 бала. Найменшу стійкість до бурої листової іржі рослини мають у фазу молочної стиглості зерна пшениці м'якої ярої. Інтенсивність при цьому зростає до 15,2–18,7 % або в 2,1–4,7 раза порівняно з фазою колосіння. Стійкість найнижча – 6 бала. Уражені всі листки (стійкість за шкалою Е. Е. Saari і J. M. Prescott на рівні 1 бала).

У 2015 р. бура іржа проявилась у фазу молочної стиглості зерна пшениці м'якої ярої. Проте інтенсивність ураження була незначною – 5,0–6,5 % залежно від варіанту досліду. Поширення бурої листової іржі знижувалось від 60 % на неудобрених ділянках до 30 % на фосфорно-калійному тлі та до 10 % за внесення азотних добрив. Стійкість рослин була високою – 7–8 бала залежно від варіанту досліду.

Борошниста роса розвивається упродовж усього вегетаційного періоду обох років досліджень. У 2014 р. інтенсивність ураження найнижча в фазу кушіння – 7,7–8,0 % з поширенням 50 %, стійкість становить 7 бала. У фазу виходу рослин у трубку інтенсивність ураження зростає до 44,1–46,8 % або в 5,8–5,9 раза порівняно з фазою кушіння. Уражувались усі рослини, а стійкість становить 3 бала. У наступні фази росту інтенсивність борошнистої роси зростає. Так, у фазу колосіння цей показник зростає до 65,1–69,2 % або в 8,5–8,7 раза, а в молочну стиглість зерна в 9,5–9,7 раза порівняно з кушінням залежно від удобрення. Стебла пшениці м'якої ярої уражувались усі, а стійкість становить 2 бала.

Ключові слова: бура листовка іржа, борошниста роса, інтенсивність ураження, поширення, стійкість.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця (*Triticum aestivum* L.) – одна з основних зернових культур не тільки в Україні, а й у всьому світі [1]. Серед усього комплексу агротехнологічних заходів, за умови достатньої забезпеченості рослин вологою, добрива виступають найдієвішим чинником формування врожайності зернових культур [2]. Вони активізують ріст і розвиток рослин, сприяють накопиченню біомаси, формуванню асиміляційного апарату, завдяки цьому збільшують урожайність і покращують якість зерна [3].

Важливим показником оцінювання складової агротехнології є стійкість рослин до несприятливих чинників навколишнього природного середовища [4]. Із них ураження хворобами – основний компонент, від якого залежить рівень продуктивності. Відомо, що застосування добрив може впливати на рівень стійкості рослин до хвороб, який змінюється від селекційно-генетичних особливостей сорту [5].

Погіршення фітосанітарної ситуації може призвести до різкого зниження якісних показників і врожайності пшениці м'якої [6]. Грибкові захворювання є найбільш поширеними і шкідливими серед хвороб зернових культур [7]. Загальна шкода від грибкових захворювань, у тому числі від іржі, внаслідок яких втрачає урожай пшениці м'якої щорічно оцінюється в усьому світі мільярдами доларів [8]. За оцінками експертів Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), щорічні глобальні втрати їжі від хвороб і шкідників сільськогосподарських культур становлять до 70 млн т [9]. Ураження фітопатогенними грибами є серйозною проблемою для країн Центральної Азії, оскільки сільське господарство розглядається як один з основних факторів економіки, а за даними FAO, цей регіон характеризується більш високим рівнем споживання хліба на душу населення (близько 200 кг на рік). Це скорочує витрати виробництва, що є економічним фактором, який негативно впливає на сталий розвиток сільського господарства [10].

З усіх видів іржі найпоширенішою є буролистова іржа пшениці (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Erikss). Збудник поширений повсюдно, щорічно знижує врожайність зернових культур на 5–10 %, а епіфітотія у ці роки призводить до втрати його 50–70 % [11]. На думку вчених [12, 13], цей вид іржі завдає найбільших економічних збитків, ніж жовта і стеблова іржа. Цей збудник у найкоротші терміни за сприятливих погодних умов навколишнього природного середовища інтенсивно поширюється, уражує пшеницю та інші рослини роду *Triticum*, *Aegilops*, *Elymus*, *Agropyron* тощо.

Вчені [14] вважають, що ефективним заходом обмеження поширення розвитку буролистої іржі є створення стійких сортів. Виявлено сорт пшениці, що має два гени стійкості Lr28 і Lr68. Крім цього, постійно проводяться дослідження щодо ідентифікації генів стійкості до основних збудників хвороб [15]. Проте в цих дослідженнях не вивчалось питання розвитку буролистої іржі залежно від доз азотних добрив. Крім цього, дослідження проводили з озимими формами пшениці м'якої.

Борошниста роса, спричинена облигатним біотрофним грибом *Blumeria graminis* DC. E.O. Speer f. sp. *tritici* Em. Marchal (syn. *Erysiphe graminis* DC), є основною хворобою, що зменшує виробництво пшениці м'якої ярої. Інфікування відбувається за температури від 5 до 30 °C, але волога погода з температурою від 15 до 20 °C є найсприятливішою для швидкого поширення гриба [16]. У польових умовах виявлено сорти пшениці м'якої ярої Gemmeiza-3, Gemmeiza-5, Gemmeiza-7, Sakha-8, Sakha-61, Sakha-93, Giza-160 and Giza-163, які мали високу сприйнятливості, а сорти Misr-2, Sids-13, Gemmeiza-11, Gemmeiza-12, Giza-167, Giza-168 і Giza-171 – стійкість до ураження борошнистою россою. Проте найменшу інтенсивність ураження мали лише сорти Giza-167 і Giza-168 [17]. Слід відзначити, що в цьому дослідженні не вивчали питання формування стійкості рослин пшениці м'якої ярої залежно від удобрення.

Стійкість рослин пшениці до збудників хвороб зазвичай вивчається в селекції, коли поєднують різні генотипи в одному або створюють сорти зі стійкістю до хвороб [18–20]. Крім цього, досліджують формування стійкості різних сортів пшениці. Вплив азотних добрив на ці параметри рослин пшениці вивчено недостатньо. Враховуючи недостатнє вивчення питання щодо впливу різного рівня азотного живлення на розвиток основних грибкових хвороб на пшениці м'якій ярій, дослідження є актуальними.

Мета дослідження – вивчення ураження пшениці м'якої ярої листовими хворобами залежно від рівня азотного живлення.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в умовах ННВВ Уманського НУС упродовж 2014–2015 рр. У досліді пшеницю м'яку яру (сорт Колективна 3) вирощували після ячменю ярого. Дослідження проводили за схемою, що включала варіанти: без добрив (контроль), $P_{30}K_{30}$ – фон, фон + N_{30} , фон + N_{60} , фон + N_{90} , фон + N_{120} . Загальна площа ділянки становила 72 м², облікової – 42 м².

Ґрунт дослідної ділянки чорнозем опідзолений. Вміст гумусу в орному шарі 3,2–3,3 %,

ступінь насичення основами 90–93 %, реакція ґрунтового розчину середньою кислотою ($pH_{\text{сол}} = 5,5$), гідролітична кислотність – 1,9–2,3 смоль/кг ґрунту, вміст рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирикова) – 100–120 мг/кг, азот сполук, що лужногідролізуються (за методом Корнфілда) – 100–110 мг/кг ґрунту.

Погодні умови у роки проведення досліджень були сприятливими для росту і продуктивності рослин пшениці м'якої ярої. У 2014 р. за період березень – червень випало 216,3 мм опадів, а в 2015 р. – 246,4 мм. Отже, за кількістю опадів роки були подібними. Температура повітря і відносна його вологість мало змінювались порівняно з середніми значеннями і були сприятливими для росту рослин.

Інтенсивність ураження збудником бурої листової іржі визначали за шкалою Т.Д. Страхова, борошнистої роси – за шкалою А. Bronnmann, стійкість до ураження (ярус, в якому розміщені уражені листки) – за методикою Е.Е. Saari і J. M. Prescott (рис. 1).

Стійкість рослин за інтенсивністю ураження визначали відповідно до шкали:

9 – дуже висока стійкість (відсутність ознак хвороби);

8 – висока стійкість (інтенсивність ураження органів рослин до 5 %);

7 – стійкість (інтенсивність ураження 5–10 %);

6 – стійкість (інтенсивність ураження 10–15 %);

5 – слабка сприйнятливості, гетерогенність (інтенсивність ураження 15–25 %);

4 – сприйнятливості (інтенсивність ураження 25–40 %);

3 – сприйнятливості (інтенсивність ураження 40–65 %);

2 – висока сприйнятливості (інтенсивність ураження 65–90 %);

1 – дуже висока сприйнятливості (інтенсивність ураження 90–100 %).

Математичну обробку даних здійснювали методом дисперсійного аналізу однофакторного польового дослідження.

Результати дослідження та обговорення.

Результати проведених досліджень свідчать, що ураження рослин пшениці м'якої ярої залежить від фази росту (табл. 1). Бурої листової іржі розвивалась у 2014 р. впродовж усього вегетаційного періоду. Найнижча інтенсивність ураження була впродовж кущіння – вихід рослин у трубку, яка не змінювалась від варіанту дослідження – 5,0 %. Поширення бурої листової іржі найменшим було в фазу кущіння – 10 %, у фазу виходу рослин у трубку – 40 %. Стійкість при цьому становила 8 бала.

У фазу колосіння інтенсивність ураження зростала у варіантах без добрив і $P_{30}K_{30}$ до 8,0–8,2 % або на 60 % за стійкості 7 бала. Цей показник у варіантах із застосуванням азотних добрив становив 4,1–4,3 % за стійкості 8 бала, проте всі стебла були ураженими (поширення було 100 %). Уражені листки були у середньому ярусі, оскільки стійкість за шкалою Е.Е. Saari і J. M. Prescott була на рівні 5 бала.

Найменшу стійкість до бурої листової іржі рослини мали у фазу молочної стиглості зерна пшениці м'якої ярої. Інтенсивність при цьому зростала до 15,2–18,7 % або в 2,1–4,7 рази порівняно з фазою колосіння. Стійкість була найнижчою – 6 бала. Ураженими були усі листки (стійкість за шкалою Е.Е. Saari і J. M. Prescott була на рівні 1 бала). Поширення бурої листової іржі не змінювалось порівняно з фазою колосіння.

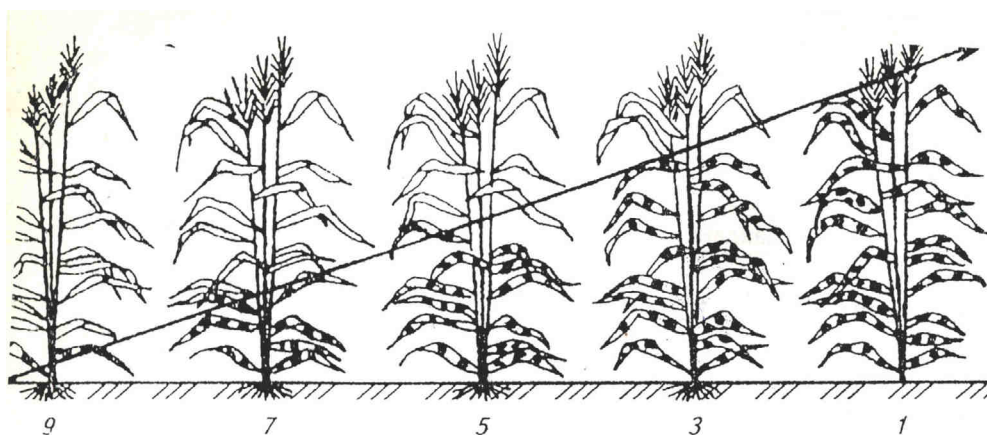


Рис. 1. Стійкість рослин пшениці залежно від яруса розміщення уражених листків за методикою Е. Е. Saari і J. M. Prescott.

Таблиця 1 – Ураження рослин пшениці м'якої ярої бурюю листковою іржею за різних доз азотних добрив, 2014 р.

Варіант досліджу	Показник			
	1	2	3	4
Фаза кущіння				
Без добрив (контроль)	5,0	10	8	–
P ₃₀ K ₃₀ – фон	5,0	10	8	–
Фон + N ₃₀	5,0	10	8	–
Фон + N ₆₀	5,0	10	8	–
Фон + N ₉₀	5,0	10	8	–
Фон + N ₁₂₀	5,0	10	8	–
НІР ₀₅	0,2	1	1	–
Фаза виходу рослин у трубку				
Без добрив (контроль)	5,0	40	8	5
P ₃₀ K ₃₀ – фон	5,0	40	8	5
Фон + N ₃₀	5,0	40	8	5
Фон + N ₆₀	5,0	40	8	5
Фон + N ₉₀	5,0	40	8	5
Фон + N ₁₂₀	5,0	40	8	5
НІР ₀₅	0,2	2	1	1
Фаза колосіння				
Без добрив (контроль)	8,2	100	7	5
P ₃₀ K ₃₀ – фон	8,0	100	7	5
Фон + N ₃₀	4,2	100	8	5
Фон + N ₆₀	4,3	100	8	5
Фон + N ₉₀	4,1	100	8	5
Фон + N ₁₂₀	4,1	100	8	5
НІР ₀₅	0,3	5	1	1
Фаза молочної стиглості зерна				
Без добрив (контроль)	17,5	100	6	1
P ₃₀ K ₃₀ – фон	15,2	100	6	1
Фон + N ₃₀	15,4	100	6	1
Фон + N ₆₀	16,3	100	6	1
Фон + N ₉₀	17,4	100	6	1
Фон + N ₁₂₀	18,7	100	6	1
НІР ₀₅	0,8	5	1	1

Примітка: 1 – інтенсивність ураження, %; 2 – поширення, %; 3 – стійкість, бал;
4 – стійкість за шкалою E. E. Saari і J. M. Prescott, бал.

У 2015 р. бура іржа проявилась у фазу молочної стиглості зерна пшениці м'якої ярої (табл. 2). Проте інтенсивність ураження була незначною – 5,0–6,5 % залежно від варіанту досліджу. Поширення бурюю листковою іржею знижувалось від 60 % на неудобрених ділянках до 30 % на фосфорно-калійному тлі та до 10 % за внесення азотних добрив. Стійкість рослин була високою – 7–8 бала залежно від варіанту досліджу.

Рослини пшениці м'якої ярої найбільше уражувались борошністою росюю (табл. 3).

Борошніста роса розвивалась упродовж усього вегетаційного періоду обох років досліджень. У 2014 р. інтенсивність ураження найнижчою була в фазу кущіння – 7,7–8,0 % з поширенням 50 %, стійкість становила 7 бала. У фазу виходу рослин у трубку інтенсивність ураження зростала до 44,1–46,8 % або в 5,8–5,9 раза порівняно з фазою кущіння. Ураженими були усі рослини, а стійкість становила 3 бала. У наступні фази росту інтенсивність борошністої роси зростала. Так, у фазу колосіння цей показник зростав до 65,1–69,2 %

або в 8,5–8,7 раза, а в молочну стиглість зерна в 9,5–9,7 раза порівняно з кушінням залежно від удобрення. Стебла пшениці м'якої ярої були уражені всі, а стійкість становила 2 бала.

Слід відзначити, що застосування азотних добрив не впливало на інтенсивність ураження рослин пшениці м'якої ярої борошністою росюю.

Таблиця 2 – Ураження рослин пшениці м'якої ярої бурюю листковою іржею у фазу молочної стиглості зерна за різних доз азотних добрив, 2015 р.

Варіант досліду	Показник			
	1	2	3	4
Без добрив (контроль)	6,0	60	7	3
P ₃₀ K ₃₀ – фон	6,5	30	7	3
Фон + N ₃₀	5,0	10	8	3
Фон + N ₆₀	5,0	10	8	3
Фон + N ₉₀	5,0	10	8	3
Фон + N ₁₂₀	5,0	10	8	3
НІР ₀₅	0,2	1	1	1

Примітка: 1 – інтенсивність ураження, %; 2 – поширення, %; 3 – стійкість, бал;
4 – стійкість за шкалою E. E. Saari і J. M. Prescott, бал.

Таблиця 3 – Ураження рослин пшениці м'якої ярої борошністою росюю за різних доз азотних добрив

Варіант досліду	Рік проведення досліджень					
	2014			2015		
	1	2	3	1	2	3
Фаза кушіння						
Без добрив (контроль)	7,8	50	7	72,5	60	2
P ₃₀ K ₃₀ – фон	7,7	50	7	70,6	60	2
Фон + N ₃₀	8,0	50	7	73,0	90	2
Фон + N ₆₀	7,9	50	7	73,1	100	2
Фон + N ₉₀	8,0	50	7	72,4	100	2
Фон + N ₁₂₀	7,9	50	7	73,2	100	2
НІР ₀₅	0,4	2	1	3,7	5	1
Фаза виходу рослин у трубку						
Без добрив (контроль)	45,6	100	3	80,4	100	2
P ₃₀ K ₃₀ – фон	44,1	100	3	80,0	100	2
Фон + N ₃₀	46,2	100	3	81,0	100	2
Фон + N ₆₀	46,8	100	3	81,5	100	2
Фон + N ₉₀	46,7	100	3	82,3	100	2
Фон + N ₁₂₀	46,5	100	3	83,4	100	2
НІР ₀₅	2,3	5	1	2,4	5	1
Фаза колосіння						
Без добрив (контроль)	68,3	100	2	85,7	100	2
P ₃₀ K ₃₀ – фон	65,1	100	2	84,1	100	2
Фон + N ₃₀	68,9	100	2	84,9	100	2
Фон + N ₆₀	69,2	100	2	85,8	100	2
Фон + N ₉₀	69,0	100	2	86,2	100	2
Фон + N ₁₂₀	68,8	100	2	86,4	100	2
НІР ₀₅	3,4	5	1	3,5	5	1
Фаза молочної стиглості зерна						
Без добрив (контроль)	75,9	100	2	82,3	100	2
P ₃₀ K ₃₀ – фон	74,2	100	2	81,4	100	2
Фон + N ₃₀	75,3	100	2	82,4	100	2
Фон + N ₆₀	75,8	100	2	82,9	100	2
Фон + N ₉₀	76,1	100	2	82,7	100	2
Фон + N ₁₂₀	76,5	100	2	82,6	100	2
НІР ₀₅	3,8	5	1	4,1	5	1

Примітка: 1 – інтенсивність ураження, %; 2 – поширення, %; 3 – стійкість, бал.

Вища максимальна температура повітря в 2015 р. в квітні (15,5–25,6 °С) сприяла вищій інтенсивності розвитку борошнистої роси. Крім цього, впродовж квітня було 25 діб з температурою $\geq 15,0$ °С. У 2014 р. було 16 діб з температурою 15,4–18,5 °С. Тому в фазу кушіння пшениці м'якої ярої інтенсивність була 70,6–73,2 %, яка була високою впродовж решти фаз росту. Поширення борошнистої роси було максимальним, а стійкість становила 2 бала. Результати досліджень свідчать, що ураження пшениці м'якої ярої бурюю листковою іржею була нижчою порівняно з борошнистою росю.

Враховуючи високе забезпечення чорнозему опідзоленого рухомими сполуками фосфору та калію, а також застосування фосфорно-калійних добрив, азотні добрива достовірно не впливали на інтенсивність і стійкість пшениці м'якої ярої до борошнистої роси. Поліпшення умов азотного живлення на тлі достатнього забезпечення рухомими сполуками фосфору та калію підвищували стійкість пшениці м'якої ярої до бурюю листкової іржі.

Висновки. Застосування азотних добрив на пшениці м'якій ярій не впливало на стійкість рослин до бурюю іржі у фазах кушіння і виходу в трубку. У фазах колосіння і молочної стиглості зерна стійкість зростала. Стійкість рослин до борошнистої роси не змінювалась залежно від рівня азотного живлення. Ураження рослин пшениці м'якої ярої залежить від фази росту і погодних умов вегетаційного періоду. Найвищу стійкість до бурюю листкової іржі рослини мають у фазу кушіння. Найменшу стійкість до бурюю листкової іржі рослини пшениці м'якої ярої мають у фазу молочної стиглості зерна. Інтенсивність при цьому зростає до 15,2–18,7 % або в 2,1–4,7 рази порівняно з фазою колосіння. Стійкість найнижча – 6 бала. Уражені всі листки (стійкість за шкалою Е. Е. Саарі і Ж. М. Прескотт на рівні 1 бала).

Борошниста роса розвивається упродовж усього вегетаційного періоду обох років досліджень. У 2014 р. інтенсивність ураження найнижча в фазу кушіння – 7,7–8,0 % з поширенням 50 %, стійкість становить 7 бала. У фазу виходу рослин у трубку інтенсивність ураження зростає до 44,1–46,8 % або в 5,8–5,9 рази порівняно з фазою кушіння. Уражувались усі рослини, а стійкість становить 3 бала. У наступні фази росту інтенсивність борошнистої роси зростає. Так, у фазу колосіння цей показник зростає до 65,1–69,2 % або в 8,5–8,7 рази, а в молочну стиглість зерна в – 9,5–9,7 рази порівняно з кушінням залежно від удобрення. Стебла пшениці м'якої ярої уражувались усі, а стійкість становить 2 бала.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. The differentiation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for resistance to the most harmful fungal pathogens / Kiseleva M. I. et al. *Agricultural biology*. 2016. Vol. 51 (3). P. 299–309.
2. Fischer T., Byerlee D., Edmeades G.O. Copy Yields and Global Food Security: Will Yield Increase Continue to Feed the World? ACIAR. Monograph No. 158. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. 2014. 634 p.
3. Господаренко Г.М., Любич В.В. Вплив норм і строків застосування азотних добрив на елементи структури врожаю сортів тритикале ярого. *Збірник наукових праць Вінницького ДАУ*. 2015. Вип. 38. С. 25–32.
4. Plant population and fungicide economically reduced winter wheat yield gap in Kansas / Jaenisch B.R. et al. *Agron. J.* 2019. Vol. 111. P. 650–665.
5. Anbessa Y., Juskiw P. Review: Strategies to Increase Nitrogen Use Efficiency of Spring Barley. *Can. J. Plant. Sci.* 2012. Vol. 92. P. 617–625.
6. Effects of Nitrogen Application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-Nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China plain / SI Z. et al. *Agric. Water Manag.* 2020. Vol. 321. P. 106–113.
7. Effect of liquid amide nitrogen fertilizer with magnesium and sulphur on spring wheat chlorophyll content, accumulation of nitrogen and yield / Pranchietiené I. et al. *J. Elem.* 2020. Vol. 25(1). P. 139–152.
8. Genome-wide association study and genetic diversity analysis on nitrogen use efficiency in a Central European winter wheat (*Triticum aestivum* L.) collection / Monostori I. et al. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12(12). P. 235–241.
9. El-Salam M.A., Abd El Lateef E.M., Farrag A.A. Sulphur-nitrogen interactive effects on wheat yield and nutrient concentration. In: 4th International Conference on Agriculture & Horticulture. 2015. Vol. 4(2). P. 2168–2181.
10. Development of wheat lines carrying stem rust resistance gene Sr39 with reduced *Aegilops speltoides* chromatin and simple PCR markers for marker-assisted selection / Mago R. et al. *Theor. Appl. Genet.* 2015. Vol. 119(8). P. 1441–1450.
11. Sulfur dioxide enhance drought tolerance of wheat seedlings through H₂S signaling. *Ecotoxicol / Li L.H. et al. Environ. Saf.* 2021. Vol. 207. P. 248–255.
12. Kolmer J.A., Oelke L.M. Genetics of leaf rust resistance in the spring wheats Ivan and Knudson spring wheat. *Can. J. Plant Pathol.* 2006. Vol. 28(2). P. 223–229.
13. Lr68: a new gene conferring slow rusting resistance to leaf rust in wheat / Herrera-Foessel S.A. et al. *Theor. Appl. Genet.* 2012. Vol. 124(80). P. 1475–1486.
14. Influence of new sulfur-containing fertilizers on performance of wheat yield / Kurmanbayeva M. et al. *Saudi J Biol Sci.* 2021. Vol. 28(8). P. 4644–4655.
15. El-Orabey W.M., Hamwieh A., Ahmed S.M. Molecular markers and phenotypic characterization of adult plant resistance genes Lr 34, Lr 46, Lr 67 and Lr

68 and their association with partial resistance to leaf rust in wheat. *J. Genetics*. 2019. Vol. 98. P. 1122–1135.

16. Esmail S.M., Draz I.S. Fungal morphogenesis tracking of *Blumeria graminis* f. sp. tritici on leaf freed of epicuticular wax using scanning electron microscopy. *Int. J. Microbiol. Biotechnol.* 2017. Vol. 2. P. 181–188.

17. Powdery mildew susceptibility of spring wheat cultivars as a major constraint on grain yield / Sobhy I. et al. *Annals of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 64(1). P. 39–45.

18. Molecular polymorphism of the wheat leaf rust fungus in Morocco using amplified fragment length polymorphism / Bouftass F. et al. *J. Phytopathol.* 2010. Vol. 158(2). P. 111–116.

19. Validation and identification of molecular markers linked to the leaf rust resistance gene Lr28 in wheat / Bipinraj A. et al. *J. Appl. Genet.* 2011. Vol. 52(2). P. 171–175.

20. Identification of rust resistance genes Lr10 and Sr9a in Pakistani wheat germplasm using PCR based molecular markers / Babar M. et al. *Afr. J. Biotechnol.* 2010. Vol. 9(8). P. 1144–1150.

REFERENCES

1. Kiseleva, M.I., Kolomiets, T.M., Pakholkova, E.V., Zhemchuzhina, N.S., Lubich, V.V. (2016). The differentiation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for resistance to the most harmful fungal pathogens. *Agricultural biology*. Vol. 51 (3), pp. 299–309.

2. Fischer, T., Byrlee, D., Edmeades, G.O. (2014). Copy Yields and Global Food Security: Will Yield Increase Continue to Feed the World? ACIAR Monograph No. 158. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. 634 p.

3. Hospodarenko, H.M., Lyubich, V.V. (2015). Vplyv norm i strokiv zastosuvannya azotnykh dobrov na elementy struktury vrozhayu sortiv trytykale yaro-ho [Influence of norms and terms of nitrogen fertilizers application on crop structure elements of spring triticale varieties]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho DAU* [Collection of scientific works of Vinnytsia State Agrarian University]. Issue 38, pp. 25–32.

4. Jaenisch, B.R., de Oliveira Silva, A., DeWolf, E., Ruiz-Diaz, D.A., Lollato, R.P. (2019). Plant population and fungicide economically reduced winter wheat yield gap in Kansas. *Agron. J.* Vol. 111, pp. 650–665.

5. Anbessa, Y., Juskiw, P. (2012). Review: Strategies to Increase Nitrogen Use Efficiency of Spring Barley. *Can. J. Plant. Sci.* Vol. 92, pp. 617–625.

6. Si, Z., Zain, M., Mehmood, F., Wang, G., Gao, Y. (2020). Effects of Nitrogen Application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-Nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China plain. *Agric. Water Manag.* Vol. 321, pp. 106–113.

7. Pranckietienė, I., Marks, M., Paulauskiene, A., Dromantienė, R., Smalstienė, V., Jodaugienė, D., Vagusevičienė, I. (2020). Effect of liquid amide nitrogen fertilizer with magnesium and sulphur on spring wheat chlorophyll content, accumulation of nitrogen and yield. *J. Elem.* Vol. 25(1), pp. 139–152.

8. Monostori, I., Szira, F., Tondelli, A., Árendás, T., Gierczik, K., Cattivelli, L., Vágújfalvi, A. (2017). Genome-wide association study and genetic diversity analysis on nitrogen use efficiency in a Central European winter wheat (*Triticum aestivum* L.) collection. *PLoS ONE*. Vol. 12(12), pp. 235–241.

9. El-Salam, M.A., Abd El Lateef, E.M., Farrag, A.A. (2015). Sulphur-nitrogen interactive effects on wheat yield and nutrient concentration. In: 4th International Conference on Agriculture & Horticulture. Vol. 4(2), pp. 2168–2181.

10. Mago, R., Zhang, P., Bariana, H.S., Verlin, D.C., Bansal, U.K., Ellis, J.G., Dundas, I.S. (2015). Development of wheat lines carrying stem rust resistance gene Sr39 with reduced *Aegilops speltoides* chromatin and simple PCR markers for marker-assisted selection. *Theor. Appl. Genet.* Vol. 119(8), pp. 1441–1450.

11. Li, L.H., Yi, H.L., Liu, X.P., Qi, H.X. (2021). Sulfur dioxide enhance drought tolerance of wheat seedlings through H₂S signaling. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* Vol. 207, pp. 248–255.

12. Kolmer, J.A., Oelke, L.M. (2006). Genetics of leaf rust resistance in the spring wheats Ivan and Knudson spring wheat. *Can. J. Plant Pathol.* Vol. 28(2), pp. 223–229.

13. Herrera-Foessel, S.A., Singh, R.P., Huerta-Espino, J., Rosewarne, G.M., Peritannan, S.K., Viccar, L., Calvo-Salazar, V., Lan, C., Lagudah, E.S. (2012). Lr68: a new gene conferring slow rusting resistance to leaf rust in wheat. *Theor. Appl. Genet.* Vol. 124(80), pp. 1475–1486.

14. Kurmanbayeva, M., Sekerova, T., Tileubayeva, Z., Kaiyrbekov, T., Kusmangazinov, A., Shapalov, S., Madenova, A., Burkitbayev, M., Bachilova, N. (2021). Influence of new sulfur-containing fertilizers on performance of wheat yield Saudi J Biol Sci. Vol. 28(8), pp. 4644–4655.

15. El-Orabey, W.M., Hamwiah, A., Ahmed, S.M. (2019). Molecular markers and phenotypic characterization of adult plant resistance genes Lr 34, Lr 46, Lr 67 and Lr 68 and their association with partial resistance to leaf rust in wheat. *J. Genetics*. Vol. 98, pp. 1122–1135.

16. Esmail, S.M., Draz, I.S. (2017). Fungal morphogenesis tracking of *Blumeria graminis* f. sp. tritici on leaf freed of epicuticular wax using scanning electron microscopy *Int. J. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 2, pp. 181–188.

17. Sobhy, I., Samar, D., Esmail, M., El-Halim, M., Tarek, A.-Z., Essab, El-M. (2019). Powdery mildew susceptibility of spring wheat cultivars as a major constraint on grain yield. *Annals of Agricultural Sciences*. Vol. 64(1), pp. 39–45.

18. Bouftass, F., Labhilili, M., Ezzahiri, B., Ziouti, A. (2010). Molecular polymorphism of the wheat leaf rust fungus in Morocco using amplified fragment length polymorphism. *J. Phytopathol.* Vol. 158(2), pp. 111–116.

19. Bipinraj, A., Honrao, B., Prashar, M., Bhardwaj, S., Rao, S., Tamhankar, S. (2011). Validation and identification of molecular markers linked to the leaf rust resistance gene Lr28 in wheat. *J. Appl. Genet.* Vol. 52(2), pp. 171–175.

20. Babar, M., Mashhadi, A.D., Mehvish, A., Zahra, A.N., Waheed, R., Hasnain, A., Hussain, Sajid-ur-Rahman, N., Ali, M., Khaliq, I., Aziz, A. (2010). Identification of rust resistance genes Lr10 and Sr9a in Pakistani wheat germplasm using PCR based molecular markers. *Afr. J. Biotechnol.* Vol. 9(8), pp. 1144–1150.

Infestation of soft spring wheat by leaf diseases depending on nitrogen nutrition

Liubych V., Polianetska I., Klymovych N.

Infestation of soft spring wheat plants depends on the growth stage and weather conditions of the growing season. Plants have the highest resistance to brown rust in the tillering stage. Brown rust developed in 2014 throughout the growing season. The lowest infestation intensity was during tillering – booting stage, which did not change from the experiment variant – 5.0 %. The lowest spread of brown rust was in the tillering stage – 10 %, in the booting stage – 40 %. The resistance was assessed 8 points. In the earing stage, the infestation intensity increased in no fertilizer variants and P30K30 to 8.0–8.2 % or by 60 % with a resistance of 7 points. This indicator in the variants with nitrogen fertilizers was 4.1–4.3 % with a resistance of 8 points, but all stems were infected (100 % spread). Affected leaves were in the middle layer, as their resistance by E. E. Saari and J. M. Prescott scale was at 5 points. Plants had the least resistance to brown rust in the milk stage of soft spring wheat grain.

The intensity increased to 15.2–18.7 % or 2.1–4.7 times compared to the earing stage. The lowest resistance was assessed 6 points. All leaves were affected (resistance by E. E. Saari and J. M. Prescott scale – 1 point).

In 2015, brown rust appeared in the milk stage of soft spring wheat grain. However, the infestation intensity was insignificant – 5.0–6.5 % depending on the experiment variant. The prevalence of brown rust decreased from 60 % in unfertilized areas to 30 % on phosphorus–potassium background and up to 10 % with nitrogen fertilizers. Plant resistance was high – 7–8 points depending on the experiment variant.

Powdery mildew develops throughout the growing season of both research years. In 2014, the infestation intensity is the lowest in the tillering stage – 7.7–8.0 % with 50 % spread, with the resistance of 7 points. In the booting stage of plants, the infestation intensity increased to 44.1–46.8 % or 5.8–5.9 times compared to the tillering stage. All plants were affected, and the resistance was 3 points. In subsequent stages of growth, the intensity of powdery mildew increased. Thus, in the earing stage this indicator increased to 65.1–69.2 % or 8.5–8.7 times, and in the milk stage – 9.5–9.7 times compared to tillering depending on the fertilizer. The stems of soft spring wheat were all affected, and the resistance was 2 points.

Key words: brown leaf rust, powdery mildew, infestation intensity, spread, resistance.



Copyright: Любич В.В., Полянецька І.О., Климович Н.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.



ORCID iD:

Любич В.В.

Полянецька І.О.

Климович Н.М.

<https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>

<https://orcid.org/0000-0002-5473-884X>

<https://orcid.org/0000-0002-6373-8534>


УДК 631.559+664.64.016:633.111:631.53.04

Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву

Колібабчук Т.В.¹ , Кузьменко О.В.¹ , Зарва О.І.¹ , Любич В.В.² 

¹ Верхняцька селекційно-дослідна станція

² Уманський національний університет садівництва

 Любич В.В. E-mail: LyubichV@gmail.com



Колібабчук Т.В., Кузьменко О.В., Зарва О.І., Любич В.В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву. «Агробіологія», 2022. № 1. С. 168–178.

Kolibabchuk T., Kuzmenko O., Zarva O., Liubych V. Yield and quality of soft winter wheat depending on the sowing rates. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 168–178.

Рукопис отримано: 04.05.2022 р.

Прийнято: 19.05.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-168-178

Виявлено, що в середньому за роки досліджень урожайність пшениці м'якої озимої найвищою була за норми висіву 5 млн/га – 5,53 т/га. Цей показник, за норми висіву 4 млн/га, був 5,28 т/га або лише на 5 % менше порівняно з нормою висіву 5 млн/га. Збільшення норми висіву до 8 млн/га зменшувало врожайність зерна на 3–5 %. Індекс стабільності при цьому був високим – 0,95–0,98. Урожайність у сприятливішому 2021 р. змінювалась від 4,82 до 5,59 т/га, а в 2020 р. – від 4,56 до 5,47 т/га залежно від норми висіву.

Збільшення норми висіву пшениці м'якої озимої сприяло зниженню вмісту білка в зерні. Так, найвищим його вміст був за найменшої норми висіву – 15,8 %, а за 8 млн/га – 12,6 %. Вміст білка змінювався від погодних умов у період досягання пшениці м'якої озимої. Так, за дефіциту вологи у 2020 р. вміст білка був найвищим – 12,9–16,1 %, а в 2021 р. – 12,2–15,4 % залежно від варіанту досліду. Індекс стабільності при цьому був високим – 0,93–0,97. Вміст крохмалю змінювався обернено пропорційно до вмісту білка. Так, зі збільшенням норми висіву цей показник зростав від 55,6 до 59,0 % за індексу стабільності 0,98–0,99. У середньому за два роки досліджень вміст клейковини знижувався від 33,9 до 27,3 % або на 20 %. Найвищий її вміст отримано за вирощування пшениці м'якої озимої у 2020 р. – 27,7–35,8 %, а в 2021 р. – 26,8–31,9 %. Збільшення норми висіву знижувало індекс седиментації пшениці м'якої озимої. Так, у середньому за роки досліджень цей показник знижувався від 63,7 за найменшої норми висіву до 35,9 см³ або в 1,8 рази. Сила борошна пшениці м'якої озимої знижувалась від 334 до 228 од. а. зі збільшенням норми висіву або в 1,5 рази.

Натура зерна пшениці м'якої озимої збільшувалась від 696 г/л за норми висіву 3 млн/га до 725–729 г/л за норми висіву 4–5 млн/га або на 4–5 %. За збільшення норми висіву до 6–8 млн/га натура зерна зменшувалась до 694–718 г/л або на 2–5 % порівняно з показником, отриманого за норми висіву 4–5 млн/га. Індекс стабільності був високим – 0,97–0,99. Натура зерна майже не змінювалась упродовж років досліджень.

В агротехнології лінії LP 2666 пшениці м'якої озимої норма висіву повинна становити 4–5 млн/га. За такого сценарію урожайність становить 5,28–5,53 т/га, вміст білка 14,3–15,1 %.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, урожайність, норма висіву, якість зерна, індекс стабільності.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.) є однією з найважливіших культур, яка вирощується в різних ґрунтово-кліматичних умовах, що впливають на загальну продуктивність, зокрема на врожайність зерна та його якість [1, 2]. Урожайність і якість зерна пшениці залежать від багатьох чинників і їх взаємодії [3]. Серед них одним із важливих чинників є формування оптимальної густоти стеблестою [4]. Висока продуктивність цієї культури формується за умови формування достатньої кількості стебел [5]. Слід відзначити, що формування стебел залежить від селекційно-генетичних особливостей сорту [6]. Крім цього, цей показник змінюється від застосування елементів агротехнології [7, 8]. Враховуючи це необхідно вивчати особливості формування густоти посівів нових сортів пшениці м'якої озимої. Тому дослідження є актуальними.

Практика управління густотою посівів відіграє важливу роль у формуванні врожайності та якості зерна пшениці м'якої [9]. Низка вчених [10–13] зазначають, що норма висіву пшениці м'якої озимої значно змінюється залежно від строку сівби, здатності сорту до утворення стебел і застосування інших елементів агротехнології (удобрення, попередник, зрошення тощо).

Збільшення норми висіву пшениці м'якої озимої по різному впливає на формування врожайності та якості зерна. Так, у дослідженні [14] встановлено, що збільшення норми висіву від 80 до 140 кг/га насіння пшениці м'якої озимої урожайність збільшувалась від 4,31 до 4,95 т/га. За норми висіву 180 кг/га цей показник зменшувався до 3,84 т/га. При цьому врожайність мало змінювалась залежно від погодних умов. Якість зерна за такого сценарію агротехнології погіршувалась. Так, за збільшення норми висіву від 80 до 180 кг/га вміст білка знижувався від 14,0 до 11,8–13,5 %, а вміст клейковини – від 34,5 до 31,1–34,1 %. Слід відзначити, що доцільно перевести норму висіву з маси у шт/га, тому що маса 1000 зерен відрізняється залежно від сорту.

В іншому дослідженні [15], норма висіву змінювалась залежно від сорту пшениці м'якої озимої. Так, в агротехнології сорту CW134 оптимальна норма висіву становила 1,80 млн/га, тому що збільшення її до 2,80 млн/га врожайність зменшувалась від 4,20 т/га до 4,00 т/га. За вирощування сорту SN58 оптимальна норма висіву становила 2,25 млн/га, а сорту SN1 – 2,80 млн/га, тому що формували найбільшу врожайність зерна. Проте елементи агротехнології розроблялись для умов, які значно відрізняються від Правобережного Лісостепу.

Збільшення норми висіву не завжди знижує якість зерна пшениці м'якої озимої. Так, у дослідженні [16] маса 1000 зерен, індекс седиментації і вміст клейковини зростали за збільшення норми висіву від 5 до 6,6 млн/га. Застосування більшої норми висіву сприяло зростанню маси 1000 зерен на 2 %, індексу седиментації на 29 %, вмісту клейковини на 7 % у середньому по сортах. При цьому автори зазначають, що вплив різних норм висіву змінювався залежно від погодних умов року та особливостей сорту пшениці м'якої озимої. У результаті проведення досліджень вчені зазначають, що оптимальною є норма висіву 6,5 млн/га. Проте у цьому дослідженні вивчали лише дві норми висіву. Крім цього, в статті не обґрунтовано механізм покращення якості зерна пшениці м'якої озимої за збільшення норми висіву та не висвітлено формування врожайності. Ґрунтово-кліматичні умови значно відрізняються від Правобережного Лісостепу.

Вчені зазначають [17–19], що для досягнення високого врожаю та якості пшениці м'якої озимої необхідно повністю використовувати усі елементи агротехнології, особливо норму висіву. Нині у виробництві впроваджуються сорти пшениці м'якої, отримані гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Вони мають різну реакцію на елементи агротехнології. Виникає необхідність детальнішого вивчення формування продуктивності форм пшениці м'якої озимої, отриманої гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Крім цього, неоднозначний вплив різних норм висіву на формування якості зерна пшениці м'якої озимої вимагає проведення детальніших досліджень.

Мета дослідження – вивчення формування урожаю і якості зерна пшениці м'якої озимої за різних норм висіву.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в умовах Верхняцької селекційно-дослідної станції упродовж 2020–2021 рр. У досліді пшеницю м'яку озиму (лінія LPP 2666, отримана гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L.) вирощували після гороху з різними нормами висіву, які представлено в таблицях результатів досліджень. Повторність досліді триразова. Загальна площа ділянки 72 м², облікової 42 м². Агротехнологія пшениці м'якої озимої загальноприйнята для Правобережного Лісостепу.

Ґрунт дослідної ділянки дослідної станції чорнозем опідзолений важкосуглинковий. Вміст гумусу в орному шарі 3,0–3,1 %, ступінь насичення основами 90–91 %, реакція ґрунтового розчину середньокисла (рН_{сол} = 5,6), гідролітична кислотність – 1,9–2,0 смоль/кг

грунту, вміст рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирикова) – 123–125 мг/кг, азот сполук, що лужногідролізуються (за методом Корнфілда) – 109–110 мг/кг ґрунту.

Урожайність визначали поділянково прямим комбайнуванням Сампо-400. Вміст білка, крохмалю, клейковини, індекс седиментації, силу борошна та натуру зерна визначали методом інфрачервоної спектроскопії на приладі Infratec™ 1241 Grain Analyzer. Індекс стабільності визначали за формулою:

$$SE = \frac{HE}{LE},$$

де HE – найбільший прояв ознаки;

LE – найменший прояв ознаки.

Статистичне оброблення цифрового матеріалу здійснювали методом польового однофакторного дисперсійного аналізу польового дослідження [20]. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку використовували коефіцієнт детермінації за шкалою Чеддока: 0,1–0,3 – незначний зв'язок; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1 – функціональний.

Погодні умови за роки проведення досліджень відрізнялись від середньобагаторічного показника (табл. 1). Кількість опадів у 2020 р. була меншою порівняно з середньобагаторічним показником і 2021 р. Недостатньо опадів для отримання сходів випало в жовтні 2019 р. У 2021 р. упродовж вегетаційного періоду випадала достатня кількість опадів для форму-

вання високого врожаю зерна пшениці твердої озимої. Температура повітря 2020 р. була вищою порівняно з середньобагаторічним показником, крім фази ВВСН 10 і фази ВВСН 50.

Фази розвитку змінювались залежно від погодних умов року дослідження (табл. 2). Так, у 2020 р. сходи пшениці озимої були у кінці січня завдяки дефіциту вологи у період сівби 2019 р. Нижча температура у період куштиння – вихід у трубку в 2021 р. збільшили їх тривалість.

Результати дослідження та обговорення. Встановлено, що в середньому за два роки досліджень урожайність пшениці м'якої озимої найбільшою була за норми висіву 5 млн/га – 5,53 т/га (табл. 3). Цей показник за норми висіву 4 млн/га був 5,28 т/га або лише на 5 % менше порівняно з нормою висіву 5 млн/га. Збільшення норми висіву до 8 млн/га зменшувало врожайність зерна на 3–5 %. Індекс стабільності при цьому був високим – 0,95–0,98. Урожайність у 2021 р. змінювалась від 4,82 до 5,59 т/га, а в 2020 р. – від 4,56 до 5,47 т/га залежно від норми висіву.

Збільшення норми висіву пшениці м'якої озимої сприяло зниженню вмісту білка в зерні (табл. 4). Так, найвищим його вміст був за найменшої норми висіву – 15,8 %, а за 8 млн/га – 12,6 %. Вміст білка змінювався від погодних умов у період досягання пшениці м'якої озимої. Так, за дефіциту вологи у 2020 р. вміст білка був найвищим – 12,9–16,1 %, а в 2021 р. – 12,2–15,4 % залежно від варіанту дослідження. Індекс стабільності при цьому був високим – 0,93–0,97.

Таблиця 1 – Погодні умови у період вегетації пшениці м'якої озимої

Фаза росту	Рік проведення досліджень				1991–2020 рр.	
	2020		2021		Опади, мм	Температура, °С
	Опади, мм	Температура, °С	Опади, мм	Температура, °С		
Перед сівбою	10,3	10,0	81,5	12,7	49	8,3
ВВСН 10	78,9	-2,1	109,7	-0,2	72	-5,0
ВВСН 20	38,7	7,1	44,9	9,5	77	6,1
ВВСН 30	35,6	17,0	59,1	14,3	52	15,4
ВВСН 50	34,3	20,4	68,0	18,7	81	20,9
ВВСН 73	35,8	21,9	58,7	23,0	–	–

Таблиця 2 – Календарні дати фаз розвитку рослин пшениці м'якої озимої у досліді

Фаза розвитку	Рік проведення досліджень	
	2020	2021
Сівба	17.10.2019	30.10.2020
ВВСН 10	25.01.2020	20.11.2020
ВВСН 20	25.02.2020	13.04.2021
ВВСН 30	01.05.2020	10.05.2021
ВВСН 50	05.06.2020	06.06.2021
ВВСН 73	20.06.2020	20.06.2021
Збирання	15.07.2020	22.07.2021

Таблиця 3 – Урожайність пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, т/га

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	4,56	4,82	4,69	0,95
4	5,21	5,34	5,28	0,98
5	5,47	5,58	5,53	0,98
6	5,42	5,59	5,51	0,97
7	5,26	5,41	5,34	0,97
8	5,22	5,38	5,30	0,97
НІР ₀₅	0,26	0,29	–	–

Таблиця 4 – Вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, %

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	16,1	15,4	15,8	0,96
4	15,4	14,7	15,1	0,95
5	14,8	13,8	14,3	0,93
6	14,0	13,2	13,6	0,94
7	13,4	13,0	13,2	0,97
8	12,9	12,2	12,6	0,95
НІР ₀₅	0,7	0,5	–	–

Встановлено, що вихід білка збільшувався від 738 кг/га за найменшої норми висіву до 790–794 кг/га за норми висіву 4–5 млн/га з високим індексом стабільності (табл. 5). За збільшення норми висіву до 6–8 млн/га цей показник зменшувався до 665–749 кг/га.

Для пшениці дуже високим вважається вміст білка > 18 %, високим – в межах 16–18, середнім – 14–16, низьким – 12–14 і дуже низьким < 12 % [21]. Отже, високий вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої був за норми висіву

3 млн/га в 2020 р. Середній його вміст отримано за норми висіву 4–6 млн/га в 2020 р. та за норми висіву 3 і 4 млн/га в 2021 р. Низький вміст білка формувала пшениця м'яка озима за норми висіву 6 і 7 млн/га в 2020 р. та 5–8 млн/га в 2021 р.

Вміст крохмалю змінювався обернено пропорційно до вмісту білка (табл. 6). Так, зі збільшенням норми висіву цей показник зростав від 55,6 до 59,0 % за індексу стабільності 0,98–0,99. Вищим вміст крохмалю в зерні був у 2021 р., а нижчим у 2020 р.

Таблиця 5 – Вихід білка з урожаю зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, кг/га

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	734	742	738	0,99
4	802	785	794	0,98
5	810	770	790	0,95
6	759	738	749	0,97
7	705	703	704	0,99
8	673	656	665	0,97
НІР ₀₅	36	33	–	–

Таблиця 6 – Вміст крохмалю в зерні пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, %

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	55,2	56,0	55,6	0,99
4	56,8	57,7	57,3	0,98
5	57,3	58,4	57,9	0,98
6	57,9	59,1	58,5	0,98
7	58,2	59,3	58,8	0,98
8	58,4	59,5	59,0	0,98
НІР ₀₅	2,8	3,0	–	–

Вихід крохмалю збільшувався від 2608 кг/га за норми висіву 3 млн/га до 3221 кг/га за норми висіву 3221 кг/га (табл. 7). Збільшення норми висіву до 8 млн/га зменшувало вихід крохмалю до 3125–3135 кг/га. Найбільший вихід крохмалю отримано в 2021 р. завдяки формуванню вищого вмісту крохмалю і більшої врожайності зерна.

У середньому за два роки досліджень вміст клейковини знижувався від 33,9 до 27,3 % або на 20 % (табл. 8). Найвищий її вміст отримано за вирощування пшениці м'якої озимої у 2020 р. – 27,7–35,8 %, а в 2021 р. – 26,8–31,9 %. Індекс стабільності при цьому становив 0,89–0,97.

Для пшениці дуже високим вважається вміст клейковини > 36 %, високим – в межах 31–36, середнім – 26–31, низьким – 21–26 і дуже низьким < 21 % [21]. Отже, високим вміст клейковини був за норми висіву 3–5 млн/га в 2020 р. та за норми висіву 3 млн/га в 2021 р. Середній вміст клейковини отримано за норми висіву 6–8 млн/га в 2020 р. та за норми висіву 4–8 млн/га в 2021 р.

Вміст крохмалю у зерні пшениці м'якої озимої обернено пропорційно залежав від вмісту білка в зерні. Так, між ними у 2020–2021 рр. встановлено дуже високий кореляційний зв'язок ($r = -0,95$). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності з високим коефіцієнтом апроксимації:

$$y = -1,0379x + 72,426 (R^2 = 0,9017),$$

де y – вміст крохмалю, %;
 x – вміст білка, % (рис. 1).

Між вмістом клейковини і вмістом білка встановлено прямий дуже високий коефіцієнт кореляції – 0,96. Залежність виражається наступним рівнянням регресії:

$$y = 2,1771x - 0,4174 (R^2 = 0,9293),$$

де y – вміст клейковини, %;
 x – вміст білка, %.

Збільшення норми висіву знижувало індекс седиментації пшениці м'якої озимої (табл. 9). Так, у середньому за два роки досліджень цей показник знижувався від 63,7 за найменшої норми висіву до 35,9 см³ або в 1,8 рази. Тенденція формування цього показника залежно від погодних умов була подібною до вмісту білка. Проте індекс стабільності був високим.

Відомо, що за індексу седиментації ≥ 60 см³ борошно відноситься до дуже сильного, 40–60 – сильного, 20–40 – середнього, ≤ 20 см³ – слабкого [21]. Отже, дуже високу силу борошна отримано за норми висіву 3 млн/га впродовж двох років досліджень. За норми висіву 4–7 млн/га борошно було сильним, а за найбільшої норми висіву сила борошна була середньою.

Сила борошна пшениці м'якої озимої знижувалась від 334 до 228 од. а. зі збільшенням норми висіву або в 1,5 рази (табл. 10). Вищою вона була в 2020 р. – 236–341 од. а., а в 2021 р. – 219–327 од. а. з високим індексом стабільності.

Таблиця 7 – Вихід крохмалю з урожаю зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, кг/га

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	2517	2699	2608	0,93
4	2959	3081	3020	0,96
5	3134	3259	3197	0,96
6	3138	3304	3221	0,95
7	3061	3208	3135	0,95
8	3048	3201	3125	0,95
НІР ₀₅	143	149	–	–

Таблиця 8 – Вміст клейковини у зерні пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, %

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	35,8	31,9	33,9	0,89
4	33,6	30,3	32,0	0,90
5	32,1	29,4	30,8	0,92
6	30,5	28,0	29,3	0,92
7	29,0	27,6	28,3	0,95
8	27,7	26,8	27,3	0,97
НІР ₀₅	–	–	–	–

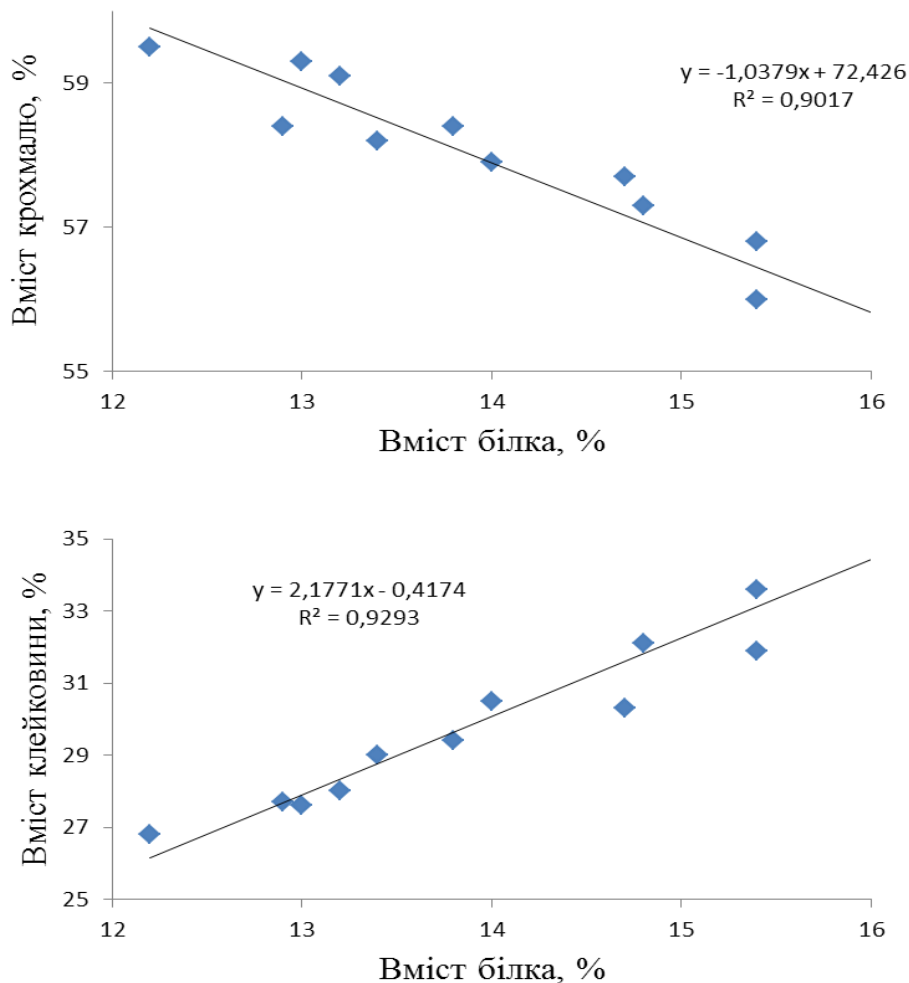


Рис. 1. Кореляційна залежність між вмістом крохмалю і клейковини з вмістом білка в зерні пшениці м’якої озимої.

Таблиця 9 – Індекс седиментації пшениці м’якої озимої залежно від норми висіву, см³

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	65,4	61,9	63,7	0,95
4	53,7	50,7	52,2	0,94
5	51,2	47,2	49,2	0,92
6	49,4	42,7	46,1	0,86
7	44,6	40,1	42,4	0,90
8	39,3	32,4	35,9	0,82
НІР ₀₅	2,3	2,1	–	–

Таблиця 10 – Сила борошна пшениці м’якої озимої залежно від норми висіву, од. а.

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	341	327	334	0,96
4	327	315	321	0,96
5	320	307	314	0,96
6	313	301	307	0,96
7	302	293	298	0,97
8	236	219	228	0,93
НІР ₀₅	15	13	–	–

Для пшениці за сили борошна ≥ 500 од. а. – відмінний поліпшувач, 400–500 – добрий поліпшувач, 280–400 – задовільний поліпшувач, 260–280 – цінна пшениця, 240–260 – добрий філер, 180–240 – задовільний філер, ≤ 180 – слабка пшениця [21]. Отже, зерно пшениці м'якої озимої за норми висіву 3–7 млн/га відноситься до задовільного поліпшувача, отримане впродовж двох років досліджень. Зерно отримане за найбільшої норми висіву впродовж двох років досліджень – задовільний філер.

Індекс седиментації пшениці м'якої озимої прямо пропорційно залежав від вмісту білка в зерні. Так, між ними у 2020–2021 рр. встановлено дуже високий кореляційний зв'язок ($r = 0,97$). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності з високим коефіцієнтом апроксимації:

$$y = 7,5697x - 58,326 \quad (R^2 = 0,939),$$

де y – індекс седиментації, см^3 ;
 x – вміст білка, % (рис. 2).

Між силою борошна та вмістом білка встановлено прямий високий коефіцієнт кореляції – 0,84. Залежність виражається наступним рівнянням регресії:

$$y = 25,684x - 61,418 \quad (R^2 = 0,7131),$$

де y – сила борошна, од. а.;
 x – вміст білка, %.

Натура зерна пшениці м'якої озимої збільшувалась від 696 г/л за норми висіву 3 млн/га до 725–729 г/л за норми висіву 4–5 млн/га або на 4–5 % (табл. 11). За збільшення норми висіву до 6–8 млн/га натура зерна зменшувалась до 694–718 г/л або на 2–5 % порівняно з показником, отриманого за норми висіву 4–5 млн/га. Індекс стабільності був високим – 0,97–0,99. Натура зерна майже не змінювалась упродовж років досліджень.

Відомо, що для пшениці натура зерна ≥ 785 г/л – дуже висока, 764–785 – висока, 725–764 – середня, ≤ 724 г/л – низька [21]. Отже, натура зерна, отримана за норми висіву 4–5 млн/га в 2020 р та за 5 млн/га в 2021 р. була середньою, а в решти варіантах досліду була низькою.

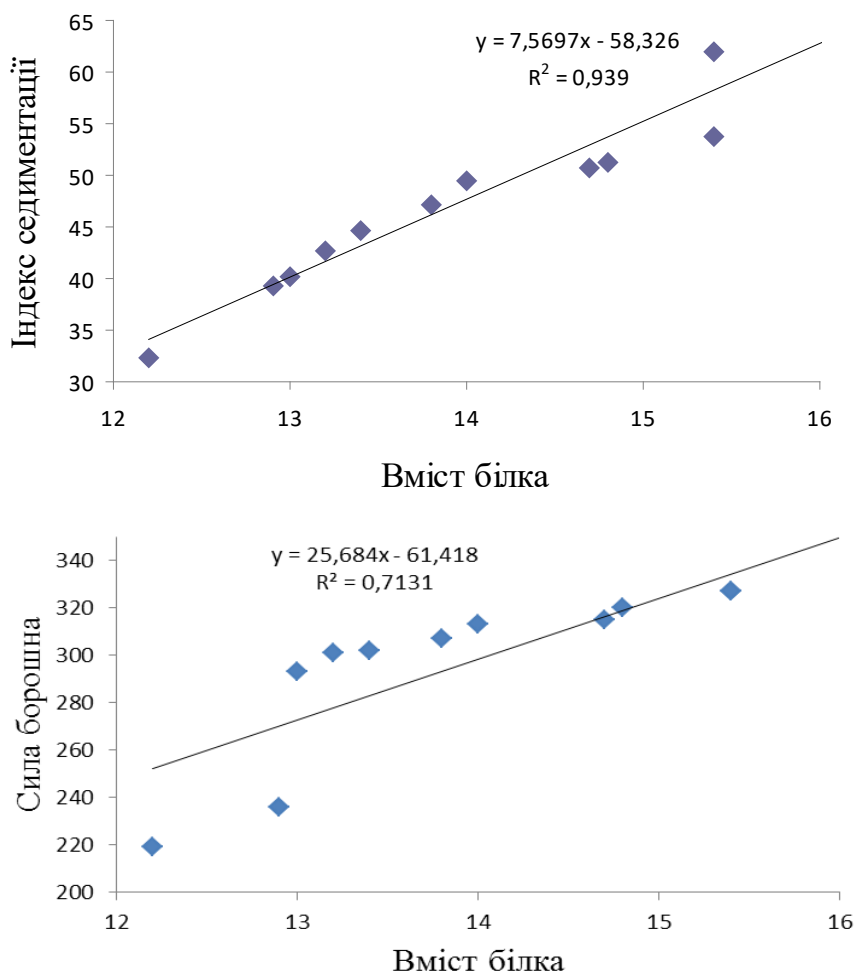


Рис. 2. Кореляційна залежність між індексом седиментації і силою борошна з вмістом білка в зерні пшениці м'якої озимої.

Відповідно до ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. зерно пшениці м'якої озимої лінії LP 2666, вирощене в 2020 р. за вмістом білка відповідало 1 класу за норми висіву 3–6 млн/га та 2 класу за норми висіву 7–8 млн/га. У 2021 р. за норми висіву 3–4 млн/га зерно відповідало 1 класу, 5–7 – 2 класу, 8 млн/га – 3 класу. За вмістом клейковини у 2020 р. зерно відповідало 1 класу за норми висіву 3–7 млн/га, 2 класу за норми висіву 8 млн/га. У 2021 р. за норми висіву 3–6 млн/га – 1 класу, 7–8 млн/га – 2 класу. За натурою зерно пшениці м'якої озимої лінії LP 2666, вирощене в 2020 р. за норми висіву 5 млн/га відповідало 3 класу, а в решти варіантах і 2021 р. – 4 класу якості.

Встановлено, що густина стебел змінювалась залежно від норми висіву, фази розвитку та погодних умов (табл. 12). Так, у 2021 р. цей показник збільшувався від 520 за норми висіву 3 млн/га до 893 шт/м² за норми висіву 8 млн/га або в 1,7 рази у фазу ВВСН 30. У 2020 р. кількість стебел збільшувалась у 1,6 рази. До фази ВВСН 50 кількість стебел зменшувалась на 12–17 % порівняно з виходом рослин у трубку. У фазу ВВСН 92 кількість продуктивних

стебел у 2020 р. за найвищої норми висіву збільшувалась у 1,5 рази, а в 2021 р – в 1,4 рази порівняно з нормою висіву 3 млн/га. Кількість непродуктивних стебел збільшувалась зі збільшенням норми висіву в 16–18 рази порівняно з найменшою нормою висіву.

Норма висіву в пшениці м'якої озимої залежить від енергії кушніння рослин. Так, за високої здатності до утворення стебел норму висіву зазвичай зменшують, щоб уникнути надмірного загущення посівів і їх полягання. За умови низької здатності до кушніння норму висіву пшениці м'якої озимої навіть доцільно збільшувати. В умовах наших досліджень лінія LP 2666 пшениці м'якої озимої мала високу здатність до кушніння, оскільки за збільшення норми висіву до 5 млн/га врожайність збільшувалась на 0,59 т/га, за норми висіву 6 млн/га – лише на 0,84 т/га порівняно з 3 млн/га. Збільшення норми висіву до 6–8 млн/га не збільшувало врожайності. Очевидно, що надмірна кількість стебел сприяє зменшенню врожайності цієї лінії пшениці м'якої озимої. Така тенденція зумовлена селекційно-генетичними особливостями лінії.

Таблиця 11 – Натура зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, %

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	704	688	696	0,98
4	728	722	725	0,99
5	731	726	729	0,99
6	721	714	718	0,99
7	711	707	709	0,99
8	703	684	694	0,97
НІР ₀₅	36	35	–	–

Таблиця 12 – Формування стебел пшениці м'якої озимої за різних норм висіву, шт/м²

Норма висіву, млн/га	Фаза розвитку									
	ВВСН 30		ВВСН 50		ВВСН 92					
					1		2		3	
	Рік проведення досліджень									
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
3	513	520	425	460	421	452	416	446	5	6
4	619	634	503	526	500	520	492	510	8	10
5	678	695	563	581	559	576	548	562	11	14
6	761	786	597	624	594	609	569	578	25	31
7	805	827	641	679	638	663	588	608	50	55
8	869	893	726	742	720	734	631	637	89	97
НІР ₀₅	33	37	24	26	20	22	19	21	2	3

Примітка: 1 – загальна кількість стебел, 2 – кількість продуктивних стебел, 3 – непродуктивні стебла.

Крім цього, технологічні властивості зерна лінії LP 2666 пшениці м'якої озимої за збільшення норми висіву погіршуються. За однакового вмісту азоту мінеральних сполук перерозподіл їх буде змінюватись від густоти стебел. Чим більше їх було, тим гіршою була якість зерна. Слід відзначити, що зниження вмісту клейковини, індексу седиментації, сили борошна зумовлено вмістом білка. Так, між цими показниками встановлено дуже високу або високу кореляційну залежність. Вміст крохмалю за такого сценарію змінювався обернено пропорційно, тобто зростав. По іншому змінювалась натура зерна. За найменшої норми висіву зерно було крупнішим, отже, шпаруватість вищою, а натура меншою. За норми висіву 4–5 млн/га зерно мало вищу щільність укладання і натура зерна була більшою. За норми висіву 6–7 млн/га зерно було менше виповненим, а натура зерна зменшувалась.

Висновки. Встановлено, що різні норми висіву істотно впливають на формування врожаю і технологічні властивості зерна пшениці м'якої озимої, отриманої гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Збільшення норми висіву від 3 до 4–5 млн/га достовірно збільшує врожайність зерна до 5,28–5,53 т/га. Проте вміст білка при цьому знижується від 15,8 до 14,3–15,1 %, вміст клейковини – від 33,9 до 30,8–32,0 %, індекс седиментації – від 63,7 до 49,2–52,2 см³, сила борошна – від 334 до 314–321 од. а. Вміст крохмалю становить 57,3–57,9 %. Натура зерна – 725–729 г/л. Збільшення норми висіву до 6–8 млн/га як у середньому, так і за роки досліджень достовірно зменшує врожайність зерна. Якість зерна при цьому також погіршується. В агротехнології лінії LP 2666 пшениці м'якої озимої, отриманої гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L., норма висіву повинна становити 4–5 млн/га. За такого сценарію урожайність становить 5,28–5,53 т/га, вміст білка 14,3–15,1 %. Вихід білка та крохмалю з урожаю зерна пшениці м'якої озимої за такої норми висіву найбільший.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: A Review / Hellemans T. et al. *Agric. Food Chem.* 2018. Vol. 66. P. 2491–2509.
2. Kaya Y., Akcura M. Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Food Sci. Technol.* 2014. Vol. 34. P. 386–393.
3. Desheva G. Effects of genotype, environment and their interaction on quality characteristics of winter bread wheat. *J. Basic Appl. Res.* 2016. Vol. 2. P. 363–372.
4. Yield and Sowing Qualities of Winter Bread Wheat Seeds Depending on the Preceding Crops and Sowing Dates in the Forest-Steppe of Ukraine / Siroshstan A. et al. *American Journal of Agriculture and Forestry.* 2021. Vol. 9(2). P. 76–82.
5. Influence of different seed rates on yield contributing traits in wheat varieties / Nizamani G.S. et al. *Journal of Plant Sciences.* 2014. Vol. 2(5). P. 232–236.
6. Path analyses of yield and some agronomic and quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under different environments / Aydin N. et al. *African Journal of Biotechnology.* 2010. Vol. 9. P. 5131–5134.
7. Effects of seeding rate on durum crop production and physiological responses / Isidro-Sanchez J. et al. *Agron. J.* 2017. Vol. 109. P. 1981–1990.
8. Palta J.A., Yang J.C. Crop root system behavior and yield preface. *Field Crops Res.* 2014 Vol. 165. P. 1–4.
9. Interrelationships between grain nitrogen content and other indicators of nitrogen accumulation and utilization efficiency in wheat plants / Nikolic O. et al. *Chilean Journal of Agricultural Research.* 2012. Vol. 72. P. 111–116.
10. Quality response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates / Caglar O. et al. *Journal of Animal and Veterinary Advances.* 2011. Vol. 10. P. 3368–3374.
11. Growth and yield attributes of wheat at different seed rates / Laghari G.M. et al. *Sarhad Journal of Agriculture.* 2011. Vol. 27. P. 177–183.
12. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat / Zecevic V. et al. *Chil. J. Agric. Res.* 2014. Vol. 74. P. 23–28.
13. Любич В.В. Хлібопекарські властивості зерна сортів пшениці озимої залежно від видів, норм і строків застосування азотних добрив. *Вісник Дніпропетровського ДАЕУ.* 2017. №2. С. 35–41.
14. Al-Salmani Md. Grain Yield And Quality Of Wheat As Affected By Cultivars And Seeding Rates / Intsar H.H. et al. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture.* 2019. Vol. 3(1). P. 8–12.
15. Optimal Wheat Seeding Rate is Influenced by Cultivar-Specific Topsoil and Subsoil Root Traits / Fang Y. et al. *Agronomy Journal.* 2019. Vol. 111(6). P. 1–11.
16. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat / Zecevic V. et al. *Chilean J. Agric. Res.* 2014. Vol. 74(1). P. 1–13.
17. Impact of sowing time and planting method on the quality traits of wheat / Farooq O. et al. *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences.* 2015. Vol. 3(1). P. 8–11.
18. Daaboush T.A., Bader A.A.Y., Al-Absi W. Response of some local Yemeni wheat cultivars to seeding rates and nitrogen fertilization. *Yemeni Journal of Agriculture and Veterinary Sciences.* 2014. Vol. 1 (2). P. 73–87.
19. Abdulkarim J., Tana T., Eticha F. Response of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties to seeding rates at Kulumsa, South Eastern Ethiopia. *Asian Journal of Plant Sciences.* 2015. Vol. 14(2). P. 50–58.
20. Основи наукових досліджень в агрономії / Єщенко В.О. та ін. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.

21. Пшениця спельта / Г. М. Господаренко та ін.; за заг. ред. Г.М. Господаренка. Київ: ТОВ «СІК ГРУПІ УКРАЇНА», 2016. 312 с.

REFERENCES

1. Hellemans, T., Landschoot, S., Dewitte, K., Van Bockstaele, F., Vermeir, P., Eeckhout, M., Haesaert, G. (2018). Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: A Review. *Agric. Food Chem.* Vol. 66, pp. 2491–2509.

2. Kaya, Y., Akcura, M. (2014). Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Food Sci. Technol.* Vol. 34, pp. 386–393.

3. Desheva, G. (2016). Effects of genotype, environment and their interaction on quality characteristics of winter bread wheat. *J. Basic Appl. Res.* Vol. 2, pp. 363–372.

4. Siroshstan, A., Kavunets, V., Derhachov, O., Pykalo, S., Ilchenk, L. (2021). Yield and Sowing Qualities of Winter Bread Wheat Seeds Depending on the Preceding Crops and Sowing Dates in the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Agriculture and Forestry.* Vol. 9(2), pp. 76–82.

5. Nizamani, G.S., Tunio, S., Buriro, U.A., Keerio, M.I. (2014). Influence of different seed rates on yield contributing traits in wheat varieties. *Journal of Plant Sciences.* Vol. 2(5), pp. 232–236.

6. Aydin, N., Sermet, C., Mut, Z., Bayramoglu, H.O., Ozcan H. (2010). Path analyses of yield and some agronomic and quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under different environments. *African Journal of Biotechnology.* Vol. 9, pp. 5131–5134.

7. Isidro-Sanchez, J., Perry, B., Singh, A.K., Wang, H., DePauw, R.M., Pozniak, C.J. (2017). Effects of seeding rate on durum crop production and physiological responses. *Agron. J.* Vol. 109, pp. 1981–1990.

8. Palta, J.A., Yang, J.C. Crop root system behavior and yield preface. *Field Crops Res.* Vol. 165, pp. 1–4.

9. Nikolic, O., Zivanovic, T., Jelic, M., Djalovic, I. (2012). Interrelationships between grain nitrogen content and other indicators of nitrogen accumulation and utilization efficiency in wheat plants. *Chilean Journal of Agricultural Research.* Vol. 72, pp. 111–116.

10. Caglar, O., Bulut, S., Karaoglu, M.M., Kotancilar, H.G., Ozturk, A. (2011). Quality response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. *Journal of Animal and Veterinary Advances.* Vol. 10, pp. 3368–3374.

11. Laghari, G.M., Oad, F.C., Tunio, S., Chachar, Q., Gandahi, A.W., Siddiqui, M.H. (2011). Growth and yield attributes of wheat at different seed rates. *Sarhad Journal of Agriculture.* Vol. 27, pp. 177–183.

12. Zecevic, V., Boskovic, J., Knezevic, D., Micanovic, D. (2014). Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chil. J. Agric. Res.* Vol. 74, pp. 23–28.

13. Liubych, V.V. (2017). Khlіbopekars'ki vlastyivosti zerna sortiv pshenytsi ozymoyi zalezno vid vydiv, norm i strokiv gastosuvannya azotnykh dobryv [Bread properties of grain of wheat varieties of winter

depending on types, norms and terms of nitrogen fertilizer application]. *Visnyk Dnipropetrovs'kogo DAEU [Bulletin of Dnipropetrovs'k State Technical University].* Vol. 2, pp. 35–41.

14. Intsar, H.H., Al-Hilfy, S.A., Wahid, H.M.K., Al-Abodi, S.A.A., Al-Salmani, Md. (2019). Grain Yield And Quality Of Wheat As Affected By Cultivars And Seeding Rates. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture.* Vol. 3(1), pp. 8–12.

15. Fang, Y., Miao, Q., Liu, S., Xu, B., Zhang, S., Kadambot, H.M., Palta, J., Chen, Y. (2019). Optimal Wheat Seeding Rate is Influenced by Cultivar-Specific Topsoil and Subsoil Root Traits. *Agronomy Journal.* Vol. 111(6), pp. 1–11.

16. Zecevic, V., Boskovic, J., Knezevic, D., Micanovic, D. (2014). Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chilean J. Agric. Res.* Vol. 74(1), pp. 1–13.

17. Farooq, O., Ali, M., Naeem, M., Sattar, A., Ijaz, M., Sher, A., Iqbal, M.M. (2015). Impact of sowing time and planting method on the quality traits of wheat. *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences.* Vol. 3(1), pp. 8–11.

18. Daaboush, T.A., Bader, A.A.Y., Al-Absi, W. (2014). Response of some local Yemeni wheat cultivars to seeding rates and nitrogen fertilization. *Yemeni Journal of Agriculture and Veterinary Sciences.* Vol. 1 (2), pp. 73–87.

19. Abdulkarim, J., Tana, T., Eticha, F. (2015). Response of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties to seeding rates at Kulumsa, South Eastern Ethiopia. *Asian Journal of Plant Sciences.* Vol. 14(2), pp. 50–58.

20. Yeshchenko, V.O., Kopitko, P.G., Kostogriz, P.V., Oproshko, V.P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen' v ahronomiyi [Fundamentals of scientific research in agronomy].* Vinnitsa, PP "TD Edelweiss and K", 332 p.

21. Hospodarenko, G.M., Kostogryz, V.P., Liubych, V.V. (2016). Pshenytsya spel'ta [Wheat spelt]. Kyiv, Sik group Ukraine.

Yield and quality of soft winter wheat depending on the sowing rates

Kolibabchuk T., Kuzmenko O., Zarva O., Liubych V.

The study has found that on average for two years of research, the yield of soft winter wheat was the highest at sowing rates of 5 million/ha – 5.53 t/ha. Under sowing rates of 4 million/ha the indicator made 5.28 t/ha or only 5 % less compared to the sowing rate of 5 million/ha. Sowing rate increase to 8 million/ha reduced grain yield by 3–5 %. In addition, the stability index was high – 0.95–0.98. The yield varied from 4.82 to 5.59 t/ha in more favorable 2021, and in 2020 – from 4.56 to 5.47 t/ha depending on the sowing rate.

Increased sowing rate of soft winter wheat contributed to reduced protein content in the grain. Thus, its highest content was at the lowest seeding rate – 15.8 %, and at 8 million/ha – 12.6 %. Protein content varied due to weather conditions during the ripening period of soft winter wheat. Thus, with moisture deficit in 2020, the protein content was the highest – 12.9–16.1, and in 2021 it made 12.2–15.4 % depending on the exper-

iment variant. Stability index was high – 0.93–0.97. Starch content varied inversely with protein content. Thus, with the increase in sowing rate, this indicator increased from 55.6 to 59.0 % with a stability index of 0.98–0.99. On average, over two years of research, gluten content decreased from 33.9 to 27.3 % or 20 %. Its highest content was obtained under the cultivation of soft winter wheat in 2020 – 27.7–35.8 %, and in 2021 – 26.8–31.9 %. An increase in sowing rate decreased the sedimentation index of soft winter wheat. Thus, on average over two years of research, this indicator decreased from 63.7 at the lowest sowing rate to 35.9 cm³ or 1.8 times. The strength of soft winter wheat flour decreased from 334 to 228 units of instrument with an increase in sowing rate or 1.5 times.

The grain unit of soft winter wheat increased from 696 g/l at sowing rates of 3 million/ha to 725–729 g/l at sowing rates of 4–5 million/ha or by 4–5 %. With the increase of the sowing rate to 6–8 million/ha, the grain yield decreased to 694–718 g/l or by 2–5 % compared to the indicator obtained at sowing rates of 4–5 million/ha. Stability index was high – 0.97–0.99. Grain unit has hardly changed over the research years.

In the agrotechnology of LP 2666 soft winter wheat line, the sowing rate should be 4–5 million/ha. In this scenario, the yield is 5.28–5.53 t/ha, protein content – 14.3–15.1 %.

Key words: soft winter wheat, yield, sowing rate, grain quality, stability index.



Copyright: Колібабчук Т.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.



ORCID iD:

Колібабчук Т.В.

Кузьменко О.В.

Зарва О.І.

Любич В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-0871-6594>

<https://orcid.org/0000-0001-7476-7800>

<https://orcid.org/0000-0002-5493-8147>

<https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>

УДК 634.54/.55-027.543(477)

Світовий досвід, перспективи в Україні розмноження фундука та мигдалю

Мацкевич В.В.¹, Кімейчук І.В.¹ , Мацкевич О.В.², Шита О.П.¹¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Національний університет біоресурсів і природокористування України

Мацкевич В.В., Кімейчук І.В., Мацкевич О.В., Шита О.П. Світовий досвід, перспективи в Україні розмноження фундука та мигдалю. «Агробіологія», 2022. № 1. С. 179–191.

Matskevich V., Kimeichuk I., Matskevich O., Shita O. World experience, prospects of hazelnut and almond breeding in Ukraine. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 179–191.

Рукопис отримано: 08.05.2022 р.
Прийнято: 23.05.2022 р.
Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-179-191

Фундук і мигдаль є перспективними промисловими культурами завдяки яким можна диферсифікувати ризики, викликані кліматичними змінами. В Україні створено вітчизняні адаптовані до місцевих умов сорти мигдалю, які потребують швидкого розмноження. Створення високопродуктивних та стійких до нових хвороб сортів фундука також потребує розмноження цієї культури в значних обсягах.

Серед усіх методів вегетативного розмноження мікроклональне є найбільш перспективним. Перед введенням в асептичну культуру материнські рослини вирощують в умовах, які мінімізують ендогенне накопичення в тканинах контамінантів та фенолоподібних речовин. Для деконтамінації експлантів застосовують хіпохлорит натрію та препарат Бланідакс 300. Перспективним покращенням стерилізації експлантів фундука є введення в живильне середовище за первинного культивування біоциду РРМ. Зменшення контамінування експлантів мигдалю зменшується за збільшення концентрації іонів Cu, Ag в середовищі.

Основними детермінантами онтогенезу *in vitro* є елементи мінерального живлення та фітогормони. Поряд з класичними середовищами (DKW, QL, MS, WPM) для фундука перспективним є середовище NRM, а для мигдалю NAM. Надлишок в середовищі одних елементів знижує засвоєння інших, що проявляється візуально. Так, надлишок азоту викликає симптоми недостатнього засвоєння кальцію, міді. Посилюється цей процес за зростання температури. Також пагони регенерантів вкорочені, потовщені та мають надмірну гідратацію тканин.

Турецькими вченими запропоновано оригінальну методику створення прописів середовищ для мигдалю та фундука за кількісним вмістом елементів в насінні цих рослин.

Найбільш поширеними фітогормонами на етапі мультиплікації є цитокініни. Для обох культур більшість дослідників віддає перевагу бензиламінопурину. Для індукції ризогенезу найчастіше застосовують індолілмасляну кислоту.

Для адаптації регенерантів ефективним є субстрат на основі перліту. Як вид адаптації пропонують щепити регенеранти на проростки гіркого мигдалю.

В Україні розроблена методика фотоавтотрофного мікроклонального розмноження. Ці технологічні прийоми поряд із вегетативним розмноженням дозволяють проводити адаптацію регенерантів в короткі терміни. Вказана ефективність досягається активізацією процесів фотосинтезу, збільшенням вмісту вуглекислого газу та інтенсивності освітлення.

Ключові слова: фундук, мигдаль, зміна клімату, мікроклональне розмноження, детермінанти, живильні середовища, фітогормони.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В Україні, як і в інших країнах світу відбувається зростання цін та ріст чисельності населення на планеті. Проблема глобальної зміни клімату є результатом дії цілої низки природних чинників. Це і діяльність людини, і недосконалі практики ведення землеробства, рубки лісів, забруднення водойм та ін.

Нерівномірний розподіл опадів та підвищення температури повітря є сприятливими умовами для зміни співвідношення площ під традиційні та нетипові види флори і фауни, що в кінцевому випадку може призвести до істотної зміни переважної частини природних та кліматичних зон, як у світі, так і в Україні [1].

Зміни кліматичних умов обумовлюються диверсифікацією традиційного землеробства, розширенням та застосуванням інноваційних органічних біотехнологій, інтродукцією нових груп плодкових культур.

Ці проблеми загрожують людству як продовольчою, так і агроекологічною безпекою. Тому однозначно необхідним є збільшення виробництва продуктів харчування і, зокрема, продукції горіхоплідних культур. На сьогоднішній день в Україні відбувається розширення промислового складу плодкових деревних видів, саме за рахунок горіхоплідних культур. Ця група включає малопоширені види помірної та субтропічної зон з різних родин, які формують тверді плоди – горіхи та сухі кістянки (фундук, горіх волоський, мигдаль, кедр сибірський, бук, фісташка, каштан солодкий). Цінністю таких плодів є насіння, яке називається ядром. Ядра за поживними характеристиками переважають більшість видів рослин, які вирощує людина.

На думку авторів [2, 3, 4, 5, 6, 7] перспективними для різних регіонів України горіхоплідними культурами є фундук (*Corylus avellana*) та мигдаль (*Prunus dulcis*). З них фундук є більш зимостійкою культурою, однак потерпає від високих температур та посух. Тому його доцільно вирощувати в центрі, на заході та півночі країни. В той же час мигдаль успішно росте на півдні, південному сході. Ці культури сприяють належному використанню та відновленню маргінальних земель.

Мигдаль – цінна горіхоплідна культура, що вирощується у багатьох країнах світу для отримання мигдальних горіхів. Україна кожен рік закуповує приблизно 2,5 тис. тон горіхів мигдалю [8]. Тому в умовах глобального потепління та кліматичних змін важливо, щоб цю культуру вирощували в Україні у промислових масштабах. Створення мигдальних садів – один з реальних способів диверсифікації сільського ви-

робництва в умовах мінливого клімату. Сухе, жарке та безводне літо є передумовою для розвитку садів з мигдалю, а в аграріїв є можливість диверсифікувати традиційний аграрний бізнес.

Сорти фундука походять від ліщини звичайної (*Corylus avellana*, *Corylus maxima*). Завдяки праці селекціонерів створені сорти, форми, які перевершують дикий тип за багатьма показниками. Зокрема, створені сорти та технології, за яких збирають 8–10 т горіхів з гектара [4]. Ядро фундука має високі смакові якості, придатність до бланшування та інші властивості, які цінуються в кондитерській промисловості. Також фундук є цінною декоративною культурою. Вітчизняна селекція не стоїть на місці оскільки змінюються вимоги до сортів у зв'язку зі зміною клімату, появою нових рас, штамів патогенів. Зокрема, у комерційних насадженнях, сформованих зі старих сортів фундука, в загрозливих масштабах спостерігається захворювання – східний опік горіхоплідних культур *Corylus* spp, викликана фітопатогенним грибом *Anisogramma anomala* [9, 10].

Із захворювань мигдалю поширені ті, що викликаються мікроорганізмами, тобто грибові, вірусні, бактеріальні захворювання (моніліоз або сіра гниль, клястероспоріоз, парша, іржа) та фізіологічні захворювання [11].

Сортові фундук і мигдаль розмножуються вегетативними способами: відсадками, щепленням та порослю [5, 12], а видові – ще й насінням. Тобто використовують вирощені підщепи, на які щеплять сортові живці. В якості підщепи для мигдалю солодкого служить мигдаль гіркий, алича, черемха, терен, слива тощо. Фундук здебільшого щеплять на ліщину звичайну, у випадку створення штамбових садів – на ліщину ведмежу (*Corylus colurna* L.).

Мета дослідження – оцінити сучасний стан, досвід та перспективи розмноження фундука та мигдалю в Україні та світі.

Матеріали і методи дослідження. У роботі використані загальнонаукові методи пізнання: аналіз, синтез та порівняння. Крім загальнонаукових методів використано аналіз картотеки Державного Реєстру сортів рослин, дозволених для вирощування в Україні, бази Scopus та Wos, на основі яких було систематизовано інформацію щодо мікронального розмноження фундука та мигдалю вітчизняними та закордонними вченими. На основі цих узагальнень було рекомендовано стійкі до змін клімату сорти фундука та мигдалю.

З метою пошуку оптимальних складових для вирощування садивного матеріа-

лу фундука, який звільнений від патогенів і розмножений *in vitro*, на основі закордонних публікацій виокремлено перспективні сорти, наприклад, як дослідження іранських вчених, які розробили системний підхід у деконтамінації рослинного матеріалу. Крім цього було визначено шляхи покращення вітчизняних сортів мигдалю – М 41Алекс, Е5 Борозан, Джорджия, Луїза на основі відбору найбільш ефективних для мікроклонального розмноження, а найкращими середовищами для їх культивування є середовище NRM, а для фундука NAM.

Тому актуалізувавши наявні дані щодо мікроклонального розмноження мигдалю і фундуку в Україні на основі закордонного досвіду, виокремлено оптимальні технології їх мікроклонального розмноження поширеними гормональними детермінантами в умовах *in vitro* такі, як синтетичний цитокинін бензиламінопурин для стимуляції пробудження, росту бруньок та синтетичний ауксин індолілмасляна кислота для стимулювання ризогенезу.

Результати дослідження та обговорення.

В Україні закінчилися польові випробування і кваліфікаційні процедури 4-х нових інтенсивних українських сортів мигдалю селекції ФГ ім. Унанова (селекціонер В.М. Бабанський), які були занесені до Державного Реєстру сортів рослин, дозволених для вирощування в Україні [13]. До 2020 року у розділі «Мигдаль» вітчизняних сортів не було. Їх характеристика представлена в таблиці 1.

Для розмноження відводками гнучкі стебла мигдалю пригинають до поверхні ґрунту, щоб зафіксувати, а потім присипати ґрунтом. Для такого виду розмноження варто забезпечити своєчасний полив, розпушування та прополювання ґрунту. За 1–2 роки формується коренева система з відводків, які відокремлюють та пересаджують на постійне місце.

За вирощування мигдалю, фундука з насіння висівають як в восени, так і ранньою весною. Перед цим насіння обов'язково стратифікують. За такого способу вирощування біологічні і товарні характеристики мигдалевого горіха можуть бути втрачені.

Розмноження мигдалю, фундука *in vitro* має суттєві переваги перед вище перерахованими способами розмноження. Так як процес проходить в ізолюваному середовищі рослини не інфікуються, не втрачаються біологічні характеристики, відсутня проблема відстрілу пагонів підщепи та фізіологічного переходу від підщепи до прищепи. До переваг також відносяться швидкі темпи розмноження та отримання доброякісного садивного матеріалу.

Для швидкого розширення площ під мигдалевими та фундуковими садами не вистачає високоякісних вільних від збудників хвороб саджанців вітчизняних та нових закордонних придатних до сучасних умов сортів. Для вирішення цієї проблеми актуальним є дослідження і впровадження у виробництво технологій оздоровлення і мікроклонального розмноження з оптимальними детермінантами на усіх етапах цього технологічного процесу.

Таблиця 1 – Біолого-господарська характеристика сортів мигдалю, залучених в дослідження

Показник	М 41Алекс	Е5 Борозан	Джорджия	Луїза
Напрямок використання	Універсального призначення			
Група стиглості	середньо стиглий	середньо стиглий	середньо стиглий	середньо стиглий
Урожайність	2,55 т/га	2,75 т/га	2,5 т/га	2,3 т/га
Зимостійкість, бал (1-9)	9	9	8	7
Стійкість до посухи	8	8	8	8
Сила росту	7-сильна	7-сильна	7-сильна	5-середня
Ступінь самоплідності, %	48,0	48,0	50,5	53,0
Середня маса плоду, г	4,5	6,5	4,1	3,8
Вміст у плодах: білка, %	23,5	20,5	35,0	32,5
жирної олії, %	56,7	58,7	58,0	56,8
Легкість видалення ядра, бал	8	8	8	8
Дегустаційна оцінка, бал (1-9)	8	8	9	8

Примітка: Сформовано на основі даних джерела [13].

В основі мікроклонального розмноження рослин є методи біотехнології рослин, що використовуються для оздоровлення і прискорення розмноження не тільки цінних сортів сільськогосподарських культур, а й розмноження рідкісних та зникаючих рослин.

Мікроклональне розмноження рослин – це вегетативне безстатеве розмноження в асептичній культурі, за якого отримують рослини генетично ідентичні батьківській формі.

Мікроклональне розмноження є більш ефективним та має переваги над традиційними методами:

- 1) можливість отримувати у великих кількостях садивний матеріал у рослин, що мають низький коефіцієнт розмноження;
- 2) отримання генетично константного матеріалу;
- 3) отримання безвірусного матеріалу;
- 4) можливість відбору *in vitro* рослинного біоматеріалу який цікавить дослідників та його збереження;
- 5) економія площі;
- 6) усунення сезонності виробництва завдяки відсутності впливу погодних умов на виробничий процес. Розмноження рослин триває протягом цілого року;
- 7) зменшення затрат людської праці.

Садивний матеріал, звільнений від патогенів і розмножений *in vitro*, використовують як для створення маточних насаджень, так і для беспереднього вирощування саджанців, якими формують виробничі насадження.

Технологічний процес вирощування садивного матеріалу фундука, мигдалю як і більшої частини рослин складається з чотирьох етапів:

- 1 – підготовка материнських рослин донорів первинних експлантів, введення та первинне культивування цих експлантів, тобто отримання стерильної культури;
- 2 – мультиплікація, тобто субкультивування із високими коефіцієнтами розмноження;
- 3 – індукція коренеутворення;
- 4 – постасептична адаптація.

Початок першого етапу та весь четвертий етап відбуваються в спеціальних спорудах закритого ґрунту.

Введення в асептичні умови, мультиплікація та ризогенез *in vitro* відбувається в асептичних умовах біотехнологічних лабораторій.

На першому етапі для уникнення таких явищ як самоінтоксикація первинних експлантів продуктами окиснення фенолоподібних речовин та ендогенної контамінації проводять заходи підготовки маточних рослин донорів первинних експлантів [14]. Все це роблять для отримання стерильної і морфогенної культури

in vitro. Експлантом може бути вихідний матеріал, який беруть з верхівки пагонів, з бокової бруньки, рідше частинки кореня, листка, суцвіття, черешок листка, гіпокотиль пророслого насіння та інших частин рослини.

Другим етапом є процес мікророзмноження, який відбувається в розсадництві прямим морфогенезом через активацію існуючих бруньок. На цьому етапі важливу роль можуть відігравати чинники: вид і сорт, фізіологічний стан донора експлантів, будова, походження і розмір експлантата, склад живильного середовища і фізичні умови культивування. Взаємодія цих факторів може впливати на рослинний матеріал як синергічно, так і антагоністично [15].

Вибір експлантата має суттєве значення для регенерації рослин та успішного проведення робіт. За можливості використовують матеріал, вицлений із сильних та здорових рослин. Вибір залежить від стану, виду, рослинно-донора (фази її розвитку), сезону року, та навіть положення експлантата на рослині. Апікальні частини пагонів, взяті з верхніх гілок дерева, мають вищу здатність до проліферації, ніж верхівки з базальних [3].

Індукція коренеутворення у пагонів є третім етапом мікроклонування. Він досягається додаванням у живильне середовище ауксинів.

Четвертий останній етап – це процес адаптації мікроклонально розмножених рослин з асептичних до нестерильних умов. Він є найбільш відповідальним. Недооцінка його може загубити всю проведену роботу. Розроблена ціла система адаптацій пробірочних рослин до звичайних умов. Щоб ефективність мікроклонального розмноження була високою, необхідно на всіх етапах цього процесу підтримувати оптимальні умови [15].

Культивування мигдалю, фундука як і інших видів рослин починається з етапу деконтамінації та первинного культивування експлантів *ex vivo*. Технологічні вимоги наступні: деконтамінація як від екзогенного, так і від ендогенного мікробіологічного забруднення; адаптація рослинних об'єктів на рівні трофічних та гормональних детермінант (а саме підбір гормонів, кількісного і якісного складу середовища за умістом мінеральних і органічних речовин); усунення загроз самоінтоксикації продуктами окиснення фенолоподібних речовин.

Для звільнення від контамінантів на поверхні експлантів *Prunus dulcis* Mill. частіше всього застосовують гіпохлорити кальцію [16, 17] або натрію [18, 19, 20]. Гіпохлорит кальцію використовують у вигляді 0,05 % розчину. Тривалість обробки цим розчином становить 20–30 хвилин. Для кращого проникнення антисеп-

тика в поверхневій тканині в розчин додають емульгатори, наприклад Твін 20 [16].

Частіше застосовують деконтамінацію в розчині гіполориту натрію. Перед обробкою видаляють криючі листки, промивають проточною водою, занурюють на 30 хв в 0,05 % (об.) NaOCl. Ця концентрація не впливає на регенерацію експлантів. За зниження концентрації збільшувалась кількість експлантів з поверхневою контамінацією. Більше забруднення встановлено за використання старих донорних рослин, віком 50 років, порівняно з ювенільними (трирічні щеплені саджанці) [19]. В окремих дослідженнях ще застосовують хлорид ртуті як антисептик контактної дії [20]. У якості додаткового поверхневого деконтамінанту застосовують етиловий спирт. Він покращує очищення як від мікрофлори, так і від бруду та води [15, 21]. Також зменшується кількість контамінантів за обробки первинних експлантів.

Ендогенне забруднення первинних експлантів складніше виявляється, з ним важче боротися. Це пов'язано з тим, що бактерії, гриби можуть проникати в тканини, які не досяжні для поверхневих деконтамінантів. Мікробіологічне забруднення може бути в провідних тканинах, паренхімі. У культурі рослинної тканини забруднення (бактеріальне та грибокве) серйозна проблема як для комерційних, так і для дослідницьких лабораторій. Візуально здорові рослини можуть містити як патогенні, так і сапрофітні мікроорганізми. Навіть мікроорганізми, які в звичайних умовах не наносять шкоди, змінюють склад живильного середовища, зокрема знижують його доступність та появу токсичних речовин (наприклад, продукти бродіння) [2, 18].

A. Shekafandeh, M. Ghasem встановили [22], що ці мікроорганізми в експлантів мигдалю на пряму або через зміну середовища гальмують ріст, знижують проліферацію пагонів і за тривалого впливу викликають загибель тканин. Використання різних комбінацій стерилізуючих засобів такі як етанол, гіпохлорити, хлорид ртуті, бенонат і фунгіциди не ліквідували ендогенні забруднювачі. Вчені встановили, що витримування рослинного матеріалу за температури 40 до 52,5 °C бактеріальне забруднення знизилось.

Іранські вчені розробили системний підхід в деконтамінації рослинного матеріалу *Prunus dulcis* Mill. [23]:

- маточні рослини вирощуються в ізольованій теплиці;
- після ізоляції матеріал перед введенням *in vitro* промивають, обробляють 0,2 розчином беномілом;
- занурення матеріалу у 70 % розчин етанолу;

- занурення експлантів на 4 хвилини в 0,01 % розчин хлориду ртуті.

Для підщепи GF677 також перед обробкою основним деконтамінантом використовували розчин (3000 мг/л) контактного фунгіциду Каптан (1,2,5,6-тетрагідро-N-тріхлорметилті-офтальмід) [24].

Ендогенного бактеріального забруднення позбуваються підбором антибіотиків або застосуванням біоцидів, наприклад препарат PPM (Plant Preservative Mixture™ діючі речовини 5-Chloro-2-methyl-3(2H) isothiazolone 0,1350 % і 2-methyl-3(2H)-isothiazolone 0,0412 %) [14]. Подібні до PPM бактерицидні властивості мають іони деяких важких металів, наприклад Ag, Cu. Додавання AgNO₃ в кількості 3–5 мг на літр живильного середовища зменшувало кількість первинних експлантів з бактеріальним контамінуванням [15]. Nas M.N., Yüksel B., Sevgin N. [34] створили пропис живильного середовища з високим вмістом міді. Кількість CuSO₄×5H₂O становить 3,2 мг/л, тоді як в середовищі за Мурасіге і Скугом – 0,025 мг/л. За їхніми спостереженнями протягом 4–5 субкультивувань верхівок регенерантів *Prunus dulcis* Mill. вдалось уникнути наявності бактерій в культурі.

За нашими спостереженнями у фундука фенолоутворення та самоінтоксикація продуктами їх окиснення у первинних експлантів більш виражені порівняно з експлантами мигдалю. Для уникнення проблем із контамінуванням та окисненням фенолів під час первинного культивування експлантів фундука запропоновано систему підготовчих заходів [14]:

- маточні рослини донори експлантів вирощують ізольовано в умовах закритого ґрунту і штучним освітленням 1,5–2,5 kLux;
- для пробудження бічних пагонів проводять декапітацію пагонів;
- для зменшення рівня ендогенного контамінування маточні рослини обробляють контактними і системними засобами захисту від грибів та бактерій;
- у фазі зеленого конусу брунькові експланти ізолюють з п'ятками.

Ефективним заходом в цій системі зменшення фенолоутворення та зменшення відсотку контамінованих первинних експлантів є застосування як основного деконтамінанту препарату Бланідас 300 (замочування експлантів) в поєднанні з додаванням в живильне середовище 2,5–3,0 мг/л біоцида PPM. Застосування цих двох препаратів порівняно з використанням класичного протруйника гіпохлориту натрію також зменшувало відсоток первинних експлантів з опіками та збільшувало їх приживлюваність [14, 25]. Порівняно менші опіки в

експлантів фундука відмічено у випадку заміни Na-гіпохлориту на Na-мергіолат. Він виявився більш ефективним, оскільки здатний проникати в клітини, не викликаючи некрозу [7].

Основою успішного культивування мигдалю та фундуку є оптимально підібрані трофічні та гормональні детермінанти. Зокрема, це кількість елементів мінерального живлення, біологічно активних речовин, їх синергічна або антогоністична взаємодія та фактори, які посилюють або вповільнюють детермінантний ефект [14]. Фундук і мигдаль історично мають схожі ареали походження, а отже еволюційно в них сформувалися відповідні пристосування до умов навколишнього природного середовища. Це такі фактори, які варто враховувати за створення прописів штучних живильних середовищ для мікроклонального розмноження: нейтральне рН ґрунту, високий уміст кальцію, та ін.

Основою розмноження біологічних об'єктів є тотипотентність. Вплив детермінантів, які сприймає рослина, настільки сильні, що можуть спонукати зрілу клітину диференціюватися, знову вступити в клітинний цикл і виявити свою тотипотентність, що призводить до регенерації нової цілої рослини. Для експлантів мигдалю було встановлено, що [26]: гени, що кодують білки, пов'язані з синтезом і процесингом білка, а також з метаболізмом азоту і вуглецю, були диференційовано експресовані на ранній стадії, тоді як гени, які кодують білки, що беруть участь у порятунку і захисті рослинних клітин, а також взаємодії з навколишнім природним середовищем, були в основному знайдені на пізній стадії.

Mazari A., Camm [27] встановили, що під час переходу від диференційованого в недиференційований і проліферуючий стан на ранніх стадіях індукції пагонів, хлоропласти зазнають кардинальних змін, які в кінцевому підсумку призводять до зниження фотосинтезу в клітинах, з яких виникають нові пагони (компетентні клітини) [27]. Однією з найбільш очевидних змін у структурі хлоропластів, які відбуваються в компетентних клітинах під час індукції пагонів, є перетворення хлоропластидів на пропластиди, коли клітини піддаються дедиференціації.

Під час утворення придаткових пагонів *in vitro* пріоритетом є потреба в поживних речовинах через процеси дидиференціювання та поділу клітин [30]. Тобто відбувається трофічна детермінація, зокрема і стосовно запуску «раніх» чи пізніх генів розвитку.

Для культивування мигдалю, фундука застосовують декілька прописів культурального середовища. Вплив середовища є одним з найважливіших чинників, що діють на морфо-

генні реакції експланта і успіх як досліджень *in vitro*, так і комерційного мікроклонального розмноження. Це, зокрема такі середовища: Мурасіге і Скуга (MS), Куаріна Лепувра (QL), Лойда-МакКоуна (WPM); Драйвера Канюки (DKW) і Nas Almond Medium (NAM), Nas і Read (NRM) [13, 21, 28, 29, 30]. Відмінність цих середовищ за мінеральними елементами представлена в таблиці 2.

Ці прописи середовищ, суттєво відрізняються в першу чергу за вмістом макроелементів. Зокрема, MS і DKW містять 1650 і 1416 мг/л нітрату амонію тоді як WPM – лише 400. QL містять 400 мг/л нітрату амонію, однак вміст нітрогену у нітратній формі в складі нітрату калію є у найбільшій кількості серед порівнюваних прописів – 1800 мг/л.

Нітроген в помірних кількостях є синергістом кальцію, однак за надлишкових кількостей він є однією з причин прояву ознак кальцієвого живлення. Так, зокрема В.В. Мацкевичом [4] встановлено, що на кві «Зниження висоти рослин супроводжувалося ознаками, які властиві рослинам за надлишку макроелементів, зокрема нітрогену. Це надмірно інтенсивне зелене забарвлення листків, потовщені листові пластинки із ознаками гіпергідратації. Пагін товстий вкорочений. В багатьох рослин верхівка пагона відмирає, що є наслідком блокування азотом доступу кальцію» [14, 30].

Kester, D.E., Tabachnik, L., Negueroles, J. [32] встановили, що токсичність надлишку нітрогену для регенерантів мигдалю особливо зростає за підвищення температури вище 25 °С. За їхніми дослідженнями фітотоксичність проявляється у формі неінфекційного ураження бруньок мигдалю *in vitro*.

Нами в умовах лабораторій біотехнологій рослин Білоцерківського НАУ та ФГ «Беррі Фарм Юкрейн» активно проводиться дослідження впливу на регенеранти українських сортів мигдалю та однієї форми гіркокого мигдалю трофічної детермінації за використання різних за вмістом мінеральних елементів складів штучних живильних середовищ: Куріна Лепувра (QL), Мурасіге і Скуга (MS) [18], Мацкевича і Кибенка (МК) [14] та двох нових (М1 та Мв), які є модифікаціями QL і МК. Порівнюючи регенерацію 4 сортів рослин *P. dulcis* на вказаних середовищах, встановили ознаки надлишку азоту: пагін насичено темно-зеленого кольору, занадто товсте і вкорочене стебло, водянистість та крихкість тканин стебла, вповільнене зростання. Також характерною ознакою було відмирання верхівки пагона, що на нашу думку є блокуванням поглинання кальцію надлишком нітрогену [6].

Таблиця 2 – Порівняння вмісту мінеральних елементів в найбільш поширених середовищах при мікроклональному розмноженні мигдалю, фундука (за [3, 34])

Компонент	MS	QL	WPM	DKW	NAM	NRM
Макросолі мг/л						
NH ₄ NO ₃	1650	400,0	400,0	1416	900	530
KNO ₃	1900	1800	-	-	250	550
KH ₂ PO ₄	170	270	171	265	1550	1300
MgSO ₄ ·x7H ₂ O	370	383	370	740	2050	1650
K ₂ SO ₄	-	-	990,0	1599,0	-	-
Кальцій						
Ca (NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	-	833,8	471,26	1664,4	1050	700
CaCl ₂ ·2H ₂ O	440	-	72,50	112,50	45	90
Хелат заліза						
FeSO ₄ ·7H ₂ O	27,8	27,8	27,8	33,4	-	-
Na ₂ EDTA	37,3	37,3	37,3	44,7	-	-
Sequestrene 138 Fe/or Sequestrene 330 Fe	-	-	-	-	100 50	100
Мікросолі						
H ₃ BO ₃	6,2	6,2	6,2	4,8	11,0	6,5
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,025	0,025	0,25	0,25	3,2	2,5
MnSO ₄ ·xH ₂ O	22,3	0,75	22,3	33,5	6,0	20,00
NaMoO ₄ ·2H ₂ O	0,25	0,25	0,25	0,39	0,1	0,2,5
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8,6	8,6	8,6	-	11,0	8,6
Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	-	-	-	17	-	-
KI	0,83	0,08			-	-
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0,025	0,025			-	-

Для фундука найчастіше застосовують середовище Драйвера і Канюки DKW (Driver and Kuniyuki Walnut) [18]. Однак, тривале культивування рослин на цьому середовищі обумовлює появу ознак надмірної обводненості тканин, проблем із доступністю іонів кальцію. Ці симптоми є ознакою надлишку нітрогену, сульфуру, що раніше відмічалось у випадку мікроклонального розмноження кві [6, 14]. У надлишкових кількостях ці елементи блокують надходження інших іонів (наприклад купруму). Як і в мигдалю, регенерантам властиві вкорочені пагони, надлишкова гіпегідратація тканин з частими некрозами верхівок. За використання модифікованого середовища NRM в якому порівняно із DKW зменшено уміст N, S, та збільшено уміст Cu, Zn, Ca.

Надлишкові кількості елементів концентрації або не збалансоване співвідношення пояснюють кращий розвиток регенерантів на половинних концентраціях MS і навіть зменшеній до 1/5 [29]. За менших концентрацій за неоптимального співвідношення менше проявляється закон надлишку елементів живлення [31]. У цілому в умовах *in vitro* актуальні більшість фізіологічних законів живлення рослин. В тому числі і природний закон мінімуму, відкритий вченим Юстусом Фон Лібіхом ще в позаминулому столітті – надлишок чи нестача якого-небудь елемента блокує надходження.

Середовища з оптимальним умістом компонентів, перш за все мінеральних компонентів та гормонів, не існує. Оригінальний підхід представили турецькі вчені Nas M.N., Yüksel B.

and Sevgin N. [30]. Вони запропонували гіпотезу розробки прописів штучних живильних середовищ замість трудомістких та затратних емпіричних методів. Відповідно до цієї гіпотези склад живильного середовища для певного виду повинен нагадувати склад насіння. Зокрема, за таким принципом для мигдалю було розроблено культуральне середовище мигдалю (Nas Almond Medium (NAM)) на основі вмісту елементів живлення в ядрі мигдалю [29, 30].

Подібний підхід за кількісним вмістом в насінні запропоновано у розробці середовища для фундука яке отримало назву NRM [29]. Дослідники виявили відмінності за вмістом В, Ва, Mn, Cu, Si та Sr. Концентрації цих елементів були вищими в насінні фундука порівняно з насінням мигдалю. Водночас у насінні фундука була менша концентрації Fe та Zn. Концентрація Са та Mg була нижчою у фундука порівняно з мигдалем [7, 29].

Поряд з трофічними домінуючими детермінантами є фітогормони. Серед прописів середовищ МКР мигдалю, фундука переважаючими є два класи цих біологічно активних речовин: цитокиніни та ауксини. Лише в окремих випадках (індукція морфогенезу в калюсній культурі та на етапі введення в асептичні умови) застосовують гібереліни.

Для обох культур серед цитокинінів найчастіше синтезується синтетичний гормон бензиламінопурин (0,25–2,0 мг/л), рідше інші, наприклад тидіазурон [6, 17, 22, 23, 24, 28, 30, 33] з різною концентрацією БАП. Кількість пагонів детермінується концентраціями БАП. За високих концентрацій (від 2 до 4 мг/л) зменшується кількість мікропагонів, зростає їх гіпергідратація.

За МКР гібриду персика і мигдалю звичайного (підщепи «Garnet») встановлено, що БАП перевершує тидіазурон у сприянні проліферації пагонів. Найвищі відсотки проліферації були отримані за концентрацій 1,25 мкМ і 10 мкМ БАП, 70,0 і 68,1 % відповідно. Оптимальна концентрація була в межах 5-мкМ, що забезпечувало формування 2,14–2,77 мікропагонів. Однак у міру збільшення концентрації БАП велика частина пагонів була вітрифікована, і в результаті їх необхідно було викинути [34].

Використання БАП у МКР представників роду Слива у низьких рівнях, індукує пагоноутворення з більшими значеннями довжини, кількості листків та додаткових бруньок порівняно з більш високими його концентраціями [20, 35].

Для ботанічно близької до мигдалю підщепи GF677 встановлено, що на середовищі QL з вмістом 32 мкМ TDZ, витримування

сім'ядолей у темряві на початку культивування збільшувало відсоток сім'ядолей, які утворюють придаткові пагони (62,5 %) порівняно з тими, які утримуються в умовах освітлення (15 %). Комбінація 0,72 мкМ гіберелової кислоти та обробки темним кольором призвела до утворення подовжених пагонів щонайменше в 2,7 рази, ніж у необроблених [36].

Для підщепи HS314 (*Prunus amygdalus* × *P. persica*) на модифікованому середовищі DKW, що містить 3 % сахарози, 100 мг/л флороглюцинолу, для проліферації пагонів оптимальним було 2,0 мг/л БАП, а для коренеутворення середовище, що містить 2 мг/л ІВА. Вкорінення збільшилось з 66 до 85 % за рахунок зниження концентрації солей DKW в двічі [37].

Doriana (Bode) Xhulaj, Efigjeni Kongjika, Skerdilaid Xhulaj [20] також встановили, що зниження мінеральної концентрації живильної речовини MS середовища вдвічі від їх нормальних значень, а також наявність β-індол-масляної кислоти (1 мг/л) у високих рівнях можуть впливати на стимуляцію та утворення нових коренів. Застосування режиму темряви під час фази вкорінення дало позитивний ефект у процесі ризогенезу видів *Prunus*. Використовуючи техніку повільного росту (низькі температури), вони могли зберігати регенеранти кісточкових культур *Prunus* від 3,5 місяців до 7,5 місяців.

Для індукції коренеутворення на третьому етапі мікроклонального розмноження застосовують ауксини. Переважно це синтетичний ауксин індолілмасляна кислота, рідше або як додаткові ауксини застосовують індоліл оцтову [38, 39] та нафтилоцтову кислоти [40].

Для постасептичної акліматизації мигдалю рекомендують [21, 41] укорінені регенеранти *in vitro* перед висадкою в тепличний субстрат відмити від агару проточною водою. Субстрат: суміш 1:1:1 з перліту, піску та землі. Рослини, висаджують в умови вологості камери з відносною вологістю 90 ± 5 %. Протягом 4 тижнів акліматизації вологість знижують до 60 ± 5 %.

Досить оригінальним методом постасептичної адаптації є мікротрансплантація шляхом щеплення регенерантів сортового мигдалю на проросле *in vitro* насіння мигдалю гіркого. Щеплення *in vitro* проводили в стерильних умовах. Мікроприщеплені сіянці культивували на MS середовищі, що містило 1,0 мг/л ВАР і ІВА [21].

Попри те, що звичайне зелене живцювання фундука складне і мало результативне, для цієї культури розроблено метод фотоавтрофного мікроклонального розмноження (ФМКР). Він поєднує одночасно етапи розмноження і постасептичної адаптації. Цим методом успішно

живцюються як рослини, взяті з польових умов [14], так і рослини отримані *in vitro* та рослини *ex vitro* [3]. ФАМКР порівняно із традиційними методами мікроклонального розмноження має наступні переваги: відсутні затрати на дорогі складники середовищ, зокрема гормони, синтез яких є вартісним, агар, сахароза та інші органічні компоненти; усуваються фізіологічні проблеми у рослинних об'єктах, пов'язані із адаптацією на етапах переходів *in situ* – *in vitro* – *ex vitro* – *in situ*; скорочується до двох тижнів час на утворення повноцінної кореневої системи та діючих фотоасимілюючих органів [14].

Встановлено різноякісність живців ізольованих різних частин рослини донора. Найбільші за розмірами регенеранти отримано з живців апікального походження. У них були більшими як пагін, так і коренева система. Окрім регенерації із стеблових живців новоутворення рослин відбувалося за зрізання пагонів на живцювання і регенерацію із прикореневої ділянки [3].

Комерційно цей метод розпочали використовувати в розсаднику ФГ «Беррі Фарм Юкрейн» (Волинська обл., Україна). В умовах лабораторії господарства розроблено модулі ФАМКР з системами збагачення і підтримання на технологічному рівні необхідного вмісту CO₂ та інтенсивним штучним освітленням за раніше встановленими показниками [4, 5]. За два–три тижні у вказаних модулях із живців виростили рослини із кореневою системою, придатні для висаджування у відкритий ґрунт або подальшого зеленого живцювання ФАМКР.

Висновки. В умовах глобальних змін клімату, які впливають на деревну рослинність, впливу воєнного стану в країні, що позначилось на харчовій та економічній стабільності держави, непересічне значення має вітчизняне вирощування мигдалю та фундука як перспективних горіхоплідних, що дозволить диверсифікувати сільське господарство країни. Варто зазначити, що підвищення сухості повітря, розтягнутого терміну безводного літа, аномально жарких літніх днів є передумовою для формування мережі садів з мигдалю та фундука, які добре себе почувають в цих умовах, що дозволить диверсифікувати традиційний аграрний бізнес. В Україні створено вітчизняні сорти мигдалю і розпочато розробку технологій їх мікроклонального розмноження у промислових масштабах. Тому, на нашу думку, для збільшення площ фундукових садів та сортозаміни актуальним є удосконалення технологій мікроклонального розмноження цих культурних горіхоплідних деревних видів.

Ефективними для мікроклонального розмноження в Україні є сорти мигдалю – М 41Алекс, Е5 Борозан, Джорджия та Луїза, а найкращими середовищами для їх культивування є середовище NRM, а для фундука NAM.

В технологіях мікроклонального розмноження фундука, мигдалю поширеними гормональними детермінантами в умовах *in vitro* є синтетичний цитокінін бензиламінопурін для стимуляції пробудження, росту бруньок та синтетичний ауксин індолілмасляна кислота для стимулювання ризогенезу.

Ефективним методом постасептичної адаптації фундука є фотоавтотрофний метод.

Отже, накопичений досвід мікроклонального розмноження фундука та мигдалю у світі дозволить активізувати мікроклональне розмноження цих культур в Україні та розширити використання цінних сортів, що покращить продовольчу ситуацію в державі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кліматичні зміни та їх вплив на сфері економіки України: монографія / Степаненко С.М. та ін. Одеса: Вид. «ТЕС», 2015. 520 с.
2. Проблеми мікроклонального розмноження фундука / Андрієвський В.В. та ін. Агробіологія: зб. наук. праць. №1. Біла Церква: БНАУ, 2019. С. 74–84.
3. Особливості мінерального та повітряного живлення фундука. Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 30–31 березня 2022 р.) / Мацкевич О.В. та ін. Біла Церква: БНАУ. 2022. С. 65–67.
4. Моуліс В., Бабанський В., Мацкевич В. Хорватська інтенсивна технологія вирощування фундука. Сучасні виклики і актуальні проблеми лісівничої освіти, науки та виробництва: матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Біла Церква, 15 квітня 2021 р.). Біла Церква: БНАУ. 2021. С. 113–116.
5. Оцінка перспективності сортів та збагачення генофонду фундука в дендропарку ХНАУ / Полів'яний А.М. та ін. Вісник ХНАУ № 1, 2013. Лісове господарство. С. 199–202.
6. Філіпова Л.М., Мацкевич В.В., Шита О.П. Трофічні детермінанти онтогенезу регенерантів мигдалю *in vitro*. Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі: VI Всеукраїнська науково-практична конференція. Умань. 2021. С. 202–204.
7. In Vitro Propagation of Traditional Italian Hazelnut Cultivars as a Tool for the Valorization and Conservation of Local Genetic Resources / Bacchetta L. et al. 2008. HortScience horts. 2022. 43(2). P. 562–566. URL: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/43/2/article-p562.xml>.
8. Коли цвітуть мигдалеві сади. Реалії та перспективи розвитку промислових мигдалевих садів в Україні: науково-практичний семінар. URL: <https://osau.edu.ua/naukovo-praktychnyj-seminar>

koly-tsvitut-mygdalevi-sady-realiyi-ta-perspektyvy-rozvytku-promyslovyh-mygdalevyh-sadiv-v-ukraini/.

9. Choosing Plants for a Hazelnut Orchard in New Jersey / Muehlbauer M. et al. URL: <https://njaes.rutgers.edu/e368/>.

10. Survey of *Corylus* Resistance to *Anisogramma anomala* from Different Geographic Locations / Thomas J. Molnar et al. HORTSCIENCE. 45(5). 2010. P. 832–836.

11. Пінчук Н.В., Коваленко Т.М., Вергелес П.М. Садово-паркова фітопатологія: навч. посіб. / за ред. Н.В. Пінчук. Вінниця: ВНАУ. 2020. 380 с.

12. Мигдаль: посадка і догляд, види і сорти. URL: <https://ua.supermg.com/sadovi-roslini/6835-migdal%D1%8C-posadka-i-dogljad-vidi-i-sorti.html>.

13. Охорона прав на сорти рослин: бюлетень. Український інститут експертизи сортів. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. Вип. 5. 395 с.

14. Мацкевич В.В. Мікроклональне розмноження видів рослин *in vitro* та їх постсептична адаптація. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.05. Суми, 2020. 478 с.

15. Подгаєцький А.А., Мацкевич В.В., Подгаєцький А.А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин: монографія. Біла Церква: Білоцерківський національний аграрний університет, 2018. 209 с.

16. In vitro rooting of almond (*Prunus Dulcis* Mill.). In vitro cellular & developmental biology / Phillip J. Ainsley et al. Plant. Society for In Vitro Biology. 2001. Vol. 37. No. 6. P. 778–85. URL: <http://www.jstor.org/stable/4293547>.

17. Michelle W., Margaret S. The australian almond breeding program AL99008. The University of Adelaide Final Report 1 June 2007.

18. Кушнір Г.П., Сарнацька В.В. Мікроклональне розмноження рослин. К., Наук. думка, 2005. 271 с.

19. Effect of Culture Media and Plant Growth Regulators on Shoot Proliferation and Rooting of Internode Explants from Moroccan Native Almond (*Prunus dulcis* Mill.) Genotypes / Kodad S. et al. International Journal of Agronomy. 2021. DOI: 10.1155/2021/9931574.

20. Xhulaj D., Kongjika E., Skerdilaid X. In vitro micropropagation and conservation of *Prunus* native stone fruit trees. 2015. 44. P. 2278–3229.

21. Micrografting of almond (*Amygdalus communis*) cultivar 'Nonpareil' / Çiğdem I. et al. Australian Journal of Science AJCS. 2011. 5(1). P. 61–65.

22. Shekafandeh A., Ghasem M. Effect of hot-water and cold treatments on reducing contamination in almond tissue culture Journal of Applied Horticulture. 2009. 11(2). P. 143–145.

23. Mathematical Modeling and Optimizing of in Vitro Hormonal Combination for G × N15 Vegetative Rootstock Proliferation Using Artificial Neural Network-Genetic Algorithm (ANN-GA) / Arab M.M. et al. Front Plant Sci. 2017. Nov 1;8:1853. DOI: 10.3389/fpls.2017.01853.

24. Karimi S., Yadollahi A. Using putrescine to increase the rooting ability of hardwood cuttings of the peach × almond hybrid GF677 J Agrobiol. 2012. 29(2). P. 63–69. DOI: 10.2478/v10146-012-0010-6.

25. Подгаєцький А.А., Мацкевич В.В., Врублевський О.Т. Використання біоциду РРМ як додаткового деконтамінанта в процесі мікроклонального розмноження рослинних об'єктів. Вісник Сумського національного аграрного університету: науковий журнал. Агронімія і біологія. Суми: СНАУ, 2016. Вип. 9 (32). С. 159–163.

26. An integrated strategy to identify key genes in almond adventitious shoot regeneration / Margarida A.S. et al. Journal of Experimental Botany. 2009. Vol. 60. Issue 14. P. 4159–4173. DOI: 10.1093/jxb/erp250.

27. Mazari A, Camm E.L. Effect of cytokinins on plastid development and photosynthetic polypeptides during organogenesis of *Pinus pondero* Dougl. cotyledons cultured *in vitro*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2005. Vol. 33. P. 81–89.

28. An efficient regeneration and rapid micropropagation protocol for Almond using dormant axillary buds as explants / Choudhary R. et al. Indian J Exp Biol. 2015. P. 462–467.

29. Nas M., Read P. A hypothesis for the development of a defined tissue culture medium of higher plants and micropropagation of hazelnuts. Scientia Horticulturae. 2004. 101. P. 189–200. DOI: 10.1016/j.scienta.2003.10.004.

30. Nas M.N., Yüksel B., Sevgin N. Shortcut to long-distance developing of a tissue culture medium: micropropagation of mature almond cultivars as a case study. Turkish Journal of Botany. 2013. 37(6). P. 1134–1144.

31. Трофічні та гормональні детермінанти онтогенезу *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* (a.Chev.) *in vitro* на етапі мультиплікації / Подгаєцький А.А. та ін. East European Scientific Journal. 2020. №10(62). Part 1. P. 17–24.

32. Kester D.E., Tabachnik L., Negueroles J. Use of micropropagation and tissue culture to investigate genetic disorders in almond cultivars. Acta Hort. 1977. 78. P. 95–102. DOI: 10.17660/ActaHortic.1977.78.10.

33. Micropropagation of the hazelnut / Bassil N. et al. *Corylus avellana*. Acta Hort. 1992. 300. P. 137–140. DOI: 10.17660/ActaHortic.

34. Kose Sevde, Canli, Fatih. In vitro Propagation of 'Garnem' (*P. persica* x *P. dulcis*) Rootstock. Plant Molecular Biology & Biotechnology. 2015. 5. P. 25–30.

35. Channuntapipat Chockpisit, Sedgley Margaret, Collins Graham. Micropropagation of almond cultivars Nonpareil and Ne Plus Ultra and the hybrid rootstock Titan×Nemaguard. Scientia Horticulturae. 2003. 98. P. 473–484. DOI: 10.1016/S0304-4238(03)00067-0.

36. Arab M.R., Shekafandeh A. In vitro propagation of GF677 hybrid rootstock (*Prunus persica* × *Prunus amygdalus*) from mature cotyledons. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 2016. 91(3). P. 236–242. DOI: 10.1080/14620316.2016.1148368.

37. In Vitro Propagation of HS314 Rootstock *Prunus amygdalus* X *P. Persica* / Dejampour J. et al.

HortScience. 2011. 46. P. 928–931. DOI: 10.21273/HORTSCI.46.6.928.

38. Ghaem Maghami S., Ebrahimzadeh H., Shetab Boshehri S.M. Effects of some growth regulators on hazelnut (*Corylus Avellana* L.) micropropagation. Iranian journal of horticultural science and technology. 2010. 11(3). P. 187–196. URL: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=496929>.

39. Conversion of indole-3-butyric acid to indole-3-acetic acid in shoot tissue of hazelnut (*Corylus*) and elm (*Ulmus*) / Kreiser M. et al. J Plant growth regul. 2016. 35. P. 710–721. DOI: 10.1007/s00344-016-9574-5.

40. Ainsley P.J., Collins G.G., Sedgley M. In vitro rooting of almond (*Prunus dulcis* Mill.). 2001. In Vitro Cell.D ev.Biol.-Plant 37. P. 778–785. DOI: 10.1007/s11627-001-0129-4.

41. In vitro micropropagation of almond (*Amygdalus communis* L. cv. Nonpareil) / Ikalán Ç. et al. African Journal of Biotechnology. 2008. Vol. 7 (12). P. 1875–1880.

REFERENCES

1. Stepanenko, S.M. (2015). Klimatychni zminy ta yikh vplyv na sfery ekonomiky Ukrainy [Climate change and its impact on the economy of Ukraine]. Odesa, TPP Publishing House, 520 p.

2. Andriievskiy, V.V., Vrublevskiy, A.T., Filipova, L.M., Matskevych, V.V., Matskevych O.V. (2019). Problemy mikroklonalnoho rozmnozhenia funduka [Problems of microclonal propagation of hazelnuts]. Ahrobiologiya: zb. nauk. pr. [Agrobiology]. Bila Tserkva, no. 1, pp. 74–84.

3. Matskevych, O.V., Prykhoda, N.Iu., Mykhailuk, N.Iu., Matskevych, V.V. (2022). Osoblyvosti mineralnoho ta povitrianoho zhyvlennia funduka [Features of mineral and air nutrition of hazelnuts]. Ahrarna osvita ta nauka: dosiahnennia i perspektyvy rozvytku: materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Agricultural education and science: achievements and prospects of development: materials of the III International scientific-practical conference]. Bila Tserkva, BNAU, pp. 65–67.

4. Moulis, V., Babanskiy, V., Matskevych, V. (2021). Khorvatska intensyva tekhnologiya vyroshchuvannia funduka [Croatian intensive technology of hazelnut cultivation]. Suchasni vyklyky i aktualni problemy lisivnychoi osvity, nauky ta vyrobnytstva: materialy I Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii [Modern challenges and current problems of forestry education, science and production: materials of the First International Scientific and Practical Internet Conference]. Bila Tserkva, BNAU, pp. 113–116.

5. Polyvianyi, A.M., Sytnik, I.I., Sliusarchuk, V.Ie., Onyshchenko, A.S., Moisa, Ye.M. (2013). Otsinka perspektyvnosti sortiv ta zbahachennia henofondu funduka v dendroparku KhNAU [Assessment of the prospects of varieties and enrichment of the hazelnut gene pool in the arboretum of KhNAU]. Bulletin of KhNAU, Forestry, no. 1, pp. 199–202.

6. Filipova, L.M., Matskevych, V.V., Shyta, O.P. (2021). Trofichni determinanty ontogenezu rehenerativ myhdaliu in vitro [Trophic determinants of ontogenesis of almond regenerants in vitro].

Henetyka i selektsiya v suchasnomu ahrokompleksi: VI Vseukrayins'ka naukovo-praktychna konferentsiya [Genetics and selection in the modern agricultural complex: VI All-Ukrainian scientific-practical conference]. Uman, pp. 202–204.

7. Bacchetta, L., Aramini, M., Bernardini, C., Rugini, E. (2022). In Vitro Propagation of Traditional Italian Hazelnut Cultivars as a Tool for the Valorization and Conservation of Local Genetic Resources. HortScience horts. 43(2), pp. 562–566. Available at: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/43/2/article-p562.xml>.

8. Koly tsvitut' myhdalevi sady [When almond orchards bloom]. Realiyi ta perspektyvy rozvytku promyslovykh myhdalevykh sadiv v Ukraini: naukovo-praktychnyy seminar [Realities and prospects of development of industrial almond orchards in Ukraine Scientific-practical seminar]. Available at: <https://osau.edu.ua/naukovo-praktychnyj-seminar-koly-tsvitut-mygdalevi-sady-realiyi-ta-perspektyvy-rozvytku-promyslovykh-mygdalevykh-sadiv-v-ukrayini/>.

9. Muehlbauer, M., Capik, J., Thomas, J. Molnar. (2021). Choosing Plants for a Hazelnut Orchard in New Jersey. Available at: <https://njaes.rutgers.edu/e368/>.

10. Thomas, J. Molnar, Joseph, C. Goffreda, Reed, Funk C. (2010). Survey of Corylus Resistance to Anisogramma anomala from Different Geographic Locations. Hortscience. 45(5), pp. 832–836.

11. Pinchuk, N.V., Kovalenko, T.M., Verheles, P.M. (2020). Sadovo-parkova fitopatologiya [Garden and park phytopathology]. Vinnytsia, VNAU, 380 p.

12. Myhdal': posadka i dohlyad, vydy i sorty [Almonds: planting and care, species and varieties]. Available at: <https://ua.supermg.com/sadovi-roslini/6835-migdal%D1%8C-posadka-i-dogljad-vidi-i-sorti.html>.

13. Okhorona prav na sorty roslyn [Protection of plant variety rights]. Ukrainskiyi instytut ekspertyzy sortiv: biuleten [Ukrainian Institute of Variety Examination]. Vinnytsia, 2020, LLC "WORKS", Vol. 5, 395 p.

14. Matskevych, V.V. (2020). Mikroklonalne rozmnozhenia vydiv roslyn in vitro ta yikh postaseptychna adaptatsiya [Microclonal propagation of plant species in vitro and their post-septic adaptation]. Kvalifikatsiina naukova pratsia na pravakh rukopysu: dys. ... d-ra s.-g.: 06.01.05 [Qualifying scientific work on the rights of the manuscript: the dissertation of the doctor of agricultural sciences on a specialty: 06.01.05]. Sumy, 478 p.

15. Podhaietskyi, A.A., Matskevych, V.V., Podhaietskyi, A.A. (2018). Osoblyvosti mikroklonalnoho rozmnozhenia vydiv roslyn: monohrafiia [Features of microclonal reproduction of plant species]. Bila Tserkva, Bila Tserkva National Agrarian University, 209 p.

16. Phillip, J. Ainsley (2001). In vitro rooting of almond (*Prunus Dulcis* Mill.). In vitro cellular & developmental biology. Plant. Society for In Vitro Biology. Vol. 37, no. 6, pp. 778–785. Available at: <http://www.jstor.org/stable/4293547>.

17. Michelle, W., Margaret, S. (2007). The australian almond breeding program. The University of Adelaide Final Report. no. 1, 78 p.

18. Kushnir, H.P., Sarnatska, V.V. (2005). Mikroklonalne rozmnozhenia roslyn [Microclonal propagation of plants]. Kyiv, Scientific thought, 271 p.
19. Kodad, S., Melhaoui, R., Hano, C., Addi, M., Sahib, N., Elamrani, A., Abid, M., Mihamou, A. (2021). Effect of Culture Media and Plant Growth Regulators on Shoot Proliferation and Rooting of Internode Explants from Moroccan Native Almond (*Prunus dulcis* Mill.) Genotypes". International Journal of Agronomy. Vol. 2. DOI: 10.1155/2021/9931574.
20. Xhulaj, D., Kongjika, E., Skerdilaid, X. (2015). In vitro micropropagation and conservation of *Prunus native* stone fruit trees. 44, pp. 2278–3229.
21. Çiğdem, Işıkalan, Süreyya, Namlı, Filiz, Akbas. (2011). Bekir Erol Ak Micrografting of almond (*Amygdalus communis*) cultivar 'Nonpareil'. Australian Journal of Science AJCS. 5(1), pp. 61–65.
22. Shekafandeh, A., Ghasem, M. (2009). Effect of hot-water and cold treatments on reducing contamination in almond tissue culture Journal of Applied Horticulture. 11(2), pp. 143–145.
23. Arab, M.M., Yadollahi, Ahmadi A., Eftekhari, H., Maleki, M. (2017). Mathematical Modeling and Optimizing of in Vitro Hormonal Combination for G × N15 Vegetative Rootstock Proliferation Using Artificial Neural Network-Genetic Algorithm (ANN-GA). Front Plant Sci. Nov 1;8:1853. DOI: 10.3389/fpls.2017.01853.
24. Karimi, S., Yadollahi, A. (2012). Using putrescine to increase the rooting ability of hardwood cuttings of the peach × almond hybrid GF677 J Agrobiol. 29(2), pp. 63–69. DOI: 10.2478/v10146-012-0010-6.
25. Podhaietskyi, A.A., Matskevych, V.V., Vrublevskyi, O.T. (2016). Vykorystannia biotsydu RRM yak dodatkovoho dekontaminanta v protsesi mikroklonalnoho rozmnozhenia roslynnykh ob'ektiv [The use of PPM biocide as an additional decontaminant in the process of microclonal propagation of plant objects]. Visnyk Sums'koho natsionalnoho ahrranoho universytetu: naukovyi zhurnal. Ahronomiia i biolohiia [Bulletin of Sumy National Agrarian University: scientific journal. Agronomy and biology]. Sumy, SNAU, Vol. 9 (32), pp. 159–163.
26. Margarida, A.S., Oliver, M.J., Sánchez, A.M., Payton, P.R., Gomes, J.P., Miguel, C., Oliveira, M.M. (2009). An integrated strategy to identify key genes in almond adventitious shoot regeneration. Journal of Experimental Botany. Vol. 60, Issue 14, pp. 4159–4173. DOI: 10.1093/jxb/erp250.
27. Mazari, A., Camm, E.L. (2005). Effect of cytokinins on plastid development and photosynthetic polypeptides during organogenesis of *Pinus pondero* Dougl. cotyledons cultured *in vitro*. Plant Cell. Tissue and Organ Culture. Vol. 33, pp. 81–89.
28. Choudhary, R., Chaudhury, R., Malik, S.K., Sharma, K.C. (2015). An efficient regeneration and rapid micropropagation protocol for Almond using dormant axillary buds as explants. Indian J Exp Biol. 53(7), pp. 462–467.
29. Nas, M., Read, P. (2004). A hypothesis for the development of a defined tissue culture medium of higher plants and micropropagation of hazelnuts. Scientia Horticulturae. 101, pp. 189–200. DOI: 10.1016/j.scienta.2003.10.004.
30. Nas, M.N., Yüksel, B., Sevgin, N. (2013). Shortcut to long-distance developing of a tissue culture medium: micropropagation of mature almond cultivars as a case study. Turkish Journal of Botany. 37(6), pp. 1134–1144.
31. Podhaietskyi, A.A., Matskevych, V.V., Filipova, L.M., Skrypchenko, N.V., Kravchenko, N.V. (2020). Trofichni ta hormonalni determinanty ontogenezu Actinidia chinensis var. deliciosa (a.Chev.) *in vitro* na etapi multiplykatsii [Trophic and hormonal determinants of ontogeny Actinidia chinensis var. deliciosa (a.Chev.) *In vitro* at the stage of multiplication]. East European Scientific Journal. 10(62), part 1, pp. 17–24.
32. Kester, D.E., Tabachnik, L., Negueroles, J. (1977). Use of micropropagation and tissue culture to investigate genetic disorders in almond cultivars. Acta Hort. 78, pp. 95–102. DOI: 10.17660/ActaHortic.
33. Bassil, N., Mok, D.W.S., Mok, M.C., Rebhuhn, B.J. (1992). Micropropagation of the hazelnut, *Corylus avellana*. Acta Hort. 300, pp. 137–140. DOI: 10.17660/ActaHortic.1992.300.17
34. Kose, Sevde, Canli, Fatih. (2015). In vitro Propagation of 'Garnem' (*P. persica* × *P. dulcis*) Rootstock. Plant Molecular Biology. Biotechnology. 5, pp. 25–30.
35. Channuntapipat, Chockpisit Sedgley, Margaret Collins, Graham. (2003). Micropropagation of almond cultivars Nonpareil and Ne Plus Ultra and the hybrid rootstock Titan×Nemaguard. Scientia Horticulturae. 98, pp. 473–484. DOI: 10.1016/S0304-4238(03)00067-0.
36. Arab, M.R., Shekafandeh, A. (2016). In vitro propagation of GF677 hybrid rootstock (*Prunus persica* × *Prunus amygdalus*) from mature cotyledons, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 91:3, pp. 236–242. DOI: 10.1080/14620316.2016.1148368.
37. Dejampour, Jalil, Majidi, Islam, Khosravi, Solmaz, Farhadi, Sevil, Shadmehr. (2011). In Vitro Propagation of HS314 Rootstock *Prunus amygdalus* X *P. persica*). HortScience. 46, pp. 928–931. DOI: 10.21273/HORTSCI.46.6.928.
38. Ghaem, Maghami, S., Ebrahimzadeh, H., Shetab, Boshchri, S.M. (2010). Effects of some growth regulators on hazelnut (*Corylus Avellana* L.) micropropagation. Iranian journal of horticultural science and technology. 11(3), pp. 187–196. Available at: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=496929>.
39. Kreiser, M., Giblin, C., Murphy, R. (2016). Conversion of indole-3-butyric acid to indole-3-acetic acid in shoot tissue of hazelnut (*Corylus*) and elm (*Ulmus*). J Plant growth regul. 35, pp. 710–721. DOI: 10.1007/s00344-016-9574-5.
40. Ainsley, P.J., Collins, G.G., Sedgley, M. (2001). In vitro rooting of almond (*Prunus dulcis* Mill.). In Vitro Cell.Dev.Biol.-Plant. 37, pp. 778–785. DOI: 10.1007/s11627-001-0129-4.
41. İkalın, Ç., Akba, F.A., Namlı, S., Tilkat, E., Baaran, D. (2008). In vitro micropropagation of almond (*Amygdalus communis* L. cv. Nonpareil) African Journal of Biotechnology. Vol. 7 (12), pp. 1875–1880. Available at: <http://www.academicjournals.org/AJB> ISSN 1684–5315.

World experience and prospects of hazelnut and almond breeding in Ukraine

Matskevich V., Kimeichuk I., Matskevich O., Shita O.

Hazelnuts and almonds are promising industrial crops that can differentiate the risks posed by climate change. Domestic almond varieties adapted to local conditions have been created in Ukraine, which require rapid propagation. Creating highly productive and disease-resistant varieties of hazelnuts also requires the reproduction of this crop in significant quantities.

Of all the methods of vegetative propagation microclonal is the most promising one. Prior to introduction into aseptic culture, mother plants are grown in conditions that minimize endogenous accumulation in tissues of contaminants and phenolic substances. Sodium hypochlorite and Blanidas 300 are used for decontamination of explants. The addition of PPM biocide to the nutrient medium is promising to improve the sterilization of hazelnut explants. The decrease in contamination of almond explants decreases with increasing concentration of Cu, Ag ions in the environment.

Mineral nutrients and phytohormones are the main determinants of *in vitro* ontogeny. Along with the classic media (DKW, QL, MS, WPM) NRM environment is promising for hazelnuts, and NAM environment – for almonds. Excess in the environment of some elements

reduces the assimilation of others, which is manifested visually. Thus, an excess of nitrogen causes symptoms of insufficient absorption of calcium, copper. This process is intensified as the temperature increases. In addition, regenerating shoots are shortened, thickened and have excessive tissue hydration.

Turkish scientists have proposed an original method of creating recipes for almonds and hazelnuts on the quantitative content of elements in the seeds of these plants.

Cytokine are the most common phytohormones at the multiplication stage. For both cultures, most researchers prefer benzylaminopurine. Indolylbutyric acid is most often used to induce rhizogenesis.

A perlite-based substrate is effective for the regenerants adaptation. It is suggested to inoculate regenerants on bitter almond seedlings as a type of adaptation.

A method of photoautotrophic microclonal propagation has been developed in Ukraine. These technological methods, which, along with vegetative propagation, allow the adaptation of regenerants in a short time. The efficiency is achieved by activating the processes of photosynthesis due to increased carbon dioxide content and light intensity.

Key words: hazelnuts, almonds, climate change, microclonal reproduction, determinants, nutrient media, phytohormones.



Copyright: Мацкевич В.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.



ORCID iD:
Кімейчук І.В.

<https://orcid.org/0000-0002-9100-1206>

УДК 632.4:582.284.21:634.1

Іржа плодів зерняткових дерев: поширення патології та рослини-господарі збудників із роду *Gymnosporangium*Марченко А.Б. , Кравчук А.В., Ступка В.В.

Білоцерківський національний аграрний університет

 Марченко А.Б. E-mail: alla.marchenko@btsau.edu.ua; Кравчук А.В. E-mail: allafialko76@ukr.net

Марченко А.Б., Кравчук А.В., Ступка В.В. Іржа плодів зерняткових дерев: поширення патології та рослини-господарі збудників із роду *Gymnosporangium*. «Агробіологія», 2022. № 1. С. 192–197.

Marchenko A., Kravchuk A., Stupka V. Fruit trees rust: genus *Gymnosporangium* pathology spread and host plants of the pathogens. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 192–197.

Рукопис отримано: 30.05.2022 р.

Прийнято: 14.06.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-192-197

У результаті фітопатологічного обстеження насаджень плодів садів різної форми власності встановлено, що з кожним роком іржа плодів зерняткових дерев набуває все більшого поширення та розвитку і досягає епіфітотії. Іржа має хронічний прояв розвитку, де види з роду *Juniperus* L. є рослинами-живителями та екологічною нішею для збудників з роду *Gymnosporangium* і постійним джерелом інфекції, а плодів зерняткові рослини є проміжними господарями. Спермогоніальна та еціальна стадії збудника *Gymnosporangium tremelloides* Hartig відбуваються на яблуні: *G. sabinae* G. Winter, (1882) (син. *G. fuscum* DC. (1805)) – груші; *G. dobrozrakovae* Mitrof. – яблуні і груші; *G. confusum* Plowr. – айві та груші. Теліостадія збудника *G. tremelloides* Hartig проходить на *Juniperus communis* L.; *G. sabinae* Wint. – на *Juniperus excelsa*, *J. foetidissima*, *J. oxycedrus*, *J. phoenicea*, *J. sabina*; *G. dobrozrakovae* Mitrof. – на *J. excelsa*, *J. foetidissima*; *G. confusum* Plowr. – на *J. foetidissima*, *J. macropoda*, *J. oxycedrus*, *J. phoenicea*. У результаті мікроскопічних досліджень встановлено, що у патологічному комплексі уражених органів груші присутні декілька видів збудників роду *Gymnosporangium*, а саме *G. sabinae* G. Winter, *G. dobrozrakovae* Mitrof., *G. confusum* Plowr., де домінування мали *G. sabinae* G. Winter. В 2012 році нами було виявлено симптоми іржі на листі яблуні у вигляді поодиноких жовтих плям, при цьому поширення було в межах 3 %. У результаті ідентифікації було встановлено, що збудниками іржі листя яблунь є гриби *G. tremelloides* Hartig та *G. dobrozrakovae* Mitrof., при цьому значне домінування мав *G. tremelloides* Hartig. У 2021 році відсоток поширення та розвитку даної патології становив у межах 25–30 % та 2–3 бали, відповідно. В 2018 році нами було відмічено поодинокі малочисельні плями на листі айви звичайної викликані збудником *G. confusum* Plowr.

Ключові слова: плодів зерняткові дерева, іржа, збудник, *Gymnosporangium*, *Juniperus* L.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. На сьогодні встановлено ареали поширення іржі плодів дерев і значні економічні збитки, які ця патологія спричиняє в господарствах Північної Америки та Європи, зокрема Швеції та Норвегії [2–5]. Літературний аналіз свідчить, що у 1970–1980-х рр. за даними Митрофанова О.В. (1968; 1969) регіонами поширення іржі плодів зерняткових дерев були Молдова, Північний Кавказ і Закавказзя, Південне узбережжя Криму, Красно-

дарський та Ставропольський край, Цхведадзе Л.П. (1987) Грузія, Дементьева М. И., (1962; 1977) в Україні до 2000-их років виявляли поодинокі випадки поширення цієї патології в південних районах.

Іржа – це хвороба рослин, зумовлена іржастими грибами, які є облигатними фітопатогенами з вузькою спеціалізацією. Базиціальні гриби порядку *Uredinales* розвиваються на плодів зерняткових деревах, які є проміжними живителями, де проходять спермогоніальна та еціаль-

на стадії збудників, оскільки основний цикл їх розвитку відбувається на представниках роду *Juniperus* L., а саме на ялівці козацькому, китайському, колючому, віргінському, високому [6]. На початку другої половини літа спостерігаються симптоми прояву іржі та розвитку збудників з роду *Gymnosporangium*, на яблуні – *Gymnosporangium tremelloides* Hartig, груші – *G. sabinae* Wint. і *G. dobrozracovae* Mitr, айві – *G. confusum* Plowr. [7–9]. Еціоспори збудників *Gymnosporangium*, що утворюються в еціях, одноклітинні, округлі або неправильно округлі, з бурою, дрібнобородавчатою оболонкою. Розмір їх у *G. tremelloides* 30–45 x 28–35 мкм, *G. sabinae* – 27–31x19–27, *G. confusum* – 37–42 x 22–26 і у *G. dobrozracovae* – 27–32x20–28 мкм. Еціоспори поширюються вітром, уражуючи рослини з роду *Juniperus* L. [9].

Отже, розвиток іржі на плодівих зерняткових деревах пов'язаний з наявністю рослин-господарів збудника з роду *Gymnosporangium*.

Метою дослідження було виявити рослин-господарів, які сприяють поширенню збудників роду *Gymnosporangium* в нові регіони зростання плодівих зерняткових дерев.

Матеріал і методи дослідження. Фітопатологічні дослідження щодо поширення та розвитку іржі плодівих зерняткових дерев проводили в 2019–2021 рр. в умовах Київської області в лісосмугах, плодівих садах різної форми власності, садово-паркових об'єктах обмеженого та загального користування великих, середніх та малих міст Лісостепу України та в Ботанічному саду Білоцерківського національного аграрного університету здійснювали маршрутно-експедиційним методом. У 2008 р. при кафедрі садово-паркового господарства БНАУ було організовано Ботанічний сад, на сьогодні колекційний фонд якого становить близько 30 тис. рослин, відділ *Gymnosperms* представлений 40 % від загальної кількості деревних насаджень, де рід *Juniperus* L. налічує 28 видів та декоративних форм. Відібрані гербарні зразки були камерально опрацьовані у лабораторії кафедри садово-паркового господарства БНАУ. Ідентифікацію видів рослин здійснювали за [10, 11], узгоджували із сучасним номенклатурним списком судинних рослин України [12]. У процесі фітопатологічного моніторингу культурфітоценозів застосовано рекогносцирувальні та детальні методи лісопатологічних обстежень [13–15], а також методи фітопатологічних, мікробіологічних та мікологічних досліджень за загальноприйнятими методами [17, 18]. Ідентифікацію збудників хвороб проводили в науково-дослідній лабораторії фітопатології БНАУ. Сучасну назву ви-

дів грибів, а також їх синоніми погоджували з міжнародною мікологічною глобальною базою даних Index Fungorum [19].

Результати дослідження та обговорення.

У результаті фітопатологічного обстеження насаджень плодівих садів різної форми власності встановлено що з кожним роком іржа плодівих зерняткових дерев набуває все більшого поширення та розвитку і досягає епіфітотії. У 2008 р. нами було виявлено симптоми іржі на плодівих зерняткових деревах у вигляді поодиноких жовтих плям на листі груші в плодівих садах різного віку та форми власності. Поширення патології було незначним в межах 3–5 %. З кожним роком відсоток поширення та розвитку цієї патології збільшувався і в 2021 р. становив у межах 55–75 % та 4–5 бали, відповідно. Симптоми ураження відмічали на листі, молодих пагонах та плодах. У результаті мікроскопічних досліджень встановили, що у патологічному комплексі уражених органів груші наявні декілька видів збудників роду *Gymnosporangium*, а саме *G. sabinae* G. Winter, *G. dobrozrakovae* Mitrof., *G. confusum* Plowr., де домінував гриб *Gymnosporangium sabinae* G. Winter, (1882) (син. *G. fuscum* DC. (1805)).

У 2012 р. було виявлено симптоми іржі на листі яблуні у вигляді поодиноких жовтих плям, поширення в межах 3 %. У результаті ідентифікації встановлено, що у патологічному комплексі уражених органів збудниками іржі листя яблунь є гриби *G. tremelloides* Hartig та *G. dobrozrakovae* Mitrof., значне домінування мав *G. tremelloides* Hartig. У 2021 р. відсоток поширення та розвитку цієї патології становив у межах 15–35 % та 1–3 бали, відповідно.

У колекційному фонді Ботанічного саду БНАУ відділ *Angiosperms* представлений одним родом *Cydonia* Mill та видом *C. oblonga* Mill. У 2018 р. було відмічено поодинокі нечисленні плями на листі айви звичайної, спричинені збудником *Gymnosporangium confusum* Plowr.

На рослинах плодівих зерняткових дерев симптоми ураження іржею проявлялись у червні на пластинці листя і його черенків, молодих пагонах, плодах. На верхньому боці листя спочатку з'являлись округлі жовті плями, які поступово набували помаранчевого кольору, у деяких випадках була наявна облямівка (рис. 1). На плямах на верхньому боці листової поверхні з'являлись чорні цятки (крапки) – спермогонії. З нижнього боку листової пластинки під плямами утворюються групи еції у вигляді конусо- або соскоподібних виростів, які зіркоподібно розкриваються і з них висипаються ецидіоспори (рис. 2).

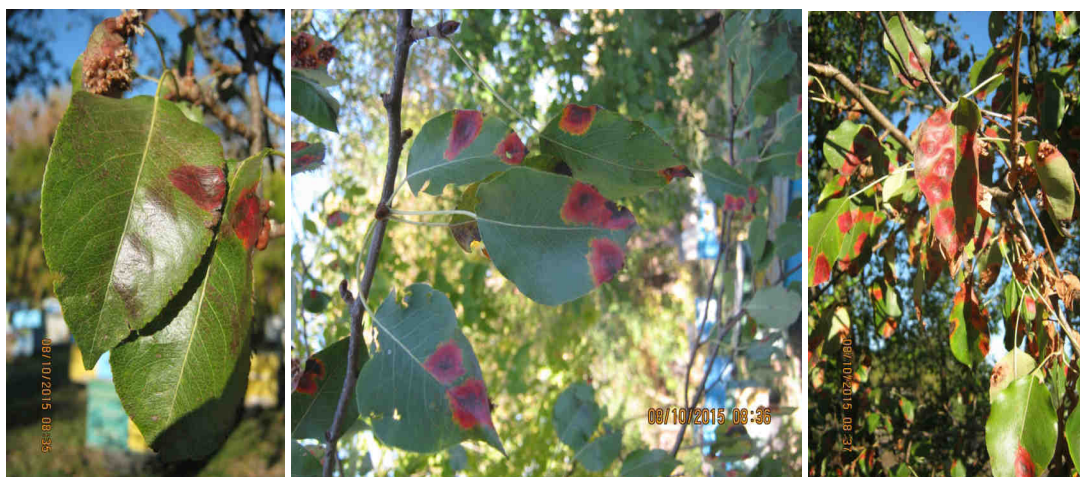


Рис. 1. Ураження плодів зерняткових дерев іржею у вигляді округлих жовтих плям.



Рис. 2. Ураження листкової пластинки групами ецій збудників роду *Gymnosporangium* у вигляді конусо- або соскоподібних виростів.

Восени ецидіоспори, потрапивши на рослини видів з роду *Juniperus* L., за наявності вологи проростають, утворюючи грибницю, яка поширюється в корі і деревині. Під дією грибниці відбувається посилений ріст клітин, унаслідок чого гілка ялівцю в пошкодженому місці потовщується (рис. 2). Через 1,5–2,5 роки з моменту зараження видів з роду *Juniperus* L., навесні (кінець березня–квітень) в місцях потовщення під корою з'являються телейтоспороношення гриба *Gymnosporangium* у вигляді коричнево-бурих виростів. За підвищеної вологості повітря та позитивних температур (не нижче + 5 °C) вирости

пом'якшуються, розбухають, стають драглисті, досягаючи розмірів 1–5 см (рис. 3, 4). У травні за підсихання виростів базидіоспори відокремлюються і повітряним потоком поширюються на плоді зерняткові дерева, уражуючи молоді листки та приріст.

Іржа зумовлена збудниками з роду *Gymnosporangium* має хронічний прояв із 1,5–2-річним циклом розвитку, де види з роду *Juniperus* L. є рослинами-живителями та екологічною нішею і постійним джерелом інфекції гриба, а плоді зерняткові рослини є проміжними господарями.



Рис. 3. Ураження ялівцю збудниками роду *Gymnosporangium* у вигляді потовщення гілок.



Рис. 4. Телейтоспороношення гриба *Gymnosporangium* у вигляді коричнево-бурих виростів на гілках ялівцю.

У результаті фітосанітарного моніторингу видів з роду *Juniperus* L. в садово-паркових об'єктах Київської області та колекційного фонду Ботанічного саду БНАУ встановлено, що патологічний комплекс збудників, які спричинюють розвиток іржі плодів зерняткових дерев різних видів, різняться за складом. Зокрема на *Juniperus communis* L. домінування мав гриб *G. tremelloides* Hartig. На *Juniperus foetidissima* виявлено три види збудника – *G. sabinae* Wint., *G. dobrozrakovae* Mitrof., *G. confusum* Plowr. На *J. excels* виявлено два види збудники *G. sabinae* Wint., *G. dobrozrakovae* Mitrof., на *J. oxycedrus*, *J. phoenicea* – по два збудника *G. sabinae* Wint., *G. confusum* Plowr., де значне домінування мав *G. sabinae*

Wint. На *J. sabina* виявлено поодинокі випадки наявності в патологічному комплексі збудника *G. sabinae* Wint., видах *J. foetidissima*, *J. macropoda* – *G. confusum* Plowr. Отже, 7 видів з роду *Juniperus* L. є потенційними рослинами-живителями та екологічними нішами для грибів з роду *Gymnosporangium* – збудників іржі плодів зерняткових дерев.

Висновок. У результаті фітопатологічного обстеження насаджень плодів садів різної форми власності виявлено, що з кожним роком іржа плодів зерняткових дерев набуває все більшого поширення та розвитку і досягає епіфітотії. Спермогоніальна та еціальна стадії збудника *Gymnosporangium tremelloides* Hartig відбувається на яблуні; *G. sabinae* G. Winter,

(1882) (син. *G. fuscum* DC. (1805)) – груші; *G. dobrozrakovae* Mitrof. – яблуні і груші; *G. confusum* Plowr. – айві та груші. Теліостадія збудника *G. tremelloides* Hartig відбувається на *Juniperus communis* L.; *G. sabinae* Wint. – на *Juniperus excelsa*, *J. foetidissima*, *J. oxycedrus*, *J. phoenicea*, *J. sabina*; *G. dobrozrakovae* Mitrof. – на *J. excelsa*, *J. foetidissima*; *G. confusum* Plowr. – на *J. foetidissima*, *J. macropoda*, *J. oxycedrus*, *J. phoenicea*.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Helfer S. Overview of the rust fungi (Uredinales) occurring on Rosaceae in Europe. *Nova Hedvigia*, 2005. Issue 81(3–4). P. 325–370.
- Karlsson K. The distribution of *Gymnosporangium fuscum* and its implication on pear cultivation in Sweden. Bachelor Project, Sweriges Lantbruksuniversitet, Alnarp, Sweden. URL: http://ex-epsition.Slu/se/2199/1/pear_rust.bachelor.pdf.
- Ivarsson K. Studies of environmental factors (temperature and relative humidity) effecting the development of pear rust (*Gymnosporangium sabinae*) and studies of control methods. Horticulture and Agricultural Science Department of Plant Protection Biology, Faculty of Landscape Planning, Sveriges lantbruksuniversitet. Alnarp, 2011. 30 p.
- Filipp M., Spornberger A., Schildberger B. Monitoring of pear rust (*Gymnosporangium sabinae*) in Austria and implications for possible control strategies. Proc. 15th International Conference on Organic Fruitgrowing, February 20–22, 2012. Fordergemeinschaft Oekologischer Obstbau. Hehenheim, 2012. P. 65–73.
- Europran pome fruit genetic resources evaluated for disease resistance / M. Kellerhals et al. *Trees*. 2012. Vol. 26. P. 179–189.
- Об инвазии *Gymnosporangium sabinae* (Dicks.) G. Winter и эпифитотии ржавчины груши в Беларуси. Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты: материалы III Международ. науч.-практ. конф. / Поликсенова В.Д. и др. Минск: БГУ, 2020. С. 54–56.
- Марков І.Л. Практикум із сільськогосподарської фітопатології. Київ: Урожай, 1998. 272 с.
- Определитель болезней сельскохозяйственных культур / Хохряков М.К. и др. Л.: Колос, 1984.
- Окрушко С.С., Вергелес П.М. Хвороби і шкідники лісових та садово-паркових культур: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2020. 275 с.
- Определитель высших растений Украины / отв. ред. Ю.Н. Прокудин. Киев: Наук. думка, 1987. 548 с.
- Собко В.Г. Визначник рослин Київської області. Київ: Фітосоціоцентр, 2009. 374 с.
- Mosyakin S.L. Preliminary List of Recent Additions to Alien Flora of the Ukraine, *Folia Geobot. et Phytotaxon*. 1991. Vol. 48. No. 4. P. 28–34.
- Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. Москва: Лесная промышленность, 1984. 152 с.

14. Федоров Н.И. Лесная фитопатология. Минск: БГТУ, 2004. 462 с.

15. Защита леса / Звягинцев В.Б. и др. Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2019. 164 с.

16. Методы изучения лесных сообществ / Е.Н. Андреева и др. Санкт-Петербург: НИИ Химии СПбГУ, 2002. 240 с.

17. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / В.П. Омелюта та ін. Київ: Урожай, 1986. 296 с.

18. Методы определения болезней и вредителей с.-х. растений / перевод с немецкого К.В. Попковой, В.А. Шмыгли. Москва, 1987. 304 с.

19. Index Fungorum. URL: <http://www.indexfungorum.org>.

REFERENCES

- Helfer, S. (2005). Overview of the rust fungi (Uredinales) occurring on Rosaceae in Europe. *Nova Hedvigia*. Issue 81 (3–4), pp. 325–370.
- Karlsson, K. The distribution of *Gymnosporangium fuscum* and its implication on pear cultivation in Sweden. Bachelor Project, Sweriges Lantbruksuniversitet, Alnarp, Sweden. Available at: http://ex-epsition.Slu/se/2199/1/pear_rust_bachelor.pdf.
- Ivarsson, K. (2011). Studies of environmental factors (temperature and relative humidity) effecting the development of pear rust (*Gymnosporangium sabinae*) and studies of control methods. Horticulture and Agricultural Science Department of Plant Protection Biology, Faculty of Landscape Planning, Sveriges lantbruksuniversitet. Alnarp, 30 p.
- Filipp, M., Spornberger, A., Schildberger, B. (2012). Monitoring of pear rust (*Gymnosporangium sabinae*) in Austria and implications for possible control strategies. Proc. 15th International Conference on Organic Fruitgrowing, February 20–22, Fordergemeinschaft Oekologischer Obstbau. Hehenheim, pp. 65–73.
- Kellerhals, M. (2012). Europran pome fruit genetic resources evaluated for disease resistance. *Trees*. Vol. 26, pp. 179–189.
- Poliksenova, V.D. (2020). Ob invazii *Gymnosporangium sabinae* (Dicks.) G. [About invasion of *Gymnosporangium sabinae* (Dicks.) G. Winter and epiphytomy of pear rust in Belarus]. Winter i jepifitotii rzhavchiny grushi v Belarusi. Aktual'nye problemy izuchenija i sohraneniya fito- i mikobioty: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Actual problems of studying and preserving phyto- and mycobiota: materials of the III Intern. scientific-practical. conf.]. Minsk, BGU, pp. 54–56.
- Markov, I L. (1998). Praktykum iz silskohospodarskoj fitopatologii [Workshop on agricultural phytopathology]. Kyiv, Harvest, 272 p.
- Hohryakov, M.K., Potlajchuk, V.I., Semenov, A.Ja., Zabakjan, M.A. (1984). Opredelitel' boleznej sel'skohozjajstvennyh kul'tur [Determinant of crop diseases]. Leningrad, Kolos.
- Okrushko, S.Ye., Verheles, P.M. (2020). Khvorbly i shkidnyky lisovykh ta sadovo-parkovykh kultur: navch. posib. [Diseases and pests of forest and garden crops]. Vinnytsia, VNAU, 275 p.

10. Prokudin, Ju.N. (1987). *Opredelitel' vysshih rastenij Ukrainy* [Determinant of higher plants of Ukraine]. Kiev, Scientific thought, 548 p.

11. Sobko, V.H. (2009). *Vyznachnyk roslyn Kyivskoi oblasti* [Identifier of plants of the Kyiv region]. Kyiv, Fitosotsiotsentr, 374 p.

12. Mosyakin, S.L. (1991). Preliminary List of Recent Additions to Alien Flora of the Ukraine, *Folia Geobot. et Phytotaxon.* Vol. 48, no. 4, pp. 28–34.

13. Mozolevskaja, E.G., Kataev, O.A., Sokolova, Je.S. (1984). *Metody lesopatologicheskogo obsledovanija ochagov stvolovyh vreditelej i boleznej lesa* [Methods of forest pathological examination of foci of stem pests and diseases of the forest]. Moscow, Forest industry, 152 p.

14. Fedorov, N.I. (2004). *Lesnaja fitopatologija* [Forest phytopathology]. Minsk, BGTU, 462 p.

15. Zvjagincev, V.B. (2019). *Zashhita lesa* [Forest protection]. Minsk, BGTU, 164 p.

16. Andreeva, E.N. (2002). *Metody izuchenija lesnyh soobshhestv* [Methods for studying forest communities]. St. Petersburg, Research Institute of Chemistry of St. Petersburg, 240 p.

17. Omeliuta, V.P. (1986). *Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur* [Registration of pests and diseases of agricultural crops]. Kyiv, Harvest, 296 p.

18. Popkova, K.V., Shmygl, V.A. (1987). *Metody opredelenija boleznej i vreditelej s.-h. rastenij* [Methods for determining diseases and pests of agricultural plants]. Moscow, 304 p.

19. Index Fungorum. Available at: <http://www.indexfungorum.org>.

Fruit trees rust: genus *Gymnosporangium* pathology spread and host plants of the pathogens

Marchenko A., Kravchuk A., Stupka V.

Phytopathological examination of orchards of various forms of ownership reveal that every year the rust of pip fruit trees has become widespread and reached its epiphytosis. In 2008, we detected symptoms of rust on pip fruit trees in the form of single yellow spots on pear leaves in orchards of different ages and forms of

ownership. The identification found that the fungus *Gymnosporangium sabinae* G. Winter, (1882) (syn. *G. fuscum* DC. (1805)) was the causative agent of pear rust. The prevalence of pathology was insignificant within 3-5%. Every year the percentage of the pathology spread and development had been increasing and in 2021 it amounted to 55-75% and 4-5 points, respectively. Symptoms of the lesion were observed on leaves, young shoots and fruits. Microscopic studies found several species of pathogens of the genus *Gymnosporangium*, namely *G. sabinae* G. Winter, *G. dobrozrakovae* Mitrof., *G. confusum* Plowr., dominated by *G. sabinae* G. Winter that in the pathological complex of the affected organs of the pear there are. In 2012, we detected symptoms of rust on apple tree leaves in the form of single yellow spots, with a prevalence of 3%. The identification established that the fungi *G. tremelloides* Hartig and *G. dobrozrakovae* Mitrof. were the causative agents of apple leaf rust are with *G. tremelloides* Hartig having a significant dominance. In 2021, the percentage of prevalence and development of this pathology ranged 25-30% and 2-3 points, respectively. In the collection fund of the Botanical Garden of BNAU the section of *Angiosperms* is represented by one genus *Cydonia* Mill and the species *C. oblonga* Mill. In 2018, we noted a few small spots on the leaves of quince caused by the pathogen *G. confusum* Plowr. The microscopic analysis of the affected organs of species of the genus *Juniperus* L. with the signs of rust reveal that the pathological complex involved four pathogens of the genus *Gymnosporangium*, which are the causative agents of pip fruit trees rust. Seven species of *Juniperus* L. are ecological niches for rust pathogens of pear, apple and quince, namely *Juniperus communis* L. - for *G. tremelloides* Hartig, *Juniperus excels* - for *G. sabinae* Wint., *G. dobrozrakovae* Mitrof., *J. foetidissima* - *G. sabinae* Wint., *G. dobrozrakovae* Mitrof., *G. confusum* Plowr., *J. oxycedrus* - for *G. sabinae* Wint., *G. confusum* Plowr., *J. phoenicea* - for *G. sabinae* Wint., *G. confusum* Plowr., *J. sabina* - *G. sabinae* Wint., *J. macropoda* - *G. confusum* Plowr.

Key words: pip fruit trees, rust, agent, *Gymnosporangium*, *Juniperus* L.



Copyright: Марченко А.Б., Кравчук А.Б., Ступка 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.



ORCID iD:

Марченко А.Б.


<https://orcid.org/0000-0002-1753-7782>

УДК 630*2:631.81:633.877

Вплив препарату Біоекофунге-С на ріст та розвиток посадкового матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.)

Романчук Л.Д. , Діденко П.В. 

Поліський національний університет

 E-mail: wood112@ukr.net



Романчук Л.Д., Діденко П.В. Вплив препарату Біоекофунге-С на ріст та розвиток посадкового матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). «Агробіологія», 2022. № 1. С. 198–204.

Romanchuk L., Didenko P. Effect of bioecofunge-s preparation on growth and development of pine planting material (*Pinus sylvestris* L.) «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 198–204.

Рукопис отримано: 30.05.2022 р.

Прийнято: 14.06.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-198-204

Протягом останнього десятиріччя спостерігається всихання соснових насаджень. Масове всихання відбувається у лісах зони помірного клімату. Сосна звичайна за останні роки піддалася значному ослабленню, в майбутньому це може призвести до зміни типу лісових насаджень Житомирського Полісся.

Дана стаття висвітлює питання вирощування сіянців сосни звичайної за обробки препаратом Біоекофунге-С. Проведено дослідження впливу біопрепарату на проростання та ріст сіянців сосни звичайної в умовах Житомирського Полісся.

Доведено, що у порівнянні з контролем енергія проростання насіння була значно вищою на ділянках, де застосовували препарат Біоекофунге-С, і становила 95 %.

Під час вирощування однорічних сіянців сосни звичайної в лісовому розсаднику Корбутівського лісництва, де насіння обробляли біопрепаратом, відмічено збільшення висоти сіянців у середньому на 34,2 %, а довжини коріння – на 34,9 %.

Під час росту та розвитку сіянців сосни звичайної проводилася обробка (кореневе підживлення) сіянців сосни звичайної.

Отримані результати показали позитивну динаміку за висотою в порівнянні з контролем, яке проводилося водою. Застосування препарату є перспективним для отримання високоякісного посадкового матеріалу. Заходи із застосування Біоекофунге-С забезпечують збереження та отримання якісного посадкового матеріалу та вихід сіянців.

Встановлено, що отримання високоякісного посадкового матеріалу є однією з найважливіших складових технологій вирощування деревних та чагарникових рослин на лісгосподарських підприємствах України. Але отримання стійкого до несприятливих факторів та якісного садивного матеріалу потребує вдосконалення наявних або розробку нових заходів та методик.

Доведено, що штучне відновлення лісів Житомирського Полісся залежить від вирощування якісного посадкового матеріалу.

Предметом дослідження є складові технології вирощування сосни звичайної, застосування препарату Біоекофунге-С на посівні якості насіння та біометричні показники сіянців сосни звичайної.

Метою нашої роботи було отримання якісного посадкового матеріалу сосни звичайної.

Для проведення дослідів обрали насіння сосни звичайної. Під час проведення досліджень використовували екологічні, таксаційні, статистичні методи дослідження, та метод діагональних ходів.

Ключові слова: лісові насадження, висота, технологія вирощування, садивний матеріал, насіння, приріст, Житомирське Полісся.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Отримання високоякісного посадкового матеріалу є однією з найважливіших складових технологій вирощування деревних та чагарникових рослин у лісгосподарських підприємствах України. Тому застосування біологічних препаратів, які здатні впливати та регулювати процеси життєдіяльності та мікрофлори ґрунтів, мобілізуючи при цьому потенційні можливості, що закладені природою, є дуже важливим заходом. Застосування біоорганічних композицій – реальний шлях до поліпшення лісів та отримання високоякісного посадкового матеріалу.

Багато вчених звертають увагу у своїх дослідженнях на штучне лісовідновлення [1–3]. Штучні насадження повинні бути біологічно стійкими, високопродуктивними, мають виконувати ґрунтозахисну та водорегулювальну роль, бути базою для бджільництва, заготівлі ягід, плодів, лікарської й технічної сировини, місцем відпочинку населення [4–5]. Головні акценти вони роблять на підвищення ефективності і якості лісових культур. Слід враховувати якість та продуктивність посадкового матеріалу сосни звичайної за заліснення території суцільних зрубів. Рекомендовано створювати лісові культури з оптимальним співвідношенням наземної та підземної фітомаси. Особливу увагу слід звернути на використання у лісовідновленні якісного посадкового матеріалу сосни звичайної [6–7].

Якість посадкового або посівного матеріалу та продуктивність його залежать від насіння, життєздатність якого необхідно зберігати та постійно підвищувати [8].

Важливе значення мають екологічні та високоефективні технології передпосівного обробітку насіння біопрепаратами, що спрямовуватимуться на формування стійкого та якісного посадкового матеріалу [9–10].

На даний час продовжується створення нових технологій у лісівництві, садово-парковому господарстві, сільському господарстві [11].

Такі зміни відображаються на біологічній активності живих організмів, які є основним життєздатним фактором ґрунту. Так, рослини своїми кореневими виділеннями через ризосферу збагачують ґрунт різними азотними та вуглеводними сполуками, мікроелементами, амінокислотами, вітамінами, ферментами та ростовими речовинами. Тому для посилення цих процесів та зменшення негативної дії хімічних препаратів потрібно застосовувати біокомпозиції [12–15].

Сучасний етап вдосконалення лісгосподарської галузі та захисту рослин базується на

застосуванні мікробіологічних та біологічних препаратів, що саме набувають поширення.

Саме завдяки біоорганічній композиції Біокофунге-С відбувається скорочення енергетичних, грошових і матеріальних витрат на застосування хімікатів на посадковому матеріалі сосни звичайної. Ця композиція біопрепарату стає одним з основних напрямів економічного, екологічного розвитку лісгосподарської галузі [16].

Варто відзначити, що якість посівного матеріалу та продуктивність його вирощування залежать від насіння, життєздатність якого необхідно підвищувати [17].

Отримання високоякісного посадкового матеріалу є однією з найважливіших складових технологій вирощування деревних та чагарникових рослин на лісгосподарських підприємствах України. Але отримання стійкого до несприятливих факторів та якісного посадкового матеріалу потребує вдосконалення наявних або розробку нових заходів [18].

Важливе значення мають екологічно безпечні та високоефективні технології передпосівного обробітку насіння біоорганічними композиціями, що спрямовуватимуться на формування стійкого та якісного посадкового матеріалу, а також на стабілізацію ростових процесів [19–21].

Метод вирощування охоплює такі чинники як: тепло, світло, родючість ґрунту та вологість. Інтенсивність створення посадкового матеріалу дає можливість значно впливати на взаємодію різних чинників, не зважаючи на їхнє походження [22].

Тому, важливу роль відіграє розроблення нових та ефективних методів обробітку насіння біопрепаратами зі спрямуванням до стабілізації процесів росту рослин і вирощування стійкого посадкового матеріалу [23–26].

Мета дослідження – вивчити вплив препарату Біокофунге-С на посівні якості насіння та біометричні показники сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), для отримання якісного посадкового матеріалу, який би мав високу приживлюваність та інтенсивний ріст в умовах Житомирського Полісся.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у 2018–2020 роках з використанням таксаційних, статистичних методів, використовували метод діагональних ходів та метод порівняльної екології, оцінювали реакції сосни на застосування різних технологічних прийомів за вирощування садивного матеріалу та культур порівняно з контролем. Облік даних проводили в період з 15 вересня по 15 жовтня [20].

Досліди з вирощування садивного матеріалу сосни звичайної закладали у теплицях розсадника ДП Зарічанський ЛП (м. Житомир, Корбутівське лісництво), на зв'язано-піщаному субстраті, який заготовляли з верхнього гумусованого горизонту ґрунту під хвойними насадженнями в умовах свіжого субору.

У дослідженнях використовували насіння сосни звичайної, зібране на клоновій насінній плантації у цих лісництвах. Насіння перед закладанням досліду намочували на 20 годин у воді (контроль) та біопрепаратом: Біокофунге-С, концентрацією 7 мл/л.

Препарат Біокофунге-С є не дуже поширеним за вирощування посадкового матеріалу в лісовому господарстві.

Біокофунге-С – це біоорганічна композиція, яка виготовлена на основі фосфатного буфера та грибів базидіоміцетів. Біоорганічна композиція покращує ріст та розвиток сіянців сосни звичайної, позитивно впливає на морфометричні показники та сприяє створенню у майбутньому висопродуктивних і стійких соснових насаджень [22].

Схема досліду за вирощування сосни звичайної стрічкова, 6-рядова схема посіву з попарно зближеними рядками.

Загальна площа посівів становила 20 тисяч м.п., облікова площа 400 м.п., дослід закладено в 6-ти кратному повторенні.

Норма висіву насіння сосни звичайної становила 3–5 грами на 1 м погонного рядка. Глибина загортання насіння у 2–3 рази перевищувала розмір насінин і становила 0,5–1,5 см.

Наприкінці вегетаційного періоду у кожному варіанті дослідів заміряли висоту надземної частини сіянців, діаметр кореневої шийки, довжину кореневої системи, а також показники маси, зокрема стовбурця, хвої, кореневої системи. У створених культурах наприкінці вегетаційного періоду визначали приживлюваність рослин, заміряли їхню середню висоту, приріст за висотою, діаметр кореневої шийки та розміри крон.

Обробку отриманих результатів проводили методами варіаційної статистики з використанням пакета комп'ютерних програм Microsoft Excel. Застосовували методи одно- та двофакторного дисперсійного аналізу.

Результати дослідження та обговорення. У результаті експериментальних досліджень було вирощено сіянці сосни звичайної, загальна кількість сіянців становила 500 тис. шт, в тому числі 120 тис. шт оброблених препаратом Біокофунге-С, проведено кореневе та позакореневе підживлення та оприскування сіянців сосни звичайної проти хвороб.

На підставі проведених досліджень встановлено ефективність передпосівного обробітку насіння біопрепаратом, що мало позитивний вплив на його схожість та характеристику біометричних показників сіянців.

На контролі схожість становила 75 %, а на варіанті де застосовували біоорганічну композицію – 95 %. Восени було проведено викопку та інвентаризацію із визначенням морфологічних показників.

Варто підкреслити, що біоорганічну композицію вносили під кореневу систему сіянців кожні 14 днів після появи сходів та у фазу активного росту. Це у свою чергу запобігає виникненню та розповсюдженню хвороб вилягання сіянців та шютте сосни звичайної.

Полив сходів сосни у фазах інтенсивного розгортання хвої та на початку росту осьового пагона ефективно вплинув на ріст і розвиток сходів. За застосування препарату Біокофунге-С висота сіянців порівняно з контролем була більшою на 31,2 %, діаметр стовбурців біля кореневої шийки збільшився на 14 %, маса коріння – на 19 %, а маса усього сіянцю – на 25 %.

Встановлено, що на варіанті із застосуванням препарату біоорганічної композиції Біокофунге-С морфологічні показники сіянців сосни звичайної показали позитивну динаміку стимуляції вегетативного росту, підвищилася схожість насіння, значно прискорилося формування біологічно стійких лісових культур сосни звичайної та їх приживлюваність у лісових екосистемах (табл. 1).

За результатами досліджень встановлено, що вплив препарату Біокофунге-С на ріст і розвиток сосни звичайної показав свою ефективність у середньому на 33 % порівняно з контролем. Аналіз біометричних показників показує, що висота сіянців відносно контролю більша на 31,2 %, довжина кореневої системи збільшилась на 34,9 % (рис. 1).

Доведено, що показники росту сіянців сосни звичайної на контролі дещо зменшилися порівняно з варіантом, на якому застосовували препарат Біокофунге-С. У результаті застосування біоорганічної композиції показники загальної довжини сіянців сосни звичайної збільшилися з урахуванням похибки на 11,63 см за. Це вказує на позитивний ефект застосування та використання в лісовому господарстві біоорганічної композиції.

Аналіз морфометричних показників вказує, що довжина наземної частини сіянців сосни звичайної на контролі найменша та становить 4,87 см, тоді як у оброблених сіянців – 16,8 см, що свідчить про позитивну динаміку використання та впровадження у майбутньому Біокофунге-С (табл. 2).

Таблиця 1 – Вплив біопрепарату Біокофунге-С на морфологічні показники сіяncів сосни звичайної в розсаднику Корбутівського лісництва ДП Зарічанський ЛГ (середнє за 2018–2020 рр.)

Довжина, см						Вага, г			
надземної частини		кореневої системи		загальна		надземної частини		кореневої системи	
Контроль (вода)	Біокофунге-С	Контроль (вода)	Біокофунге-С	Контроль (вода)	Біокофунге-С	Контроль (вода)	Біокофунге-С	Контроль (вода)	Біокофунге-С
8,7±0,2	12,0±0,1	14,1±0,1	20,2±0,2	22,8±0,21	32,2±0,3	1,97±0,04	2,17±0,06	0,94±0,02	1,37±0,05
9±0,21	12,1±0,2	12,3±0,21	22,03±0,22	21,3±0,4	34,13±0,42	2,08±0,04	2,17±0,04	1,09±0,03	1,2±0,06
7,2±0,15	15,1±0,15	13,6±0,25	22,13±0,27	20,8±0,35	37,23±0,26	1,98±0,04	2,37±0,02	1,08±0,02	1,09±0,04
9,2±0,12	13,2±0,06	10,2±0,15	19,93±0,38	19,4±0,1	33,13±0,23	1,72±0,02	1,91±0,01	1,01±0,01	1,07±0,03
10,2±0,35	14,5±0,26	15,4±0,15	20,2±0,26	25,6±0,44	34,7±0,50	1,82±0,02	2,45±0,03	1,04±0,03	1,1±0,02
9,6±0,26	10,5±0,26	14,23±0,12	18,2±0,1	23,8±0,35	28,7±0,26	1,08±0,02	1,85±0,03	1,43±0,02	1,51±0,03
11,2±0,4	12,47±0,49	13,5±0,5	20±0,15	24,7±0,26	32,47±0,64	1,29±0,03	2,01±0,01	1,05±0,02	1,07±0,03
9,7±0,1	13,8±0,4	15,1±0,06	20,43±0,09	24,8±0,06	34,23±0,49	1,55±0,01	2,07±0,06	0,9±0,03	1,27±0,03
8,4±0,15	15,5±0,06	13,2±0,15	22,13±0,12	21,6±0,23	37,53±0,15	1,57±0,03	2,3±0,15	1,19±0,03	1,4±0,03
7,7±0,15	16,17±0,15	15,6±0,21	23,9±0,15	23,3±0,2	40,1±0,21	1,79±0,04	2,2±0,1	0,99±0,03	1,25±0,04
9,09±0,37	13,52±0,57	13,72±1,53	20,81±0,51	22,81±0,63	34,44±1,02	1,68±0,1	2,15±0,06	1,07±0,05	1,23±0,05

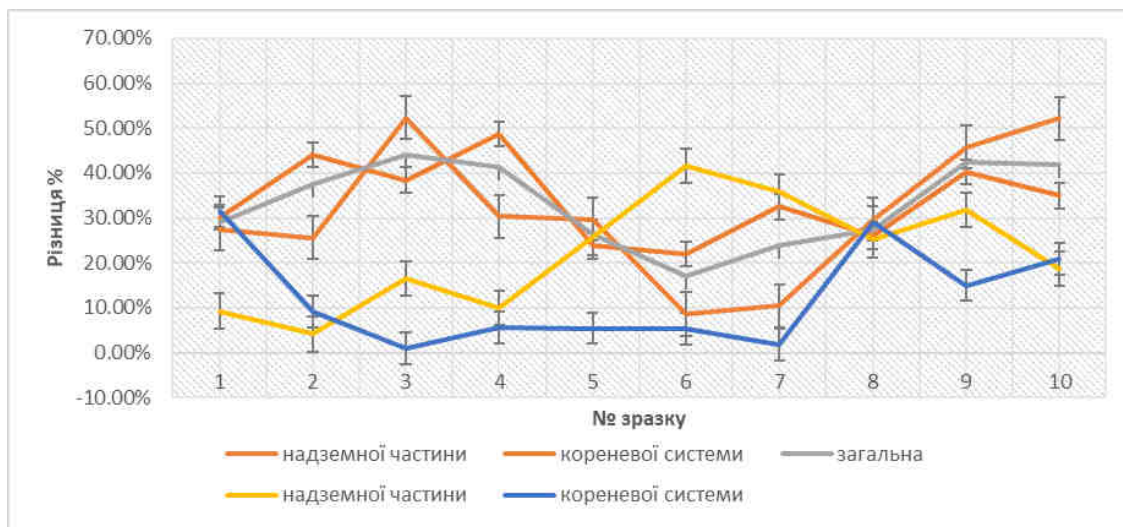


Рис 1. Вплив препарату «Біокофунге-С» на ріст і розвиток сіяncів сосни звичайної у 2018–2020 рр.

Таблиця 2 – Різниця морфологічних показників сіяncів сосни звичайної на контролі в розсаднику Корбутівського лісництва ДП Зарічанський ЛГ (середнє за 2018–2020 рр.)

Довжина, см			Вага, г	
надземної частини	кореневої системи	загальна	надземної частини	кореневої системи
3,3±0,06	6,1±0,17	9,4±0,21	0,20±0,09	0,43±0,05
3,1±0,15	9,73±0,24	12,83±0,38	0,09±0,03	0,11±0,07
7,9±0,15	8,53±0,46	16,43±0,61	0,39±0,05	0,01±0,05
4,0±0,1	9,73±0,27	13,73±0,33	0,19±0,02	0,06±0,03
4,3±0,57	4,8±0,15	9,1±0,7	0,63±0,02	0,06±0,04
0,9±0,46	3,97±0,22	4,87±0,55	0,77±0,05	0,08±0,04
1,27±0,88	6,5±0,1	7,77±0,91	0,72±0,02	0,02±0,05
4,1±0,32	5,33±0,15	9,43±0,46	0,52±0,07	0,37±0,03
7,0±0,15	8,93±0,19	15,93±0,22	0,73±0,18	0,21±0,03
8,5±0,15	8,33±0,32	16,8±0,32	0,41±0,07	0,26±0,07
4,43±0,82	7,2±0,67	11,63±1,3	0,47±0,08	0,16±0,05

Варто зазначити, що краще розвинута коренева система за створення лісових культур на зрубках покращує приживлюваність і стійкість майбутніх лісових насаджень сосни звичайної. Довжина кореневої системи на контролі (обприскування водою посадкового матеріалу) становить 3,97 см, тоді як у сіянців, які мали підживлення Біокофунге-С, становить 9,73 см.

Висновки. Доведено, що застосування у ліскокультурному виробництві біопрепарату Біокофунге-С для сіянців є перспективним в умовах Полісся України. Такій захід повинен стати одним з основних елементів інтенсивних технологій за вирощування посадкового матеріалу деревних рослин з метою підвищення їх стійкості до шкідливих організмів та патогенів.

Встановлено, що на варіанті із застосуванням препарату Біокофунге-С, морфологічні показники сіянців сосни звичайної показують позитивну динаміку стимуляції вегетативного росту, підвищують схожість насіння, значно прискорюють формування біологічно стійких лісових культур та його приживлюваності.

За результатами досліджень встановлено, що показники росту сіянців сосни звичайної на контролі дещо зменшилися порівняно з варіантом, на якому застосовували препарат Біокофунге-С. В результаті застосування біоорганічної композиції показники загальної довжини сіянців сосни звичайної збільшилися з урахуванням похибки на 11,63 см. Це вказує на позитивний ефект застосування та використання в лісовому господарстві біоорганічної композиції.

Під час вирощування однорічних сіянців сосни звичайної передпосівний обробіток насіння біопрепаратом «Біокофунге-С» позитивно вплинув на збільшення висоти сіянців у середньому на 31,2 %, довжини коріння на 34,9 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гузь М.М. Сучасний стан і перспективи інтенсифікації вирощування лісового садивного матеріалу. Науковий вісник НЛТУ України. 2008. Вип. 18. С. 84–92.
2. Boyko A. Phytoviruses as Indicators of Environment. Ecological Standardization and Equidosemetry for Radioecology and Environmental Ecology / (Eds.) F. Brechignac, G. Desmet Equidosemetry. Netherlands: Springer, 2005. P. 57–64. DOI: 10.1007/1-4020-3650-7_7
3. Ящук І.В., Шлончак Г.А. Досвід вирощування саджанців сосни звичайної за допомогою регуляторів росту рослин у Клавдіївському лісгоспі. Лісівництво і агролісомеліорація. 2019. Вип. 134. С. 43–46.
4. Гринченко В.В. Улучшение состояния и повышение продуктивности сосновых насаждений свежей субори Полесья Украины с сохранением и

вводом листовных пород: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Киев, 1972. 32 с.

5. Гордієнко М.І., Корецький Г.С., Маурер В.М. Лісові культури. Київ: Сільгоспосвіта, 1995. 328 с.
6. Гордієнко М.І., Ковалевський С.Б. Догляд за ґрунтом в культурах сосни звичайної. Київ, 1996. 264 с.
7. Свириденко В.С., Бабіч О.Г., Киричок Л.С. Лісівництво: підручник. Київ: Арістей, 2005. 544 с.
8. ДСТУ 8558:2015. Насіння дерев і кущів. Методи визначання посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності). [Чинний від 2017-01-01]. Київ, 2017. 87 с.
9. Культури сосни звичайної в Україні / Гордієнко М.І. та ін. Київ: ННЦ ІАЕ, 2002. 872 с.
10. Створення біопрепаратів на основі біохімічних компонентів різних видів базидіоміцетів та вищих рослин / О.А. Бойкота ін. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Біологія, біотехнологія, екологія. 2014. № 204. С. 120–127.
11. Бойко А.Л. Основи екології та біофізики вірусів. Київ: Фітосоціоцентр, 2003. 164 с.
12. Циліорик А.В., Шевченко С.В. Лісова фітопатологія. Київ: КВЦ, 2008. 464 с.
13. Бойко А.Л. Екологія вірусів рослин. Київ: Вища школа, 1990. 167 с.
14. Екологія та рослинництво: навч. посібник / П.В. Литвак та ін. Житомир: Полісся, 2001. 231 с.
15. Вплив змодельованої мікрогравітації на вірус тютюнової мозаїки / Н.П. Сус та ін. Екологія та ноосферологія. 2018. Вип. 29 (2). С. 138–141. DOI: 10.15421/031822
16. Базан Т.А., Олексійченко Н.О. Вплив біостимуляторів росту на посівні якості насіння сосни звичайної. Ліси, парки: технології сьогодення та майбутнє: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Київ: НУБіП України, 2013. С. 97–98.
17. Романчук Л.Д., Діденко П.В. Еколого-біологічні властивості збудника хвороби Шютте на сосні звичайній (*Pinus sylvestris* L.) в умовах лісів Полісся Житомирщини. Наукові горизонти. 2019. № 7(80). С. 3–7. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-3-7.
18. Середюк О.О. Вплив регуляторів росту і розвитку рослин на схожість насіння *Picea abies* [L.] Karst. Вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. 2011. № 171(1), ч. 3. С. 178–182.
19. Лакида П.І., Терентьев А.Ю., Василишин Р.Д. Штучні соснові деревостани Полісся України – прогноз росту та продуктивності: монографія. Київ: Майданченко І.С., 2012. 171 с.
20. Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості ліскокультурних об'єктів: Наказ Держ. комітету лісового господарства України від 03.12.2010 р. № 260. Київ, 2010.
21. Про ратифікацію Конвенції про охорону біологічного різноманіття: Закон України від 29 листопа. 1994 р. № 257/94-ВР. Відомості Верховної Ради України. 1994. № 49. С. 432–433.

22. Ріст і розвиток посадкового матеріалу сосни звичайної (*Pinus Sylvestris* L.) за впливу біоорганічних композицій з базидіоміцетів та наночастинок діоксиду церію / П.В. Діденко та ін. Сільськогосподарська мікробіологія. 2019. Вип. 30. С. 61–66. DOI: 10.35868/1997-3004.30.

23. Біологічні та агроекологічні основи підвищення продуктивності сільськогосподарських культур / А.Ф. Гойчук та ін. Біологічні науки і проблеми рослинництва: зб. наук. праць УДАУ. 2003. С. 5–14.

24. Індукування стійкості сіянців сосни звичайної до інфекційного вилягання дією екзогенної саліцилової кислоти / Ю.В. Карпець та ін. Вісн. Харків. нац. аграр. ун-ту. Біологія. 2014. Вип. 2(32). С. 63–69.

25. Підвищення регуляторами росту імунітету рослин до патогенних грибів, шкідників і нематод / В.А. Циганкова та ін. Физиология и биохимия культурных растений. 2013. Т. 45, № 2. С. 138–147.

26. Михальська О.М., Бельдій Н.М., Дем'янюк О.С. Агроекологічна оцінка застосування регуляторів росту рослин для вирощування овочевих культур. Агроекологічний журнал. 2013. № 2. С. 71–75.

REFERENCES

1. Huz, M.M. (2008). Suchasnyi stan i perspektyvy intensyfikatsii vyroshchuvannya lisovoho sadyvnoho materialu [The current state and prospects of intensification of the cultivation of forest planting material]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy* [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine], no. 18, pp. 84–92.

2. Boyko, A. (2005). *Phytoviruses as Indicators of Environment. Ecological Standardization and Equi-dosimetry for Radioecology and Environmental Ecology* / (Eds.) Brechignac, F., Desmet Equi-dosimetry, G. Netherlands. Springer, pp. 57–64. DOI: 10.1007/1-4020-3650-7

3. Iashchuk, I.V., Shlonchak, H.A. (2019). Dosvid vyroshchuvannya sadzhantsiv sosny zvychnoi za dopomohoi rehulatoriv rostu roslyn u Klavdiivskomu lishospi [The experience of growing Scots pine seedlings with the help of plant growth regulators in the Klavdiiv forest farm]. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliorsia* [Forestry and agroforestry improvement], no. 134, pp. 43–46.

4. Grinchenko, V.V. (1972). *Uluchshenie sostoyaniya i povishenie produktivnosti sosnovih nasazhdenii svezhei subori Polesya Ukraini s sohraneniem i vvodom listvennih porod: aft. diss. ... kand. s.-h. nauk* [Improving the condition and increasing the productivity of pine plantations of fresh subori Polesye of Ukraine with the preservation and introduction of hardwoods: aft. diss. cand. agricultural Sciences.] Kiev, 32 p.

5. Hordiienko, M.I., Koretskyi, H.S., Maurer, V.M. (1995). *Lisovi kultury* [Forest crops]. Kyiv, Silhosposvita, 328 p.

6. Hordiienko, M.I., Kovalevskiy, S.B. (1996). *Dohliad za hruntom v kulturakh sosny zvychnoi* [Soil care in Scots pine crops]. Kyiv, 264 p.

7. Svyrydenko, V.Ye., Babich, O.H., Kyrychok, L.S. (2005). *Lisivnytstvo* [Forestry]. Kyiv, Aristei, 544 p.

8. DSTU 8558:2015. *Nasinnia derev i kushchiv. Metody vyznachannya posivnykh yakosti (skhozhosti, zhyttiezdatnosti, dobroiakisnosti)* [DSTU 8558: 2015.

Seeds of trees and bushes. Methods of determining seed qualities (similarity, viability, benignity)]. Kyiv, 2017, 87 p.

9. Hordiienko, M.I., Shlapak, V.P., Boichuk, A.F., Rybak, V.O., Maurer, V.M., Hordiienko, N.M., Kovalevskiy, S.B. (2002). *Kultury sosny zvychnoi v Ukraini* [Scots pine cultures in Ukraine]. Kyiv, NNTs IAE, 872 p.

10. Boiko, O.A., Veselskyi, S.P., Hryhoriuk, I.P., Melnychuk, M.D. (2014). *Stvorennia biopreparativ na osnovi biokhimichnykh komponentiv riznykh vydiv bazydiomitsetiv ta vyshchykh roslyn* [Creation of biological preparations based on biochemical components of various types of basidiomycetes and higher plants]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Ser.: Biologhiia, biotekhnolohiia, ekolohiia* [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Ser.: Biology, biotechnology, ecology], no. 204, pp. 120–127.

11. Boiko, A.L. (2003). *Osnovy ekolohii ta biofizyky virusiv* [Basics of ecology and biophysics of viruses]. Kyiv, Fitosotsiotsentr, 164 p.

12. Tsyliuryk, A.V., Shevchenko, S.V. (2008). *Lisova fitopatolohiia* [Forest phytopathology]. Kyiv, KVITS, 464 p.

13. Bojko, A.L. (1990). *Jekologiya virusov rastenij* [Ecology of plant viruses]. Kyiv, High school, 167 p.

14. Lytvak, P.V., Malynovskiy, A.S., Rybak, M.F., Derecha, O.A. (2001). *Ekolohiia ta roslynnytstvo* [Ecology and plant cultivation]. Zhytomyr, Polissia, 231 p.

15. Sus N.P., Orlovskiy A.V., Boiko O.L., Tsvihun V.O., Boiko A.L. (2018). *Vplyv zmodelovanoi mikrohravitatsii na virus tiutiunovoi mozaiky* [Effect of simulated microgravity on tobacco mosaic virus]. *Ekolohiia ta noosferolohiia* [Ecology and Noospherology], no. 29(2), pp. 138–141.

16. Bazan, T.A., Oleksiichenko, N.O. (2013). *Vplyv biostymulatoriv rostu na posivni yakosti nasinnia sosny zvychnoi* [The influence of growth biostimulators on the sowing quality of Scots pine seeds]. *Lisy, parky: tekhnolohii sohodennia ta maibutnie : materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf.* [Forests, parks: technologies of the present and the future : materials of the international science and practice conf.]. Kyiv, NUBiP Ukrainy, pp. 97–98.

17. Romanchuk, L.D., Didenko, P.V. (2019). *Ekoloho-biolohichni vlastyosti zbudnyka khvoroby Shiutte na sosni zvychni (Pinus sylvestris L.) v umovakh lisiv Polissia Zhytomyrshchyny* [Ecological and biological properties of the causative agent of Schütte's disease on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the conditions of the Polissia forests of Zhytomyr Oblast]. *Naukovi horyzonty* [Scientific horizons], no. 7(80), pp. 3–7. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-3-7.

18. Serediuk, O.O. (2011). *Vplyv rehulatoriv rostu i rozvytku roslyn na skhozhist nasinnia Picea abies [L.] Karst.* [The effect of plant growth and development regulators on *Picea abies* [L.] Karst seed germination]. *Visnyk Nats. un-tu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy* [Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine], no. 171(3), pp. 178–182.

19. Lakyda, P.I., Terentiev, A.Yu., Vasylyshyn, R.D. (2012). *Shtuchni osnovni derevostany Polissia*

Ukrainy – prognos rostu ta produktyvnosti [Artificial pine groves of Polissia of Ukraine – forecast of growth and productivity]. Kyiv, Maidanchenko I.S., 171 p.

20. Instruktsiia z proektuvannia, tekhnichnoho pryimannia, obliku ta otsinky yakosti lisokulturnykh ob'ektiv: Nakaz Derzh. komitetu lisovoho hospodarstva Ukrainy vid 03.12.2010 r. № 260 [Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects : Order of the State. of the Forestry Committee of Ukraine dated 03.12.2010 No. 260]. Kyiv.

21. Pro ratyfikatsiiu Konventsii pro okhoronu biolohichnoho riznomanittia: Zakon Ukrainy vid 29 lystop. 1994 r. № 257/94-VR [On the ratification of the Convention on the Protection of Biological Diversity: Law of Ukraine of November 29 1994 No. 257/94-VR]. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine], 1994, no. 49, pp. 432–433.

22. Didenko, P.V., Romanchuk, L.D., Boiko, O.A., Sus, N.P., Demchenko, O.A., Orlovskiy, A.V., Boiko, A.L. (2019). Rist i rozvytok posadkovoho materialu sosny zvychainoi (*Pinus Sylvestris* L.) za vplyvu bioorhanichnykh kompozytsii z bazydiomitsetiv ta nanochastynok dioksydu tseriiu [Growth and development of Scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) planting material under the influence of bioorganic compositions from basidiomycetes and cerium dioxide nanoparticles]. Silskohospodarska mikrobiolohiia [Agricultural microbiology], no. 30, pp. 61–66. DOI: 10.35868/1997-3004.30.61-66

23. Hoichuk, A.F., Kopytko, P.H., Hrytsaienko, Z.M., Trifonova, M.F., Hospodarenko, H.M. (2003). Biolohichni ta ahroekolohichni osnovy pidvyshchennia produktyvnosti silskohospodarskykh kultur [Biological and agroecological bases of increasing the productivity of agricultural crops]. Biolohichni nauky i problemy roslynnytstva [Biological sciences and problems of crop production], pp. 5–14.

24. Karpets, Yu.V., Vainer, A.O., Oboznyi, O.I., Yastreba, T.O. (2014). Indukuvannia stiikosti siantsiv sosny zvychainoi do infektsiinoho vyliahannia diieiu ekzohennoi salitsylovoi kysloty [Induction of the resistance of Scots pine seedlings to infectious lodging by the action of exogenous salicylic acid]. Visn. Kharkiv. nats. ahrar. un-tu. Ser. Biolohiia [Visn. Kharkiv. national agrarian university Ser. Biology], no. 2(32), pp. 63–69.

25. Tsyhankova, V.A., Andrusyevych, Ya.V., Babaiants, O.V., Ponomarenko, S.P., Medkov, A.I., Hal-kin, A.P. (2013). Pidvyshchennia rehuliatoramy rostu imunitetu roslyn do patohennykh hrybiv, shkidnykiv i nematod [Growth regulators increase the immunity of plants to pathogenic fungi, pests and nematodes]. Fyziolohiia y byokhymia kulturnykh rastenyi [Physiology and biochemistry of cultivated plants], no. 45(2), pp. 138–147.

26. Mykhalska, O.M., Beldii, N.M., Demianiuk, O.S. (2013). Ahroekolohichna otsinka zastosuvannia rehuliatoriv rostu roslyn dlia vyroshchuvannia ovochevykh kultur [Agroecological assessment of the use of plant growth regulators for growing vegetable crops]. Ahroekolohichnyi zhurnal [Agroecological journal], no. 2, pp. 71–75.

Bioecofunge-C preparation impact on growth and development of pine planting material (*Pinus sylvestris* L.)

Romanchuk L., Didenko P.

Pine plantations drying has been observed during the last decade. Mass drying occurs in the temperate climate zone forests. Scots pine has been significantly weakened in recent years, which may further result in a change in the type of forests in Zhytomyr Polissia.

This article covers the issue of growing Scots pine seedlings treated with Bioecofunge-C. A study of the biological preparation effect on the germination and growth of Scots pine seedlings in the conditions of Zhytomyr Polissia was conducted.

It was proved that the germination energy of Scots pine seeds was significantly higher in the areas where Bioecofunge-C was applied compared to the control and amounted to 95 %.

An average increase in the height of the seedlings by 34.2 % and root length by 34.9 % was noted during the cultivation of one-year-old Scots pine seedlings in the forest nursery of the Korbutiv Forestry, where the seeds were treated with the prepareate.

Scots pine seedlings were treated (root dosing) during the growth and development of Scots pine seedlings.

The obtained results showed positive dynamics in terms of height in comparison with the control treated with water. The prepareate use is promising for obtaining high-quality planting material since the treatment with Bioecofunge-C ensure the preservation, obtaining high-quality planting material and the yield of seedlings.

It has been established that obtaining high-quality planting material is one of the most important components of the technologies for growing tree and shrub plants at forestry enterprises of Ukraine. However, obtaining and high-quality planting material resistant to adverse factors requires improvement of existing or development of new measures and methods.

It has been proven that the artificial restoration of the Zhytomyr Polissia forests depends on the cultivation of high-quality planting material.

Key words: forest plantations, height, growth technology, planting material, seeds, growth, Zhytomyr Polissia.



Copyright: Романчук Л.Д., Діденко П.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.

ORCID iD:
Романчук Л.Д.
Діденко П.В.

<https://orcid.org/0000-0003-4790-8414>
<https://orcid.org/0000-0002-3405-7545>



Наукове видання

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 1 (171) 2022

*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. 23,8. Тираж 300. Зам. 70211.

Підписано до друку 24.06.2022 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.