

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 2 (183) 2023

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

А 26

Агробіологія = Agrobiology: збірник наукових праць. № 2 (183) 2023. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2023. 240 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 № 11 від 23.11.2023 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

Біліченко А.М., канд. пед. наук, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

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

Вахний 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

Копій Л.І., д-р с.-г. наук, проф., Національний лісотехнічний університет України, Львів, 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

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

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

Осадчук Л.С., д-р с.-г. наук, проф., Національний лісотехнічний університет України, Львів, 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

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

Bilichenko A., Candidate of pedagogical Science, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

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

Grabovskyi 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

Kopiy L., Dr of Agriculture Scs, Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

Khakhula 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

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

Maliuha V., Dr of Agriculture Scs, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

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

Osadchuk L., Dr of Agriculture Scs, Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, 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

Yukhnovskyi 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

Благополучна А.Г., Ляховська Н.О., Задорожна О.М. Збереженість якісних показників ягід суниці садової за обробки хітозаном.....	6
Ганженко О.М., Злиденний І.І. Вплив обробки насіння <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench. біологічними препаратами на його посівні якості.....	13
Дегодюк С.Е., Мулярчук А.О. Урожайність та енергетична ефективність в агроценозі пшениці озимої за різних систем удобрення в умовах північної частини Лісостепу.....	21
Дрига В.В., Доронін В.А., Гончарук Г.С. Спосіб збирання насіння проса прутноподібного (<i>Panicum virgatum</i> L.).....	28
Журавель С.В., Поліщук В.О. Особливості впливу систем удобрення та позакореневого підживлення на ріст і розвиток рослин картоплі.....	34
Лященко С.А., Рожнятовський А.О., Марценюк Я.Ю., Купріянов С.І. Вплив препаратів системи Квантум на біометричні показники рослин картоплі.....	42
Мостипан О.В., Грабовський М.Б. Вплив фунгіцидного захисту на формування фотосинтетичних показників посівів сої.....	50
Федорченко М.М., Карпук Л.М. Ефективність допоміжних продуктів за органічного виробництва проса.....	60
Димань Н.О., Карпук Л.М. Використання ДНК-маркерів у дослідженнях малини (<i>Rubus</i> L.): огляд.....	67
Лозінський М.В., Самойлик М.О. Особливості успадкування кількості зерен головного колоса пшениці м'якої озимої за гібридизації лісостепового, степового і західноєвропейського еко-типів.....	78
Писаренко Н.В., Сидорчук В.І., Захарчук Н.А., Фурдига М.М. Вивчення гібридного потомства картоплі за проявом кількісних і якісних ознак.....	88
Примах І.Д., Єзерковська Л.В., Войтовик М.В., Караульна В.М., Панченко О.Б., Качан Л.М., Ображій С.В. Вплив систем удобрення на масу рослинних решток агрофітоценозів короткоротаційної сівозміни, баланс ґрунтового гумусу і екологізацію рільництва.....	100
Сус Н.П., Янсе Л.А., Орловський А.В. Поширення та коло хазяїв цикадки цитрусової (<i>Metcalfa pruinosa</i> (Say, 1830)) у м. Київ.....	112
Курка С.С., Іщук Г.П. Сучасний стан полезахисних лісових насаджень за участю софори японської (<i>Sophora japonica</i> L.) у південних регіонах України.....	121
Петракова О.О., Карпук Л.М. Вплив строків сівби на формування біометричних параметрів холодостійких рослин насінників буряків цукрових за <i>direct method</i> (безвисадкового методу).....	130
Глеваський В.І., Сидорова І.М., Куянов В.В. Облік фізичних якостей коренеплодів під час приймання і зберігання буряків цукрових.....	137
Задубинна Є.В., Тарасенко О.А., Бебех Ю.М., Єзерковська Л.В. Продуктивність пшениці озимої за різних систем обробітку чорнозему типового та за кліматичних змін в умовах Лісостепу Лівобережного.....	146
Карпенко В.В. Продуктивність посівів і якість зерна тритикале озимого за використання біологічних препаратів.....	155
Кічігіна О.О., Дем'янюк О.С., Гаврилюк Л.В., Куценко Н.І. Встановлення оптимальних параметрів визначення схожості насіння астрагалу серпоплідного (<i>Astragalus falcatus</i> Lam.).....	163
Мацкевич В.В., Філіпова Л.М., Мацкевич Ю.В. Розробка окремих елементів протоколу сталого росту та розмноження суниці садової (<i>Fragaria ananassa</i> Duch.) в асептичних умовах.....	172
Миколайко І.І., Карпук Л.М. Особливості формування генофонду гірчиці в Україні.....	187
Рожков А.О., Кириченко М.О. Урожайність і якість насіння гірчиці сизої за впливу передпосівного внесення добрив і позакореневих підживлень в умовах Північно-східного Степу України... ..	195
Шубенко Л.А., Леус В.В., Заболотний О.І., Котинін Ю.М. Фенологічні аспекти розвитку сортів черешні в умовах Правобережного Лісостепу України.....	205
Роговський С.В., Іщук Л.П., Жихарєва К.В., Хрик В.М. Аналіз проєктних пропозицій щодо реконструкції парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Томилівський».....	214
Скиба В.В., Волкова О.М., Беляєв В.В., Пришляк С.П. Оцінка дози радіаційного опромінення повітряно-водяних рослин у різнотипних водоймах Полісся.....	230

CONTENT

Blahopoluchna A., Liakhovska N., Zadorozhna O. Preservation of quality indicators of wild strawberries during treatment with chitosan.....	6
Hanzhenko O., Zlydenyi I. Influence of <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench. seeds treatment with biological preparations on its sowing qualities	13
Degodyuk S., Muliarchuk A. Yield and energy efficiency in winter wheat agrocenosis under different fertilization systems in the conditions of the northern part of the Forest-Steppe.....	21
Dryga V., Doronin V., Honcharuk H. Method of millet seeds harvesting (<i>Panicum virgatum</i> L.).....	28
Zhuravel S., Polischuk V. Peculiarities of the influence of fertilizer and foliar feeding systems on the growth and development of potato plants.....	34
Liashchenko S., Rozhniatovskiy A., Martseniuk Ya., Kupriianov S. Effect of «Quantum» system preparations on biometric parameters of potato plants.....	42
Mostypan O., Grabovskiy M. The influence of fungicidal protection on the formation of photosynthetic parameters of soybean crops.....	50
Fedorchenko M., Karpuk L. Efficiency of auxiliary products in organic millet production.....	60
Dyman N., Karpuk L. The use of DNA markers in raspberry (<i>Rubus</i> L.) research: a review.....	67
Lozinskyi M., Samoilyk M. Features of inheritance of grains number of the main ear of soft winter wheat during hybridization of forest-steppe, steppe and western European ecotypes.....	78
Pysarenko N., Sydorchuk V., Zakharchuk N., Furdyha M. Study of hybrid potato offspring based on the manifestation of quantitative and qualitative traits.....	88
Prymak I., Yezerkovska L., Voitovyk M., Karaulna V., Panchenko O., Kachan L., Obrazhyi S. The influence of fertilizer systems on plant residues mass of agrophytocenoses of short-term crop rotation, the balance of soil humus and ecologization of agriculture.....	100
Sus N., Janse L., Orlovskiy A. Distribution and host range of the citrus flatid planthopper (<i>Metcalfa pruinosa</i> (Say, 1830)) in Kyiv.....	112
Kurka S., Ishchuk G. Current state of protective forest plantations with <i>Sophora japonica</i> (<i>Sophora japonica</i> L.) in the southern regions of Ukraine	121
Petrakova O., Karpuk L. Influence of sowing dates on the biometric parameters formation of cold-resistant plants of sugar beet seeds using the <i>direct method</i> (no-planting method).....	130
Hlevaskiy V., Sydorova I., Kuyanov V. Accounting of physical qualities of root crops during sugar beet reception and storage.....	137
Zadubynna E., Tarasenko O., Bebekh Yu., Yezerkovska L. Winter wheat productivity under different systems of typical black soil cultivation and under climatic changes in the conditions of the Left-Bank Forest Steppe.....	146
Karpenko V. Sowing productivity and grain quality of winter triticale with the use of biological preparations	155
Kichigina O., Demyanyuk O., Havryliuk L., Kutsenko N. Establishing the optimal parameters of determining the sicklepod seed germination (<i>Astragalus falcatus</i> Lam.).....	163
Matskevych V., Filipova L., Matskevych Yu. Development of individual elements of a protocol for sustainable growth and propagation of garden strawberries (<i>Fragaria ananassa</i> Duch.) under aseptic conditions.....	172
Mykolaiko I., Karpuk L. Peculiarities of mustard genofond formation in Ukraine.....	187
Rozhkov A., Kyrchenko M. Crop productivity and quality of brown mustard seeds under the influence of pre-sowing fertilization and foliar feeding in the conditions of the North-Eastern Steppe of Ukraine.....	195
Shubenko L., Leus V., Zabolotnyi O., Kotynin Yu. Phenological aspects of the development of sweet cherry varieties in the environmental conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	205
Rogovskyi S., Ishchuk L., Zhykhareva K., Khryk V. Analysis of the project proposals for the reconstruction of the Tomilivskiy park, a memorial of landscape gardening art of local significance.....	214
Skyba V., Volkova O., Belyaev V., Pryshlyak S. Assessment of the radiation exposure dose in air-water plants of various water body types in Polissia.....	230

УДК 664.8.037.1

Збереженість якісних показників ягід суниці садової за обробки хітозаном

Благополучна А.Г.¹ , Ляховська Н.О.², Задорожна О.М.¹¹ Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини² Уманський національний університет садівництва Благополучна А.Г. E-mail: a.h.blahopoluchna@udpu.edu.ua

Благополучна А.Г., Ляховська Н.О., Задорожна О.М. Збереженість якісних показників ягід суниці садової за обробки хітозаном. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 6–12.

Blahopoluchna A., Liakhovska N., Zadorozhna O. Preservation of quality indicators of wild strawberries during treatment with chitosan. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 6–12.

Рукопис отримано: 11.09.2023 р.

Прийнято: 26.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-6-12

Зменшення харчових відходів, а також неінвазивні методи продовження терміну зберігання швидкопсувних фруктів є важливими глобальними викликами для науковців та підприємців. З виходом українських виробників на закордонні ринки актуальність теми якісного зберігання плодоовочевої продукції набуває особливого значення. Чим більша врожайність та кількість ягідних культур, що вирощують наші аграрії, тим більше викликів щодо обробки, зберігання та логістики отриманих врожаїв. На практиці забезпечити оптимальні умови для збереження якості, свіжості, смаку, аромату і товарного вигляду ускладнюється в силу делікатності продукції. Суниця садова (*Fragaria ananassa*) – високопоживна та економічно важлива ягідна культура, що має короткий термін зберігання. Це сезонна ягода, яка представлена на ринку лише декілька місяців. У період масового збору урожаю суниця є лідером за кількістю втрат серед всіх ягідних культур, які зумовлені її фізіологічними особливостями. У роботі запропоновано використання хітозану для продовження терміну зберігання ягід суниці. Досліджено вплив попередньої обробки розчинами хітозану різних концентрацій. Для оцінки впливу попередньої обробки на якісні показники ягід суниці дослідження проводили на кожну третю добу зберігання, визначаючи втрату маси; м.ч. СРР; м.ч. органічних кислот; м.ч. цукрів. Ягоди суниці обробляли розчинами хітозану трьох концентрацій (0,1; 0,2; 0,3 %) за повного занурення на 1 хв. Оброблені ягоди залишали до повного висихання. Сухі оброблені ягоди та контроль зважували й поміщали у перфоровані пластикові (PET) контейнери місткістю 500 г та зберігали у холодильній камері за температури 0+2 °С. За контроль вважали ягоди без обробки.

Ягоди суниці сорту Дукач в середньому накопичили у своєму складі 10,4 % сухих розчинних речовин та 1,1 % органічних кислот. Виявлено, що післязбиральна обробка ягід суниці розчином хітозану забезпечувала найвищу їх збереженість, порівняно з контролем, що доводить ефективність її застосування. Попередня обробка ягід суниці розчином хітозану сповільнила втрати сухих розчинних речовин на 0,2–0,9 %, а органічних кислот на 0,04–0,12 % від контролю.

Ключові слова: суниця садова, хітозан, зберігання, попередня обробка, якісні показники, ягоди.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Переважну більшість ягід суниці садової (*Fragaria x ananassa* Duch., сімейство *Rosaceae*), споживають завдяки її солодкому, унікальному смаку, чудовому аромату та соковитій текстурі. Крім того, ягоди застосовують у процесах виробництва соків, ароматизованих йогуртів, джемів і морозива. *Fragaria ananassa*

займає перше місце в групі ягідних культур. Залежно від місця вирощування, погодних умов року, культури обробітку ґрунту та догляду за рослинами в ягодах міститься 50–120 мг/100 г вітаміну С, 350–750 мг/100 г Р-активних речовин, незначна кількість вітаміну В₆, В₂, Е, РР, К. Пектин 0,8–1,1 %, кислотність 0,56–1,37 % (переважно лимонна кислота). У свіжих плодах

у середньому міститься 126 мг калію, 85 – фосфору, 41 – кальцію, 28 – натрію, 22 – магнію, 13 – заліза, 8 мг йоду, а також 5,48–9,23 % цукрів (3,67–5,5 % глюкози, 0,57–2,1 % сахарози і 0,22–1,52 % фруктози) [1–3].

Суниця садова визнана важливим джерелом біоактивних інгредієнтів, таких як вітаміни, мінерали, каротиноїди та антоціани, які відповідають за її привабливий зовнішній вигляд, приємний аромат і високу поживну цінність. На жаль, під час зберігання та транспортування ягоди легко піддаються механічним пошкодженням, зниженню вологості, мікробіологічному псуванню та фізіологічному погіршенню загального стану через ніжну зовнішню структуру та високу швидкість метаболізму [4–6]. З цієї причини суниця садова характеризується коротким терміном зберігання.

Втрата значної кількості вирощеної суниці – головна проблема виробників. У несприятливі роки відсоток виходу товарної продукції після зберігання становив 50 %, що спричинює катастрофічні фінансові збитки. Щоб уникнути повторення такої ситуації доцільно вивчати нові технології зберігання і застосовувати різноманітні речовини для попередньої обробки сільськогосподарської продукції. Незважаючи на ефективність, такі препарати з часом почали вносити до списку заборонених через їх негативний вплив на організм людини. Деякі речовини, такі як бромистий метил взагалі припинили виготовляти, адже цей газ нещадно руйнує озоновий шар. Наразі тенденція змінилась і все більшого попиту набуває обробка речовинами органічного походження, які мають плівкоутворювальні властивості або використання газів та їх комбінацій.

Загальну якість ягід суниці прийнято оцінювати за органолептичними показниками (смак, аромат, колір, консистенція) та фізико-хімічними (рівень pH, титрована кислотність, вміст цукрів та ін.). Характерний смак суниці здебільшого залежить від балансу цукрів, кислот та ароматичних летких речовин [7–9]. Під час зберігання у ягодах відбуваються фізіологічні процеси, які поступово змінюють природні властивості суниці, погіршуючи їх товарну якість.

Основою будь-якої технології зберігання є відповідна якість продукції. Згідно з нормативними вимогами ягоди мають бути без механічних пошкоджень, не уражені хворобами й шкідниками, не перестиглі та без сторонніх запахів. Ягоди із пошкодженнями до зберігання не придатні. В Україні чинні два національних стандарти: ДСТУ 7653:2014 Суниця свіжа та ДСТУ ЕЭК ООН FFV-35:2007 Суниця;

настанови щодо постачання і контролювання якості, які встановлюють та регулюють вимоги з якості ягід на ринку країни.

Хітозан – амінополісахарид, являє собою біополімер, що має антибактеріальні властивості та широко застосовується у харчовій промисловості для захисту від хвороб, які розвиваються після збирання і під час зберігання плодової продукції. Хітозан виготовляють хімічним методом з панцерів ракоподібних за допомогою деацетилювання хітину. Складається він переважно із глюкозаміна або 2-аміно-2-дезоксид-Д-глюкози, пов'язаної разом β (1–4) глікозидними зв'язками. Панцири ракоподібних промивають у воді, обробляють 5–10 % соляною кислотою за кімнатної температури і перемішують протягом декількох годин. Демінералізовану масу промивають у воді, обробляють 5–8 % розчином натрієвого лугу під час нагрівання. Отриманий хітин промивають у воді, висушують і подрібнюють. У висушеному вигляді він являє собою сухі волокна; пластівці; порошок від білого до світло-рожевого або кремового кольору. Вміст в ньому вологості має бути не більше 10 %, а вміст золи не більше 2 %, pH 6,5–7,8. Розчини хітозану здатні утворювати на поверхні плодів і ягід прозорі плівки, які легко змиваються водою, є нетоксичними та не канцерогенні. Хітозанові плівки були затверджені USFDA як речовина GRAS і їх застосування є безпечним для споживача та навколишнього середовища [10–14].

У джерелах літератури можливо знайти інформацію автори якої стверджують, що розчини хітозану або в комбінації з хітозаном справляють позитивний ефект на фізико-хімічні показники ягід суниці під час зберігання. Науковці довели, що наночастинки хітозану в поєднанні з прополісом були ефективними для збереження антиоксидантної здатності, щільності тканин, розчинних сухих речовин, фенолів та флавоноїдів. Ягоди покриті 1 та 2 % розчином хітозану затримували розпад поліфенолів, антоціану та флавоноїдів. Крім того, хітозанові плівки посилювали активність деяких ферментів, запобігаючи розм'якшенню тканин суниці та зменшенню пошкодження мембран. У 2019 році вчені довели ефективність обробки ягід хітозаном, розчиненим в оцтовій кислоті й дослідили, що такі покриття здатні сповільнювати обмін речовин та затримувати втрату маси, CPP, цукрів та аскорбінової кислоти [15–20].

Для оцінки впливу попередньої обробки ягід розчином хітозану були проведені дослідження з ягодами суниці, які обробляли та зберігали у холодильній камері. Обробку ягід

проводили водними розчинами низькомолекулярного хітозану.

Мета дослідження. Оцінити вплив попередньої обробки ягід суниці розчинами хітозану на збереженість їх якісних показників.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у 2018–2023 рр. на базі Уманського національного університету садівництва у науково-дослідній лабораторії «Біо-неорганічної хімії, якості і безпеки об'єктів сільськогосподарського виробництва» та навчальній лабораторії органічної та неорганічної хімії кафедри біології УНУС.

Ягоди суниці сорту Дукат збирали у споживчій стадії стиглості, досліджували їх фізичні, фізико-хімічні та органолептичні властивості, після чого проводили обробку з наступним закладанням на зберігання. Ягоди суниці обробляли розчинами хітозану трьох концентрацій (0,1; 0,2; 0,3 %) за повного занурення на 1 хв. Оброблені ягоди залишали до повного висихання. Сухі оброблені ягоди та контроль зважували і поміщали у перфоровані пластикові (PET) контейнери місткістю 500 г та зберігали у холодильній камері за температури 0 +2 °С. За контроль вважали ягоди без обробки. Відбирання та готування проб для аналізів свіжих ягід суниці здійснювали за ДСТУ ISO 874.

У досліджуваних зразках визначали:

- втрати маси ягід – методом зважування фіксованих проб;
- вміст сухих розчинних речовин – рефрактометрично за ГОСТом 28562;
- органічних кислот – титруванням лугом за ДСТУ 4957:2008.

Усі дослідження проводили в трикратній повторності.

Результати аналізів приводили до вихідної маси за формулою:

$$X = \frac{A \cdot (100 - v)}{100},$$

де X – вміст речовин із урахуванням втрати маси, %;

A – вміст речовин наприкінці зберігання, %;

v – втрати маси за період зберігання, %.

Результати дослідження та обговорення. Ягоди суниці характеризуються високим вмістом води, яка втрачається через тонкі покривні тканини, внаслідок швидких фізіологічних змін. Втрати маси ягід в процесі зберігання обумовлені доволі високою інтенсивністю дихання, зменшенням вмісту поживних речовин та розвитком фітопатогенного пошкодження, рис. 1–3 [21].

Аналіз динаміки втрат маси ягід суниці протягом зберігання показав, що обробка розчином хітозану сприяє зменшенню втрат маси на 0,6–1,5 % порівняно з контролем.

Сухі розчинні речовини представлені вуглеводами, азотистими речовинами, кислотами, пектином, вітамінами, ферментами, мінеральними солями та дубильними речовинами. У ягодах суниці більшу частину СРР становлять вуглеводи, які переважно представлені цукрами та кислотами. Зміна масової частки розчинних сухих речовин під час зберігання відбувається через перебіг біохімічних процесів у ягодах суниці.

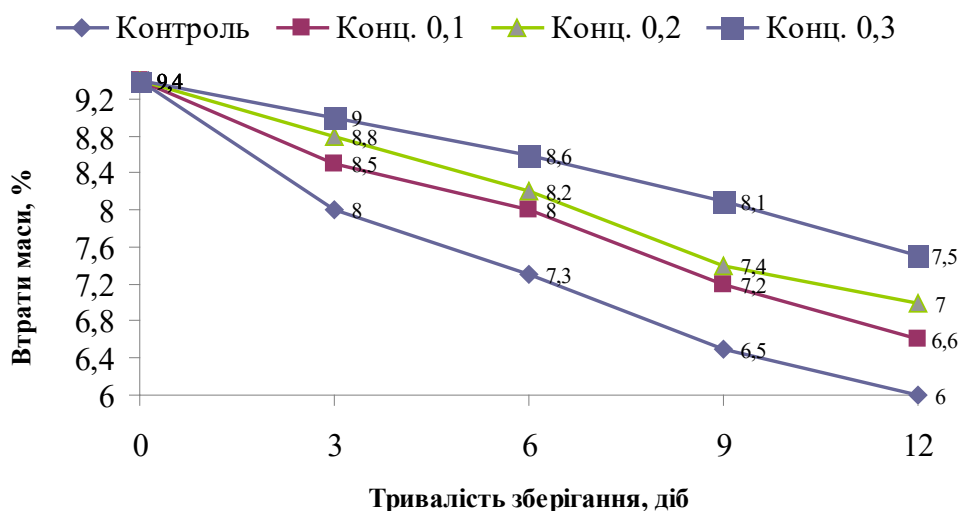


Рис. 1. Зміна масової частки розчинних сухих речовин ягід суниці під час холодительного зберігання (2022–2023 рр.).

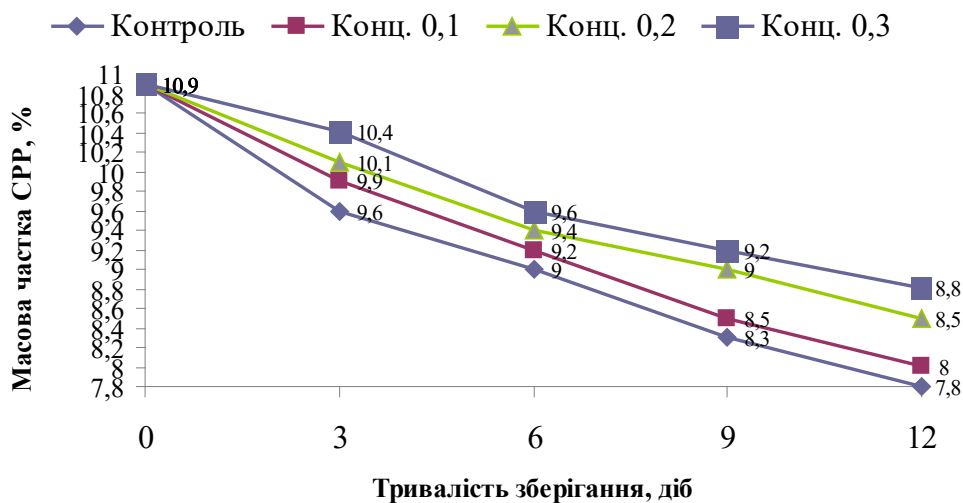


Рис. 2. Зміна масової частки розчинних сухих речовин ягід суниці під час холодильного зберігання (2022–2023 рр.).

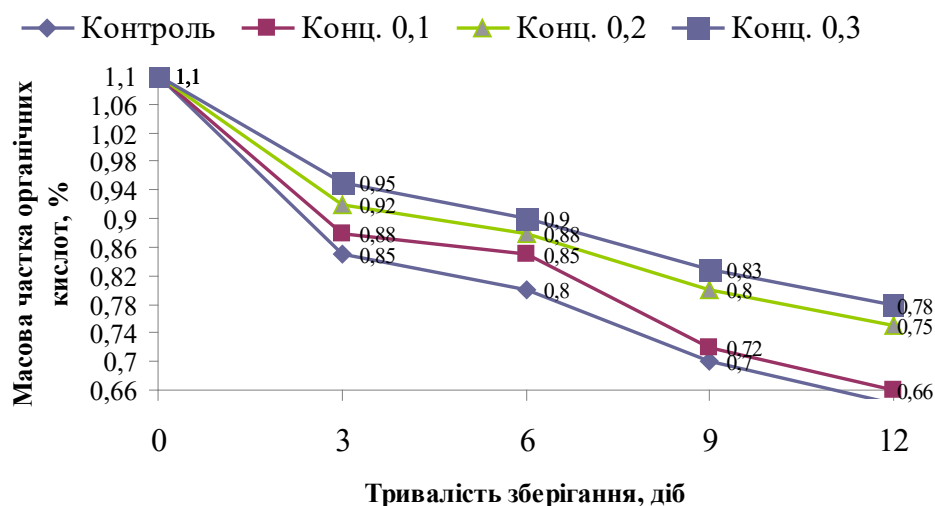


Рис. 3. Зміна масової частки органічних кислот у ягодах суниці під час холодильного зберігання (2022–2023 рр.).

Доведено, що масова частка розчинних сухих речовин знижувалася повільніше у зразках з обробкою хітозаном. У контрольному варіанті спостерігалися прискорені темпи втрат масової частки розчинних сухих речовин, що негативно відображається на збереженості ягід суниці.

Органічні кислоти у ягодах суниці представлені лимонною, яблучною, хінною, саліциловою, фосфорною, бурштиною, шикімовою та гліколевою кислотами.

Під час зберігання ягід суниці спостерігається тенденція до втрат органічних кислот, які найбільше задіяні у процесі дихання. Попередня обробка ягід суниці хітозаном зменшила інтенсивність дихання, що сповільнило втрати органічних кислот на 0,04–0,12 % від контролю.

Проведені дослідження у попередні роки показують, що розчини хітозану мають позитивний ефект на збереженість фізико-хімічних показників ягід суниці садової (табл. 1–4) [21].

Таблиця 1 – Фізичні та фізико-хімічні показники ягід суниці, 2018–2021 рр.

Рік врожаю	Масова частка, %		Маса ягід, г
	СРР	органічних кислот	середня маса ягід
2018	12,6±0,2	0,91±0,04	3,78±1,12
2019	7,9±0,5	1,1±0,02	6,36±1,41
2020	8,4±0,3	0,76±0,02	9,42±2,36
2021	9,4±0,2	0,82±0,03	8,28±2,17

Таблиця 2 – Втрати маси ягід суниці наприкінці зберігання, % (2018–2021 рр.)

Концентрація розчину, %	Рік врожаю			
	2018	2019	2020	2021
Контроль	10,82	7,6	8,81	7,8
0,1	7,22	7,1	7,6	6,7
0,2	6,8	6,9	7,5	6,0
0,3	5,94	6,5	6,26	5,5

Таблиця 3 – Масова частка сухих розчинних речовин наприкінці зберігання, % (2018–2021 рр.)

Концентрація розчину, %	Рік врожаю			
	2018	2019	2020	2021
Контроль	9,8	4,2	5,7	6,2
0,1	10,3	5,0	6	6,0
0,2	10,5	5,3	6,5	7,2
0,3	10,8	5,5	6,7	7,4

Таблиця 4 – Масова частка органічних кислот наприкінці зберігання, % (2018–2021 рр.)

Концентрація розчину, %	Рік врожаю			
	2018	2019	2020	2021
Контроль	0,50	0,46	0,33	0,42
0,1	0,55	0,50	0,36	0,39
0,2	0,57	0,54	0,37	0,44
0,3	0,62	0,70	0,38	0,50

Висновки. Ягоди суниці сорту Дукач вирощені у 2022–2023 роках накопичили у своєму складі 10,4 % сухих розчинних речовин та 1,1 % органічних кислот. Виявлено, що післязбиральна обробка ягід суниці розчином хітозану забезпечувала найвищу їх збереженість порівняно з контролем, що доводить ефективність її застосування. Попередня обробка ягід суниці розчином хітозану спо-

вільнила втрати сухих розчинних речовин на 0,2–0,9 %, органічних кислот – на 0,04–0,12 % від контролю. Розробка нових технологій зберігання плодоовочевої продукції є перспективною й необхідною для Черкащини та України загалом. Це допоможе зменшити втрати зібраного урожаю, забезпечити якісною продукцією внутрішній попит та вийти на закордонні ринки.

REFERENCES

1. González-Domínguez, R., Sayago, A., Akhatou, I., Fernández-Recamales, Á. (2020). Multi-chemical profiling of strawberry as a traceability tool to investigate the effect of cultivar and cultivation conditions. *Foods*. Vol. 9 (1), 96 p. DOI: 10.3390/foods9010096
2. Garzoli, S., Cairone, F., Carradori, S. (2020). Effects of Processing on Polyphenolic and Volatile Composition and Fruit Quality of Clery Strawberries. *Antioxidants*. Vol. 9, no. 7, 632 p. DOI: 10.3390/antiox9070632
3. Jurgiel-Małecka, G., Gibczyńska, M., Siwek, H., Buchwał, A. (2017). Comparison of fruits chemical composition of selected cultivars wild strawberry (*Fragaria vesca* L.) *Eur. J. Hort. Sci.* Vol. 82, no. 4, pp. 204–210. DOI: 10.17660/eJHS.2017/82.4.6
4. Petkova, Z., Nedyalkova, K. (2020). Multiannual growing of remontant strawberries (opportunities for biological production). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. Vol. 26, no. 3, pp. 513–519.
5. Nestby, R., Sønsteby, A. (2017). Effect of plant type and delayed planting on growth and yield parameters of two short day strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars in open field. *Journal of Berry Research*. Vol. 7(3), pp. 179–194.
6. Hancock, J.F., Finn, C.E., Luby, J.J. (2010). Reconstruction of the strawberry, *Fragaria x ananassa*, using genotypes of *F. virginiana* and *F. chiloensis*. *Hort Science*. Vol. 45, no. 7, pp. 1006–1013. DOI: 10.21273/HORTSCI.45.7.1006
7. Palmieri, L., Masuero, D., Martinatti, P. (2016). Genotype by environment effect on bioactive compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 97, no. 12, pp. 4180–4189. DOI: 10.1002/jsfa.8290
8. de Jesús Ornelas-Paz, J., Yahia, E.M., Ramírez-Bustamante, N. (2013). Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. *Food Chemistry*. Vol. 138, no. 1, pp. 372–381. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.006
9. Skupień, K., Oszmiański, J. (2004). Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in northwest Poland. *European Food Research and Technology*. no. 219 (1), pp. 66–70. DOI: 10.1007/s00217-004-0918-1
10. Wiącek, A.E., Gozdecka, A., Jurak, M. (2018). Physicochemical characteristics of chitosan–TiO₂ biomaterial. 1. Stability and swelling properties. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. no. 57(6), pp. 1859–1870. DOI: 10.1021/acs.iecr.7b04257
11. Lizardi-Mendoza, J., Monal, W.M.A., Valencia, F.M.G. (2016). Chemical characteristics and functional properties of chitosan. In *Chitosan in the preservation of agricultural commodities*. Academic Press. pp. 3–31. DOI: 10.1016/B978-0-12-802735-6.00001-X
12. Zhuikova, Y.V., Zhuikov, V.A., Zubareva, A.A. (2020). Physicochemical and biological characteristics of chitosan/κ-carrageenan thin layer-by-layer films for surface modification of Nitinol. *Micron*. Vol. 138, no. 102922. DOI: 10.1016/j.micron.2020.102922
13. Manigandan, V., Karthik, R., Ramachandran, S., Rajagopal, S. (2018). Chitosan applications in food industry. In *Biopolymers for food design*. pp. 469–491. DOI: 10.1016/B978-0-12-811449-0.00015-3
14. Harkin, C., Mehlmer, N., Woortman, D.V. (2019). Nutritional and additive uses of chitin and chitosan in the food industry. In *Sustainable Agriculture Reviews*. no. 36, pp. 1–43. DOI: 10.1007/978-3-030-16581-9_1
15. El-Aidie, S.A.A.M. (2018). A Review on Chitosan: Ecofriendly Multiple Potential Applications in the Food Industry. *International Journal of Advancement in Life Sciences Research*. pp. 1–14.
16. Hu, Z., Gänzle, M.G. (2019). Challenges and opportunities related to the use of chitosan as a food preservative. *Journal of applied microbiology*. no. 126(5), pp. 1318–1331. DOI: 10.1111/jam.14131
17. Gutiérrez, T.J. (2017). Chitosan applications for the food industry. Chitosan: derivatives, composites and applications. Wiley-Scrivener Publisher. pp. 185–232.
18. Tian, B., Liu, Y. (2020). Chitosan based biomaterials: From discovery to food application. *Polymers for Advanced Technologies*. no. 31(11), pp. 2408–2421. DOI: 10.1002/pat.5010
19. Hernández-Téllez, C.N., Plascencia-Jatomea, M., Cortez-Rocha, M.O. (2020). Chitosan-based bionanocomposites: development and perspectives in food and agricultural applications. In *Chitosan in the preservation of agricultural commodities*. pp. 315–338. DOI: 10.1016/B978-0-12-802735-6.00012-4
20. Romanazzi, G., Feliziani, E. (2016). Use of chitosan to control postharvest decay of temperate fruit: effectiveness and mechanisms of action. In *Chitosan in the preservation of agricultural commodities*. pp. 155–177. DOI: 10.1016/B978-0-12-802735-6.00006-9
21. Blahopoluchna, A., Liakhovska, N. (2021). Effect of chitosan pretreatment on the quality of strawberries during cold storage. DOI: 10.15673/fst.v15i3.2151

Preservation of quality indicators of wild strawberries during treatment with chitosan

Blahopoluchna A., Liakhovska N., Zadorozhna O.

Food wastes reducing, as well as non-invasive methods to extend the shelf life of perishable fruits, are important global challenges for scientists and entrepreneurs. With Ukrainian producers entering to foreign markets, the relevance of the topic of high-quality storage of fruit and vegetable products takes on special importance. The higher the yield and the number of berry crops grown by our farmers, the more challenges there are regarding the processing, storage and logistics of the harvested crops. In practice, it is difficult to provide optimal conditions for preserving quality, freshness, taste, aroma, and appearance due to the delicacy and capriciousness of products. Garden strawberry (*Fragaria ananassa*) is a highly nutritious and economically important berry crop with a short shelf life. This is a seasonal berry that is on the market for only a few months. During mass harvesting period strawberries is the leader in the number of losses among all berry crops due to its physiological characteristics. This paper proposes the use of chitosan to extend the shelf life of

strawberries. The effect of are-treatment with chitosan solutions of different concentrations was studied. To assess the impact of are-treatment on quality indicators of strawberries the research was conducted every third day of storage, determining weight loss; m.h. SRR; m.h. organic acids; m.h. of sugars. Strawberries were treated with chitosan solutions of three concentrations (0.1; 0.2; 0.3 %) by full immersion for 1 min. The treated berries were left until completely dry. Dry treated berries and the control ones were weighed and placed in perforated plastic containers with a capacity of 500 g and stored in a refrigerator at a temperature of 0+2 °C. Berries without treatment were considered as control.

Strawberries of the «Dukat» variety grown in 2022–2023 accumulated an average of 10.4 % of dry soluble substances and 1.1 % of organic acids. It was found that the post-harvest treatment of strawberries with a chitosan solution ensured their highest preservation compared to the control, which proves the effectiveness of its application. Pre-treatment of strawberries with a chitosan solution slowed down the loss of dry soluble substances by 0.2–0.9 %, and organic acids by 0.04–0.12 % of the control.

Key words: garden strawberries, chitosan, storage, pre-treatment, quality indicators, berries.



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



ORCID iD:

Благополучна А.Г.

<https://orcid.org/0000-0001-5897-0120>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.174: 631.86

Вплив обробки насіння *Sorghum bicolor* (L.) Moench. біологічними препаратами на його посівні якостіГанженко О.М. , Злиденний І.І. 

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

 Ganzhenko74@gmail.com

Ганженко О.М., Злиденний І.І. Вплив обробки насіння *Sorghum bicolor* (L.) Moench. біологічними препаратами на його посівні якості. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 13–20.

Hanzhenko O., Zlydennyi I. Influence of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. seeds treatment with biological preparations on its sowing qualities. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 13–20.

Рукопис отримано: 04.10.2023 р.
Прийнято: 19.10.2023 р.
Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-13-20

У статті наведено результати досліджень щодо впливу обробки насіння сорго звичайного (двокольорового) (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) сумішшю мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд та біологічно активного адсорбенту БМ-нанобіочар на енергію проростання та лабораторну схожість насіння. Встановлено оптимальні дози біопрепаратів Мікофренд та БМ-нанобіочар, що забезпечують максимальні посівні якості насіння. Мета роботи – встановити оптимальну дозу застосування біочару та мікоризоутворювального біопрепарату, яка забезпечує найвищі посівні якості насіння сорго звичайного (двокольорового). Предмет досліджень – посівні якості насіння сорго звичайного (двокольорового), мікоризоутворювальний біопрепарат та біочар. Методи досліджень – біологічні (проведення лабораторного дослідження) та статистичні (описова статистика, дисперсійний, кореляційний та регресійний аналізи). Результати досліджень свідчать, що застосування Мікофренду для обробки насіння сорго звичайного (двокольорового) у дозі 3–6 г/кг сприяє підвищенню енергії проростання насіння до 88,63–88,00 % (контроль – 84,81 %) та лабораторної схожості до 90,69 % (контроль – 86,69 %). Застосування біопрепарату БМ-нанобіочар у дозі 3–6 г/кг забезпечило підвищення енергії проростання насіння до 88,75–87,81 % (контроль – 86,31 %) та лабораторної схожості до 90,44–90,63 % (контроль – 88,94 %). Підвищення дози обох досліджуваних біопрепаратів до 9 г/кг призводило до погіршення посівних якостей насіння. Найвища у досліді енергія проростання (92,25 %) та лабораторна схожість (93,5 %) спостерігались за обробки насіння сорго звичайного (двокольорового) сумішшю препаратів Мікофренд та БМ-нанобіочар у дозі 6 та 3 г/кг, відповідно. Найнижче значення енергії проростання (81,75 %) відмічали на контрольному варіанті без обробки насіння біопрепаратами. Встановлено тісну криволінійну залежність ($R^2=0,81-0,98$) між посівними якістьми насіння сорго звичайного (двокольорового) та дозами застосування біопрепаратів Мікофренд та БМ-нанобіочар. Доведено наявність тісного множинного кореляційного зв'язку між посівними якістьми насіння та його обробкою біопрепаратами Мікофренд та БМ-нанобіочар ($R=0,867$).

Ключові слова: енергія проростання, лабораторна схожість, мікоризоутворювальний препарат, біочар, сталий розвиток, кліматична угода, зелений європейський курс, біоенергетика.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Побудова кліматично нейтральної економіки, як того вимагає Паризька кліматична угода [1, 2] та Європейський зелений курс [3, 4] передбачає перехід на ресурсоефективне сільське господарство на основі зменшення використання хімічних добрив та засобів захисту

під час вирощування сільськогосподарських культур. Водночас, підвищується значення препаратів біологічного походження, до яких належать біочар та мікоризоутворювальні препарати [5–9]. Крім того, рослинництво розглядають не лише як аграрну галузь, що забезпечує глобальну продовольчу безпеку, а також

формує потужний ресурс біомаси для виробництва біопалива [10].

Глобальні зміни клімату, що проявляються у підвищенні температури повітря та нерівномірності випадання опадів, спонукають аграріїв звертати більше уваги на рослини, толерантні до високих температур та здатні раціонально використовувати вологу. До таких рослин належить сорго звичайне (двокольорове) (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), біомасу якого можна використовувати для продовольчих та кормових цілей, а також для виробництва різних видів біопалива [11]. Дослідженнями, проведеними в різних регіонах України встановлено оптимальні параметри типової технології вирощування сорго звичайного (двокольорового) [12–16], водночас недостатньо інформації щодо ефективності застосування біологічних препаратів та їх впливу на посівні якості насіння.

Дотримання принципів сталого розвитку у аграрному секторі має вирішальне значення для захисту ґрунту, води та повітря [5]. Перспективним інструментом для екологізації сільськогосподарського виробництва може бути застосування біочару [6]. Біочар (*biochar*) – речовина, яку отримують за допомогою високотемпературного (близько 800 °C) піролізу біомаси в середовищі з низьким вмістом кисню або без нього, завдяки чому вміст вуглецю в кінцевому продукті становить 93–99 % [6, 17]. Згідно з даними літератури, застосування біочару дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур та покращити властивості ґрунту [5]. Крім того, біочар можна використовувати для усунення забруднення ґрунту, одночасно сприяючи зменшенню викидів парникових газів завдяки накопиченню запасів вуглецю в ґрунті [5, 8]. Водночас відсутня інформація щодо впливу обробки біочаром насіння сорго звичайного (двокольорового) на його посівні якості.

Ефективність біочару можна підвищити за сумісного його використання з мікорізоутворювальними біопрепаратами [6], які сприяють активному заселенню кореневої та прикореневої зони мікоризними грибами та сапрофітними ризосферними бактеріями [9]. Арбускулярні мікоризні гриби встановлюють симбіотичні асоціації з більшістю наземних рослин, в результаті чого покращується поглинання поживних речовин рослиною [18]. Мікоризні гриби беруть участь у покращенні водного режиму ґрунту та засвоєнні поживних речовин як у біотичних, так і абіотичних стресових ситуаціях, таких як посуха, екстремальні температури, важкі метали, солоність, забруд-

нення патогенами тощо [19]. Підвищення значення мікоризи в контексті глобальних змін клімату обумовлене більш ефективним використанням рослинами вологи [20]. Доведено, що утворення арбускулярної мікоризи активізує засвоєння поживних речовин рослинами, особливо фосфору [21, 22]. Іншим дослідженням відмічено, що мікориза забезпечує накопичення вуглецю у ґрунті, водночас, гіпотеза щодо посилення мобілізації та надходження поживних речовин із ґрунту до рослини не була підтверджена експериментально [23]. Водночас вітчизняні дослідження доводять позитивне значення обробки насіння різних сільськогосподарських культур комплексним мікорізоутворювальним препаратом [24, 25]. Проте, в літературі відсутня інформація щодо впливу мікоризи на посівні якості насіння сорго звичайного (двокольорового).

Мета дослідження – виявити оптимальну дозу застосування біочару та мікорізоутворювального біопрепарату, яка забезпечує найвищі посівні якості насіння сорго звичайного (двокольорового).

Матеріал та методи дослідження. Лабораторні дослідження проводили у контрольованих умовах лабораторії насіннєзнавства, насінництва та розсадництва Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за схемою двофакторного дослідження з чотирма повтореннями. Насіння сорго звичайного (двокольорового) обробляли мікорізоутворювальним біопрепаратом Мікофренд (фактор А) та вуглецевмістким адсорбентом БМ-нанобіочар (фактор В) в розрахунку 3; 6 та 9 г препарату на 1 кг насіння. За контроль слугувало насіння, оброблене дистильованою водою без додавання препаратів.

Мікорізоутворювальний біопрепарат Мікофренд (ТУ У 24.1-30165603-020:2010), виготовлений на основі грибів *Glomus sp.* з додаванням мікроорганізмів, що підтримують утворення мікоризи та ризосфери рослин, а також фосфатмобілізуювальних бактерій і біологічно активних речовин. Біопрепарат БМ-нанобіочар (ТУ У 20.1-2571100774-001:2021) отриманий термохімічним перетворенням біомаси з розміром часточок менше 5 мкм, загальною площею поверхні 864 м²/г та вмістом вуглецю 95 %.

У досліді використовували насіння сорго звичайного (двокольорового) ранньостиглого гібрида ‘СВАТ’ селекції Інституту зернових культур НААН. Маса 1000 насінин становила 28,2±0,4 г за вологості насіння 14,1±0,3 %.

Дослідження із визначення енергії проростання та лабораторної схожості насіння про-

водили відповідно до ДСТУ 4138 [26], зокрема облік енергії проростання здійснювали через 4 доби, лабораторної схожості – через 10 діб.

Отримані експериментальні дані обробляли методами описової статистики, парним і множинним регресійним та дисперсійним аналізами з використанням програмного середовища Statistica [27].

Результати дослідження та обговорення.

Результати досліджень свідчать, що застосування біопрепаратів Мікофренд і БМ-нанобіочар для обробки насіння сорго звичайного (двокольорового) має суттєвий вплив на його енергію проростання. Зокрема, за дози Мікофренду 3–6 г/кг енергія проростання насіння сорго звичайного (двокольорового) становить 88,63–88,00 %, що суттєво перевищує показник на контролі – 84,81 % ($\text{HIP}_{0,05}=2,03$ %). За збільшення дози Мікофренду енергія проростання насіння має тенденцію до зниження і становить 86,13 % за дози 9 г/кг (табл. 1).

Застосування біопрепарату БМ-нанобіочар у дозі 3–6 г/кг забезпечило найвищі значення енергії проростання насіння – 88,75–87,81 %, що істотно перевищувало показник контролю – 86,31 %. За збільшення дози до 9 г/кг спостерігалось зниження енергії проростання насіння сорго звичайного (двокольорового) до 84,69 % ($\text{HIP}_{0,05}=2,03$ %).

Найвища у досліді енергія проростання (92,25 %) спостерігалась за обробки насіння

сорго звичайного (двокольорового) сумішшю препаратів Мікофренд та БМ-нанобіочар у дозі 6 та 3 г/кг, відповідно. Найнижче значення енергії проростання (81,75 %) відмічали на контрольному варіанті без обробки насіння біопрепаратами.

Застосування біопрепаратів Мікофренд та БМ-нанобіочар для обробки насіння сорго звичайного (двокольорового) впливало на його лабораторну схожість (табл. 2). Зокрема, обробка насіння Мікофрендом у дозі 3–6 г/кг сприяла підвищенню лабораторної схожості насіння до 90,69 %, водночас схожість необробленого насіння на контрольному варіанті становила 86,69 % ($\text{HIP}_{0,05}=2,07$ %). Збільшення дози Мікофренду до 9 г/кг призводило до незначного зниження лабораторної схожості насіння до 89,19 %.

Обробка насіння сорго звичайного (двокольорового) БМ-нанобіочаром у дозі 3–6 г/кг забезпечувала суттєве підвищення лабораторної схожості до 90,44–90,63 % порівняно з контролем (88,94 %). Водночас, підвищення дози до 9 г/кг призводило до суттєвого зменшення лабораторної схожості до 87,25 % ($\text{HIP}_{0,05}=2,07$ %).

Максимальну у досліді лабораторну схожість насіння сорго звичайного (двокольорового) (93,5 %) відмічали за його обробки Мікофрендом у дозі 6 г/кг та БМ-нанобіочаром у дозі 3 г/кг.

Таблиця 1 – Енергія проростання насіння сорго звичайного (двокольорового) залежно від дози Мікофренду та БМ-нанобіочару

Фактор А: Доза Мікофренду, г/кг	Фактор В: Доза БМ-нанобіочару, г/кг				Середнє за фактором А ($\text{HIP}_{0,05}=2,03$ %)
	0	3	6	9	
0	81,75	87,25	86,50	83,75	84,81
3	88,25	89,75	90,00	86,50	88,63
6	87,00	92,25	88,75	84,00	88,00
9	88,25	85,75	86,00	84,50	86,13
Середнє за фактором В ($\text{HIP}_{0,05}=2,03$ %)	86,31	88,75	87,81	84,69	86,89

Примітка: $\text{HIP}_{0,05}=4,06$ для порівняння часткових середніх.

Таблиця 2 – Лабораторна схожість насіння сорго звичайного (двокольорового) залежно від дози Мікофренду та БМ-нанобіочару

Фактор А: Доза Мікофренду, г/кг	Фактор В: Доза БМ-нанобіочару, г/кг				Середнє за фактором А ($\text{HIP}_{0,05}=2,07$ %)
	0	3	6	9	
0	83,75	88,00	89,50	85,50	86,69
3	90,25	92,00	92,50	88,00	90,69
6	91,00	93,50	90,75	87,50	90,69
9	90,75	89,00	89,00	88,00	89,19
Середнє за фактором В ($\text{HIP}_{0,05}=2,07$ %)	88,94	90,63	90,44	87,25	89,31

Примітка: $\text{HIP}_{0,05}=4,15$ для порівняння часткових середніх.

За результатами регресійного аналізу встановлено тісну криволінійну залежність ($R^2=0,81-0,98$) між посівними якостями насіння сорго звичайного (двокольорового) та дозами застосування окремо біопрепаратів Мікофренд та БМ-нанобіочар для обробки насіння, яка описується поліномами другого порядку (рис. 1). Аналіз отриманих залежностей свідчить, що оптимальна доза Мікофренду, за якої досягаються найвищі посівні якості насіння становить 6–7 г/кг, БМ-нанобіочару – 4–5 г/кг.

Застосування методу множинного регресійного аналізу виявило наявність тісного зв'язку між посівними якостями насіння та його обробкою біопрепаратами Мікофренд

та БМ-нанобіочар ($R=0,867$). Значення енергії проростання та лабораторної схожості насіння можна визначити скориставшись емпіричними залежностями (рис. 2):

$$E = 83,1875 + 1,8135 \cdot M + 1,4781 \cdot B - 0,158 \cdot M^2 - 0,0625 \cdot M \cdot B - 0,1546 \cdot B^2$$

$$C = 85,2112 + 1,885 \cdot M + 1,3038 \cdot B - 0,1528 \cdot M^2 - 0,0578 \cdot M \cdot B - 0,1354 \cdot B^2$$

де E та C – відповідно енергія проростання та лабораторна схожість насіння сорго звичайного (двокольорового), %;

M та B – відповідно дози застосування Мікофренду та БМ-нанобіочару для обробки насіння, г/кг.

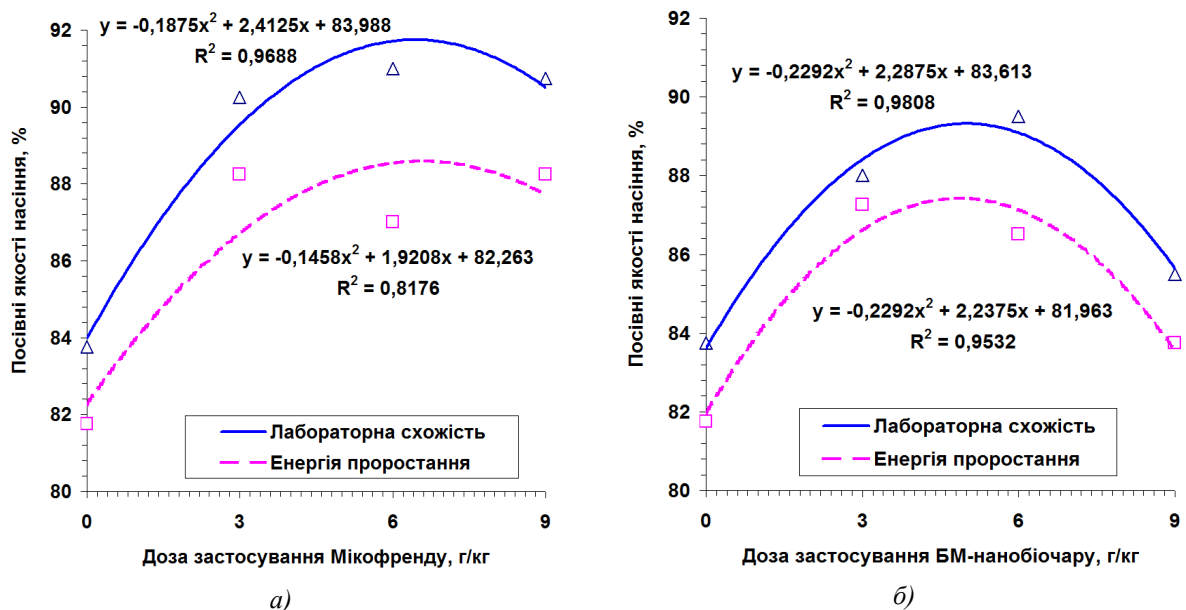


Рис. 1. Залежність посівних якостей насіння сорго звичайного (двокольорового) від доз застосування біопрепаратів: а) Мікофренд; б) БМ-нанобіочар.

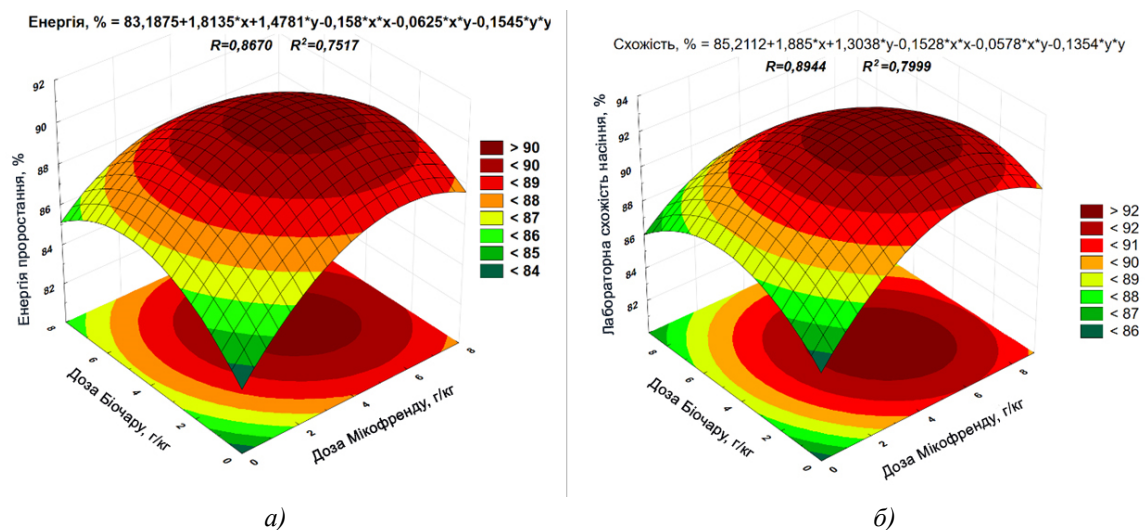


Рис. 2. Множинна регресійна залежність посівних якостей насіння від доз застосування Мікофренду та БМ-нанобіочару: а) енергія проростання; б) лабораторна схожість.

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що вплив обробки насіння сорго звичайного (двокольорового) двома досліджуваними біопрепаратами на енергію проростання був приблизно однаковим і становив для Мікофренду 40,0 % та БМ-нанобіочару – 41,6 % (рис. 3). Ефект від спільної дії двох біопрепаратів становив 11,7 %. Водночас, на лабораторну схожість насіння

Висновки. Застосування мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд для обробки насіння сорго звичайного (двокольорового) у дозі 3–6 г/кг забезпечує підвищення енергії проростання із 84,81 до 88,00–88,63 % ($HP_{0,05}=2,03$ %) та лабораторну схожість – із 86,69 до 90,69 % ($HP_{0,05}=2,07$ %). Використання біопрепарату БМ-нанобіочар дозволяє підвищити енергію проростання насіння із 86,31

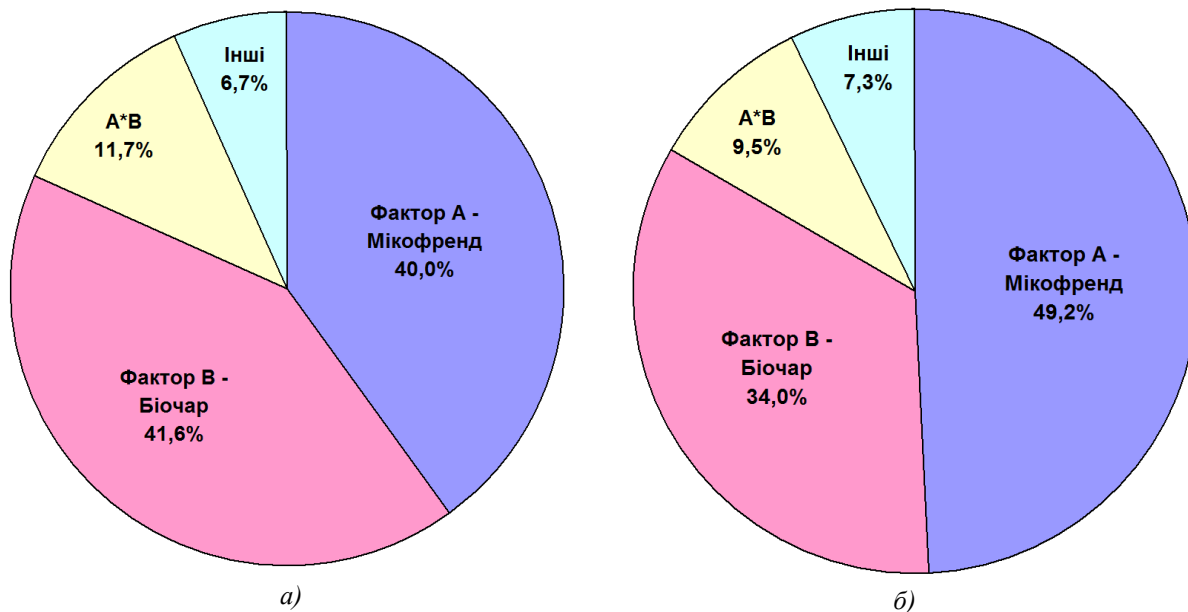


Рис. 3. Вплив факторів дослідження на посівні якості насіння:
а) енергія проростання; б) лабораторна схожість.

сорго звичайного (двокольорового) більшою мірою впливала обробка насіння Мікофрендом (49,2 %), частка впливу БМ-нанобіочару становила 34,0 %, а спільна дія двох препаратів – 9,5 %.

Отже, отримані результати лабораторних досліджень свідчать про суттєвий вплив обробки насіння сорго звичайного (двокольорового) мікоризоутворювальним біопрепаратом та біочаром на його посівні якості. Встановлено синергетичний ефект від застосування суміші обох досліджуваних біопрепаратів, зокрема максимальні показники енергії проростання насіння сорго звичайного (двокольорового) та його лабораторна схожість досягається за обробки насіння Мікофрендом у дозі 6 г/кг та БМ-нанобіочаром у дозі 3 г/кг насіння.

Водночас, для вивчення впливу суміші Мікофренду та БМ-нанобіочару на продуктивність рослин сорго звичайного (двокольорового) необхідно провести додаткові дослідження у польових умовах.

до 87,81–88,75 % ($HP_{0,05}=2,03$ %), а його лабораторну схожість – із 88,94 до 90,44–90,63 % ($HP_{0,05}=2,07$ %).

Максимальні значення енергії проростання (88,75–92,25 %) та лабораторної схожості (90,75–93,50 %) насіння сорго звичайного (двокольорового) досягаються за спільного застосування двох препаратів Мікофренд та БМ-нанобіочар у дозі 3–6 г на кілограм насіння.

Частки впливу обробки насіння сорго звичайного (двокольорового) Мікофрендом та БМ-нанобіочаром на його енергію проростання становлять 40,0 та 41,6 % відповідно. Лабораторна схожість насіння сорго звичайного (двокольорового) на 49,2 % залежала від його обробки Мікофрендом і на 34,0 % – від обробки БМ-нанобіочаром.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Climate Change, Sustainable Agriculture and Food Systems: The World After the Paris Agreement / A. Bombelli et al. Achieving the Sustainable

Development Goals Through Sustainable Food Systems. 2019. P. 25–34. DOI: 10.1007/978-3-030-23969-5_2

2. Woodbury P.B. Agriculture Can Mitigate Climate Change at Low Cost to Help Meet Paris Climate Agreement Goals. *Bioscience*. 2018. Vol. 68, Issue 7. P. 485–486. DOI: 10.1093/biosci/biy053

3. Sustainable Crop and Weed Management in the Era of the EU Green Deal: A Survival Guide / A. Tataridas et al. *Agronomy-Basel*. 2022. Vol. 12. Issue 3. Article No 589. DOI: 10.3390/agronomy12030589

4. Biostimulants and Herbicides: A Promising Approach towards Green Deal Implementation / P. Kanatas et al. *Agronomy-Basel*. 2023. Vol. 12. Issue 12. Article No 3205. DOI: 10.3390/agronomy12123205

5. Benefits and limitations of biochar amendment in agricultural soils: A review / B. Kavitha et al. *Journal of Environmental Management*. 2018. Vol. 227. P. 146–154. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.08.082

6. A comprehensive review of engineered biochar: Production, characteristics, and environmental applications / H.K.S. Panahi et al. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 270. Article No 122462. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122462

7. Towards a carbon-negative sustainable bio-based economy / B. Vanholme et al. *Frontiers in Plant Science*. 2013. Vol. 4. DOI: 10.3389/fpls.2013.00174

8. Arora N.K., Kumar N. Natural and Artificial Soil Amendments for the Efficient Phytoremediation of Contaminated Soil. *Phyto and Rhizo Remediation*. 2019. Vol. 9. P. 1–32. DOI: 10.1007/978-981-32-9664-0_1

9. Rouphael Y., Colla G. Toward a Sustainable Agriculture Through Plant Biostimulants: From Experimental Data to Practical Applications. *Agronomy-Basel*. 2020. Vol. 10. Article No 1461. DOI: 10.3390/agronomy10101461

10. Biomass for a sustainable bioeconomy: An overview of world biomass production and utilization / M. Antar et al. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 139. Article No 110691. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110691

11. Sorghum: A prospective crop for climatic vulnerability, food and nutritional security / M.S. Hossein et al. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2022. Vol. 8. Article No 100300. DOI: 10.1016/j.jafr.2022.100300

12. Правдива Л.А., Гончарук Г.С. Особливості формування продуктивності сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) та соризу (*S. oryzoides*) залежно від строків сівби насіння в умовах західної частини Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11. Вип. 2. DOI: 10.47414/na.11.2.2023.285142

13. Правдива Л.А., Яланський О.В. Продуктивність та елементи структури врожайності різних сортів сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.). *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10. Вип. 3. DOI: 10.47414/na.10.3.2022.270497

14. Правдива Л.А. Вплив мінерального живлення рослин на формування біометричних показників сорго зернового. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2022. № 1. С. 43–52. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-43-52

15. Тітаренко О.С., Карпук Л.М. Урожайність та енергетична ефективність сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2022. № 1. С. 145–151. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151

16. Іваніна В.В., Пашинська К.Л., Смірних В.М. Винос та баланс елементів живлення в агроценозі сорго зернового залежно від удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 12 (99). С. 28–32. DOI: 10.31073/agrovisnyk202112-03

17. Нурмухаммедов А.К., Ганженко О.М. Застосування біочару у сільському господарстві. *Біоенергетика/Bioenergy*. 2022. № 1–2 (19–20). С. 19–21. DOI: 10.47414/be.1-2.2022.271345

18. Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Plant Growth and Performance: Importance in Biotic and Abiotic Stressed Regulation / N. Diagne et al. *Diversity-Basel*. 2020. Vol. 12. Issue 10. Article No 370. DOI: 10.3390/d12100370

19. Arbuscular mycorrhizal fungi and its major role in plant growth, zinc nutrition, phosphorous regulation and phytoremediation / P. Bhandana et al. *Symbiosis*. 2021. Vol. 84. Issue 1. P. 19–37. DOI: 10.1007/s13199-021-00756-6

20. Auge R.M. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*. 2001. Vol. 11. Issue 1. P. 3–42. DOI: 10.1007/s005720100097

21. Smith S.E., Smith F.A. Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Nutrition and Growth: New Paradigms from Cellular to Ecosystem Scales. *Annual Review of Plant Biology*. 2011. Vol. 62. P. 227–250. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042110-103846

22. Smith S.E., Jakobsen I., Gronlund M., Smith F.A. Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Phosphorus Nutrition: Interactions between Pathways of Phosphorus Uptake in Arbuscular Mycorrhizal Roots Have Important Implications for Understanding and Manipulating Plant Phosphorus Acquisition. *Plant Physiology*. 2011. Vol. 156. Issue 3. P. 1050–1057. DOI: 10.1104/pp.111.174581

23. Jones D.L., Hodge A., Kuzyakov Y. Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition. *New Phytologist*. 2004. Vol. 163. Issue 3. P. 459–480. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2004.01130.x

24. Хоменко Т., Дацько А., Квасніцька Л. Вплив обробки насіння комплексним мікоризотвірним препаратом мікофренд на продуктивність сої в умовах правобережного Лісостепу України. *Новітні технології в АПК: дослідження та управління*. 2019. Вип. 24 (38). С. 260–267. DOI: 10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-27

25. Димитров С.Г., Саблук В.Т., Тищенко М.В., Смірних В.М. Мікоризоутворюючі препарати та їхній симбіоз із рослинами пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2019. Вип. 27. С. 51–61.

26. ДСТУ 4138. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Держспоживстандарт України. 2003. 148 с.

27. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.І. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

REFERENCES

- Bombelli, A., Di Paola, A., Chiriaco, M.V., Perugini, L. (2019). Climate Change, Sustainable Agriculture and Food Systems: The World After the Paris Agreement. Achieving the Sustainable Development Goals Through Sustainable Food Systems. pp. 25–34. DOI: 10.1007/978-3-030-23969-5_2
- Woodbury, P.B. (2018). Agriculture Can Mitigate Climate Change at Low Cost to Help Meet Paris Climate Agreement Goals. Bioscience. Vol. 68 (7), pp. 485–486. DOI: 10.1093/biosci/biy053
- Tataridas, A., Kanatas, P., Chatzigeorgiou, A., Zannopoulos, S. (2022). Sustainable Crop and Weed Management in the Era of the EU Green Deal: A Survival Guide. Agronomy-Basel. Vol. 12 (3), no. 589. DOI: 10.3390/agronomy12030589
- Kanatas, P., Travlos, I., Gazoulis, I., Antonopoulos, N. (2023). Biostimulants and Herbicides: A Promising Approach towards Green Deal Implementation. Agronomy-Basel. Vol. 12 (12), no. 3205. DOI: 10.3390/agronomy12123205
- Kavitha, B., Reddy, P.V.L., Kim, B., Lee, S.S. (2018). Benefits and limitations of biochar amendment in agricultural soils: A review. Journal of Environmental Management. Vol. 227, pp. 146–154. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.08.082
- Panahi, H.K.S., Dehghani, M., Ok, Y.S., Nizami, A.S. (2020). A comprehensive review of engineered biochar: Production, characteristics, and environmental applications. Journal of Cleaner Production. Vol. 270, no. 122462. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122462
- Vanholme, B., Desmet, T., Ronsse, F., Rabaey, K. (2013). Towards a carbon-negative sustainable bio-based economy. Frontiers in Plant Science. Vol. 4. DOI: 10.3389/fpls.2013.00174
- Arora, N.K., Kumar, N. (2019). Natural and Artificial Soil Amendments for the Efficient Phytoremediation of Contaminated Soil. Phyto and Rhizo Remediation. Vol. 9, pp. 1–32. DOI: 10.1007/978-981-32-9664-0_1
- Rouphael, Y., Colla, G. (2020). Toward a Sustainable Agriculture Through Plant Biostimulants: From Experimental Data to Practical Applications. Agronomy-Basel. Vol. 10, no. 1461. DOI: 10.3390/agronomy10101461
- Antar, M., Lyu, D.M., Nazari, M., Shah, A.T. (2021). Biomass for a sustainable bioeconomy: An overview of world biomass production and utilization. Renewable & Sustainable Energy Reviews. Vol. 139, no. 110691. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110691
- Hossain, M.S., Islam, M.N., Rahman, M.M., Mostofa, M.G. (2022). Sorghum: A prospective crop for climatic vulnerability, food and nutritional security. Journal of Agriculture and Food Research. Vol. 8, no. 100300. DOI: 10.1016/j.jafr.2022.100300
- Pravdyva, L.A., Honcharuk, H.S. (2023). Osoblyvosti formuvannya produktyvnosti sorgo zvyčajnogo dvokol'orovogo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ta soryzu (*S. oryzoidum*) залежно від строків сівби насіння в умовах західної частини Лісостепу України [Peculiarities of the *Sorghum bicolor* (L.) Moench and *S. oryzoidum* productivity formation under the effect of sowing timing in the western part of the Forest Steppe of Ukraine]. Novitni agrotehnologii' [Advanced Agritechnologies]. Vol. 11 (2). DOI: 10.47414/na.11.2.2023.285142.
- Pravdyva, L.A., Yalanskyi, O.V. (2022). Produktivnist' ta elementy struktury vrozhajnosti riznyh sortiv sorgo zvyčajnogo dvokol'orovogo (*Sorghum bicolor* L.) [Productivity and yield structure elements of different varieties of ordinary two-color sorghum (*Sorghum bicolor* L.)]. Novitni agrotehnologii' [Advanced Agritechnologies]. Vol. 10 (3). DOI: 10.47414/na.10.3.2022.270497.
- Pravdyva, L. (2022). Vplyv mineral'nogo zhyvlennja roslyn na formuvannya biometrychnykh pokaznykiv sorgo zernovogo [Influence of crops mineral nutrition on the biometric indicators of grain sorghum formation]. Zbirnik naukovih prac' «Agrobiologija» [Agrobiology]. no. 1, pp. 43–52. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-43-52.
- Titarenko, O., Karpuk, L. (2022). Urozhajnist' ta energetychna efektyvnist' sorgo zernovogo za riznyh zahodiv dogljadu za posivamy [Yield and energy efficiency of sorghum grain under different crop care measures]. Zbirnik naukovih prac' «Agrobiologija» [Agrobiology]. no. 1, pp. 145–151. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151.
- Ivanina, V., Pashynska, K., Smirnykh, V. (2021). Vynos ta balans elementiv zhyvlennja v agrocenozi sorgo zernovogo залежно від удобрення [Removal and balance of nutritional elements in the agrocenosis of sorghum for grain depending on fertilizer system]. Visnik agrarnoi nauki [Bulletin of Agricultural Science]. Vol. 99, no. 12, pp. 28–32. DOI: 10.31073/agrovisnyk202112-03 [In Ukrainian]
- Nurmuhammedov, A.K., Hanzhenko, O.M. (2022). Zastosuvannya biocharu u sil'skomu господарstvi [Application of biochar in agriculture (literature review)]. Bioenergetika [Bioenergy]. no. 1–2 (19–20), pp. 19–21. DOI: 10.47414/be.1-2.2022.271345.
- Diagne, N., Ngom, M., Djighaly, P.I., Fall, D. (2020). Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Plant Growth and Performance: Importance in Biotic and Abiotic Stressed Regulation. Diversity-Basel. Vol. 12 (10), no. 370. DOI: 10.3390/d12100370
- Bhantana, P., Rana, M.S., Sun, X.C., Mousa, M.G., Saleem, M.H. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi and its major role in plant growth, zinc nutrition, phosphorous regulation and phytoremediation. Symbiosis. Vol. 84 (1), pp. 19–37. DOI: 10.1007/s13199-021-00756-6
- Auge, R.M. (2001). Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza. Vol. 11 (1), pp. 3–42. DOI: 10.1007/s005720100097

21. Smith, S.E., Smith, F.A. (2011). Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Nutrition and Growth: New Paradigms from Cellular to Ecosystem Scales. *Annual Review of Plant Biology*. Vol. 62, pp. 227–250. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042110-103846

22. Smith, S.E., Jakobsen, I., Grønlund, M., Smith, F.A. (2011). Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Phosphorus Nutrition: Interactions between Pathways of Phosphorus Uptake in Arbuscular Mycorrhizal Roots Have Important Implications for Understanding and Manipulating Plant Phosphorus Acquisition. *Plant Physiology*. Vol. 156 (3), pp. 1050–1057. DOI: 10.1104/pp.111.174581

23. Jones, D.L., Hodge, A., Kuzyakov, Y. (2004). Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition. *New Phytologist*. Vol. 163 (3), pp. 459–480. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2004.01130.x

24. Khomenko, O., Datsko, A., Kvasnytska, L. (2019). Vplyv obrobky nasinnja kompleksnym mikoryzotvornym preparatom mikofrend na produktyvnist' soi' v umovah pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [Influence of seed treatment with complex mycorrhizal product mycofriend on soybean productivity in conditions of right-bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Novitni tehnologii' v APK: doslidzhennja ta upravlinnja* [The latest technologies in the agroindustrial complex: research and management]. Issue 24 (38), pp. 260–267. DOI: 10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-27.

25. Dymytrov, S.H., Sabluk, V.T., Tyshchenko, M.V., Smirnykh, V.M. (2019). Mikoryzotvorjujuchi preparaty ta i'hnij symbioz iz roslynamy psheny-ci m'jakoi' ozymoi' (*Triticum aestivum* L.) [Mycorrhizal preparations and their symbiosis with soft winter wheat plants (*Triticum aestivum* L.)]. *Naukovi praci institutu bioenergetichnih kul'tur i cukrovih burjakiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]. Issue 27, pp. 51–61.

26. DSTU 4138. Nasinnja sil's'kogospodars'kyh kul'tur. Metody vyznachennja jakosti [DSTU 4138. Seeds of agricultural plants. Methods for seed testing]. *Derzhspozhivstandart of Ukraine*, 2003, 148 p.

27. Ermantraut, E.R., Prisyazhnyuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Statistichnij analiz agronomichnih doslidnih danih v paketi Statistica 6.0. [Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica 6.0]. Kyiv, PoligrafKonsalting, 55 p.

Influence of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. seeds treatment with biological preparations on its sowing qualities

Hanzhenko O., Zlydenyi I.

The article presents the results of studies on the effect of sorghum bicolor seeds (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) treatment with a mixture of the mycorrhizal biopreparation «Mycofriend» and the biologically active adsorbent «BM-nanobiochar» on germination energy and laboratory seed germination. The optimal doses of biological preparations «Mikofrend» and «BM-nanobiochar», which ensure the maximum sowing quality of seeds, have been established. The aim of the study is to establish the optimal dose of biochar and mycorrhizal biopreparation, which ensures the highest sowing quality of sorghum bicolor seeds. The subject of the research is sowing qualities of sorghum bicolor seeds, mycorrhizal biopreparation and biochar. The research methods were biological (conducting a laboratory experiment) and statistical (descriptive statistics, dispersion, correlation and regression analyses) ones. The research results showed that the use of «Mikofrend» for the treatment of sorghum bicolor seeds at a dose of 3–6 g/kg increases the energy of seed germination to 88.63–88.00 % (control – 84.81 %) and laboratory germination to 90.69 % (control – 86.69 %). The use of biological preparation «BM-nanobiochar» at a dose of 3–6 g/kg provided an increased energy of seed germination to 88.75–87.81 % (control – 86.31 %) and laboratory germination to 90.44–90.63 % (control – 88.94 %). Increasing the dose of both tested biological preparations to 9 g/kg led to a deterioration of the sowing qualities of the seeds. In the experiment the highest germination energy (92.25 %) and laboratory germination (93.5 %) was observed when treating sorghum bicolor seeds with a mixture of «Mikofrend» and «BM-nanobiochar» at a dose of 6 and 3 g/kg respectively. The lowest rate of germination energy (81.75 %) was observed in the control variant without seed treatment with biological preparations. A close curvilinear relationship ($R^2=0.81-0.98$) was established between the sowing qualities of sorghum bicolor seeds and the doses of biological preparations «Mycofriend» and «BM-nanobiochar». The presence of a close multiple correlation between the sowing quality of the seed and its treatment with biological preparations «Mikofrend» and «BM-nanobiochar» ($R=0.867$) was proved.

Key words: germination energy, laboratory germination, mycorrhizal preparation, biochar, sustainable development, climate agreement, green European course, bioenergy.



Copyright: Ганженко О.М., Злиденний І.І. © 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:

Ганженко О.М.

Злиденний І.І.

<https://orcid.org/0000-0002-8118-1645>

<https://orcid.org/0009-0004-2787-2287>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.816

Урожайність та енергетична ефективність в агроценозі пшениці озимої за різних систем удобрення в умовах північної частини Лісостепу

Дегодюк С.Е. , Мулярчук А.О. 

ННЦ «Інститут землеробства НААН»



Мулярчук А.О. mulyar1495@gmail.com



Дегодюк С.Е., Мулярчук А.О. Урожайність та енергетична ефективність в агроценозі пшениці озимої за різних систем удобрення в умовах північної частини Лісостепу. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 21–27.

Degodyuk S., Muliarchuk A. Yield and energy efficiency in winter wheat agroecosis under different fertilization systems in the conditions of the northern part of the Forest-Steppe. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 21–27.

Рукопис отримано: 28.09.2023 р.

Прийнято: 13.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-21-27

Проведено оцінку впливу різних видів добрив на показники урожайності та енергетичної ефективності вирощування пшениці озимої. Встановлено, що найвищу продуктивність отримано за органо-мінеральної системи удобрення, яка передбачає сумісне застосування 12 т/га підстилкового гною ВРХ і мінеральних добрив у дозі $N_{100}P_{60}K_{100}$, внесених по фону дворазового підживлення комплексними хелатними добривами у дозі 2 л/га, де урожайність становила 5,67 т/га, а за внесення подвійної мінеральної ($N_{100}P_{60}K_{100}$) і потрібної дози ($N_{150}P_{90}K_{150}$) – 5,76 і 6,00 т/га відповідно. Сумісне застосування підстилкового гною і мінеральних добрив обумовило явище синергізму, адже прирости зерна пшениці озимої за роздільного внесення мінеральних і органічних добрив на 15–20 % нижчі порівняно із сумісним їх внесенням. Підвищення доз NPK у 1,5 рази до $N_{150}P_{90}K_{150}$ порівняно з $N_{100}P_{60}K_{100}$, не компенсувало відсутність гною. За органічної системи удобрення урожайність зерна була найвищою за внесення ОМБД у дозі 2 т/га по фону соломи гороху 3 т/га, яка становила 5,18 т/га з приростом 41 %, до контролю (солома). Найвищі рівні енергетичної ефективності визначено за внесення органо-мінерального добрива марки органік у дозах 1 і 2 т/га (5,4 і 5,3) та ОМБД марки 4-4-4 у дозі 1 т/га (5,2). За органо-мінеральної системи удобрення внесення $N_{50}P_{30}K_{50}$ і $N_{100}P_{60}K_{100}$ на фоні 12 т/га гною отримано показник енергетичної ефективності на рівні 3,4 і 3,7 од. відповідно. Внесення гною ВРХ у дозі 12 т/га не забезпечило значної різниці в енергії урожаю, порівняно з варіантом 6 т/га – 75755 і 73305 МДж/га відповідно, однак через збільшені енерговитрати у виробництві й внесення більшої кількості гною Кее становив 3,9 і 4,6, відповідно. Визначено тенденції до спаду Кее залежно від збільшення внесення доз мінеральних добрив, що не компенсується приростом виходу енергії від збільшення продуктивності пшениці озимої.

Ключові слова: гній ВРХ, добрива, енергетична ефективність, ОМБД, урожайність, мінеральні добрива, побічна продукція, система удобрення.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. За сучасних умов питання сталого розвитку сільськогосподарського виробництва України є актуальним у зв'язку з подорожчанням енергоносіїв, зростанням вартості умовної одиниці продукції через високу ціну мінеральних добрив, що безпосередньо впливає на продуктивність сільськогосподарських культур і є індивідуальним показником їх розвитку, в якому акумулюється їх генетичний потенціал і елементи технології вирощування. Стабіль-

на урожайність зернових культур впливає на економічний стан сільськогосподарського виробництва загалом, що визначається науково обґрунтованою системою мінерального живлення рослин [1–4, 18, 20].

Виробництво мінеральних добрив потребує значних витрат енергії. Попит на енергію з роками зростає через такі чинники як збільшення чисельності населення, урбанізація та підвищення рівня життя. Збільшення виробництва її об'ємів призвело до підвищення

глобального забруднення, скорочення природних ресурсів та продуктивних площ, що спонукає до пошуку інших підходів у господарюванні з умовою біологізації сільськогосподарського виробництва. Згідно з проведеними дослідженнями, на сірому лісовому ґрунті найвищої продуктивності досягали за органо-мінеральної системи удобрення із сумісним застосуванням гною ВРХ і мінеральних добрив [5–11].

Ефективне застосування добрив здатне забезпечити високу біологічну продуктивність, істотно зменшити енергетичні витрати. Енергетична оцінка дає можливість вибрати найбільш енергоощадну систему управління родючістю ґрунту [12–15].

Досвід запровадження ресурсо- і енергоощадних технологій показує, що їх ефективність залежить від своєчасного і чіткого дотримання всіх елементів технологічного процесу, а позитивна дія проявляється лише за умови дотримання раціонального витрачання всіх видів енергії [16–17].

Енергетичне оцінювання технологій вирощування сільськогосподарських культур здійснюють за коефіцієнтом енергетичної ефективності (К_{ее}), тобто відношенням кількості відновлюваної енергії, накопиченої у вирощеній продукції, до сукупних витрат антропогенної енергії на формування врожаю. Якщо його величина перевищує 1, то така технологія наближається до енергозберігаючої [18–20].

Мета дослідження – вивчення закономірностей впливу ефективності засобів хімізації за різних систем удобрення на урожайність та енергетичну ефективність пшениці озимої, що передбачає ресурсозберігаючі та екологоощадні технології, різні види органо-мінеральних біоактивних добрив, що мають удобрювальні, меліоруючі, йонобмінні й сорбційні властивості.

Матеріал та методи дослідження. Дослідження проводили у тривалому досліді відділу агрохімії ННЦ «ІЗ НААН» «Польовий дослід з вивчення впливу хімічних і біологічних засобів інтенсифікації у п'ятипольній польовій короткоротаційній сівозміні», культури: кукурудза на зерно, ячмінь ярий, гречка, горох, пшениця озима. Схема досліду включає 2 блоки: традиційний та органічний з 11 варіантів. Спосіб розміщення варіантів систематичний. Повторення досліду 4-разове, площа посівної ділянки – 52 м², облікової – 22 м². Ґрунт орного (0–20 см) шару характеризувався такими агрохімічними показниками: рН_{KCl} – 4,6 потенціометрично (ДСТУ ISO10390:2001); гідролітична кислотність – 1,61 мг-екв./100 г за Каппеном (ДСТУ 7537:2014), вміст легкогідролізного азоту – 50,8 мг/кг ґрунту (за Корнфілдом ДСТУ 7863:2015); рухомого фосфору – 16,8 мг/кг

ґрунту, рухомого калію – 90,2 мг/кг ґрунту за Чириковим (ДСТУ 4115:2002), вміст загального гумусу – 1,30 % (ДСТУ 4289:2004), вміст кальцію – 7,7 мг-екв./100 г, магнію – 0,5 мг-екв./100 (ДСТУ 7861:2015). У досліді висівали сорт пшениці озимої Краєвид. Застосовували мінеральні добрива: амофос та калій хлористий під оранку; амонійну селітру, половинні норми, під сівбу й ранньовесняне підживлення. Гній ВРХ вносили у дозі 60 т на 1 га під кукурудзу на зерно в середньому 12 т/га сівозмінної площі. У досліді вивчали ефективність органо-мінерального біоактивного добрива (ОМБД), виготовленого на основі гною ВРХ й твердої фракції відходів свинокомплексів, мінеральних компонентів (сорбентів, іонообмінників, меліорантів) та агрономічно цінного комплексу мікроорганізмів із співвідношенням N₄P₄K₄ (по 40 кг д.р. в 1 т). Також виготовляли ОМБД марки органік, дозволеного для застосування в органічному землеробстві. Позакореневе підживлення хелатними мікродобривами й гуматами проводили у фазі: виходу в трубку та колосіння. Склад хелатного добрива (г/л): N – 60; P₂O₅ – 160; K₂O – 60; SO₃ – 5,2; B – 0,5; Cu (EDTA) – 0,5; Fe (EDTA) – 1; Mn (EDTA) – 0,5; Zn (EDTA) – 1,0; Mo (EDTA) – 0,05. Склад гумату (г/л): K₂O – 40; гумінові кислоти – 180, фульвокислоти – 60. Солому попередника обробляли після збирання біодеструктором. Облік урожаю та показники його структури проводили згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур», 2001 р. Для визначення енергетичної ефективності застосування добрив й обробітку ґрунту у сівозміні використовували загальноприйняті методики. Дисперсійний аналіз експериментальних даних проводили з використанням програми EXSEL 2010.

Результати дослідження та обговорення. За органо-мінеральної системи удобрення досягнуто найвищої врожайності за внесення 12 т/га ріллі гною ВРХ + N₁₀₀P₆₀K₁₀₀ – 6,07 т/га з приростом до контролю (без добрив) – 2,55 т/га або 72 %. За зменшення дози мінеральних добрив удвічі (12 т/га гною ВРХ + N₅₀P₃₀K₅₀) приріст до контролю знижувався до 2,00 т/га або 57 %, що демонструє високу ефективність застосування гною ВРХ і подвійної дози мінеральних добрив (рис.1).

Найнижчу врожайність одержано на контролі без добрив – 3,52 т/га. За внесення гною ВРХ у дозі 12 т/га врожайність пшениці озимої досягала 4,61 т/га з приростом 31 %. Проте за дворазового зменшення дози гною (до 6 т/га) продуктивність посіву дещо знижувалася й становила 4,47 т/га, перевищуючи контроль – без добрив на 0,95 т/га, або 27 %.

Отже, сумісне застосування підстилкового гною й мінеральних добрив обумовлює явище синергізму, адже приріст зерна пшениці озимої за роздільного внесення мінеральних і органічних добрив на 15–20 % нижче, порівняно із сумісним їх внесенням. Підвищення доз NPK у 1,5 рази до $N_{150}P_{90}K_{150}$ порівняно з $N_{100}P_{60}K_{100}$, не компенсує відсутність гною. Застосування 1 т/га ОМБД 4-4-4 (0,5 т/га + N_{40}) за ефективністю не поступалося дії 12 т/га гною + $N_{50}P_{30}K_{50}$ за органо-мінеральної системи удобрення, відповідно 5,06 і 5,52 т/га.

Органічний блок польового дослідження включає застосування підстилкового гною, біодеструктора, соломи, ОМБД марки органік. За середньої урожайності за 2021–2023 рр., на контролі (солома) – 3,68 т/га зерна пшениці, за внесення 12 т/га гною, 3 т/га соломи + гуматне добриво + біодеструктор отримано 4,94 т/га з приростом до контролю 34 %. Враховуючи дефіцит гною, зумовлений скороченням тваринництва, одним з виходів є застосування побічної продукції рослинництва. Систематичне внесення її разом з біодеструктором забезпечило приріст урожайності до 25 % порівняно з контролем (солома) (рис. 2).

За відновлюваної системи удобрення із внесенням компенсуючої дози азоту (N_{30}) приріст

врожаю зерна пшениці озимої підвищувався до 33 %, а за внесення по соломі біодеструктора + N_{30} , за такого ресурсного забезпечення досягнуто урожайності 5,08 т/га, або 38 % до контролю (рис. 2.).

Для складання оптимальної системи удобрення слід враховувати енерговитрати, які були отримані за виробництва усіх видів добрив, а також їх внесення. За традиційних систем удобрення фіксували один з найвищих коефіцієнтів енергоефективності – 4,5, водночас приріст енергії становив 45244 МДж/га. Внесення гною ВРХ у дозі 12 т/га не забезпечило значної різниці в енергії урожаю, порівняно з варіантом 6 т/га – 75755 і 73305 МДж/га відповідно, однак через збільшені енерговитрати у виробництві й внесення більшої кількості гною Кее становив 3,9 і 4,6, що свідчить про енергетичну нераціональність внесення підвищених доз гною.

Застосування гною ВРХ і мінеральних добрив сприяло отриманню одних з найвищих показників приросту енергії, але, водночас, значно підвищувалися енерговитрати до рівня 24593 МДж/га за 12 т/га + $N_{50}P_{30}K_{50}$ і 29726 МДж/га за 12 т/га + $N_{100}P_{60}K_{100}$. Саме підвищення дози мінерального компоненту спонукає до збільшення енерговитрати, порівняно з виходом енергії (табл. 1).

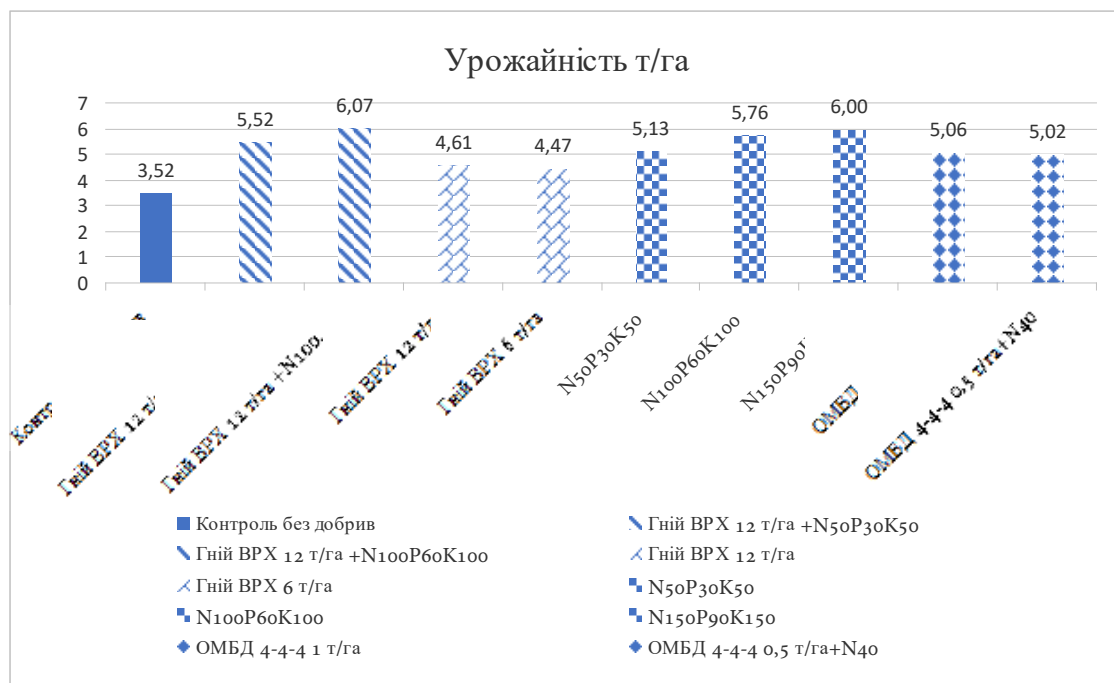


Рис.1. Урожайність зерна пшениці озимої за традиційних систем удобрення у польовій сівозміні на сірому лісовому ґрунті, середнє за 2021–2023 рр., т/га

Примітка: * – хелатне добриво 2 л/га.

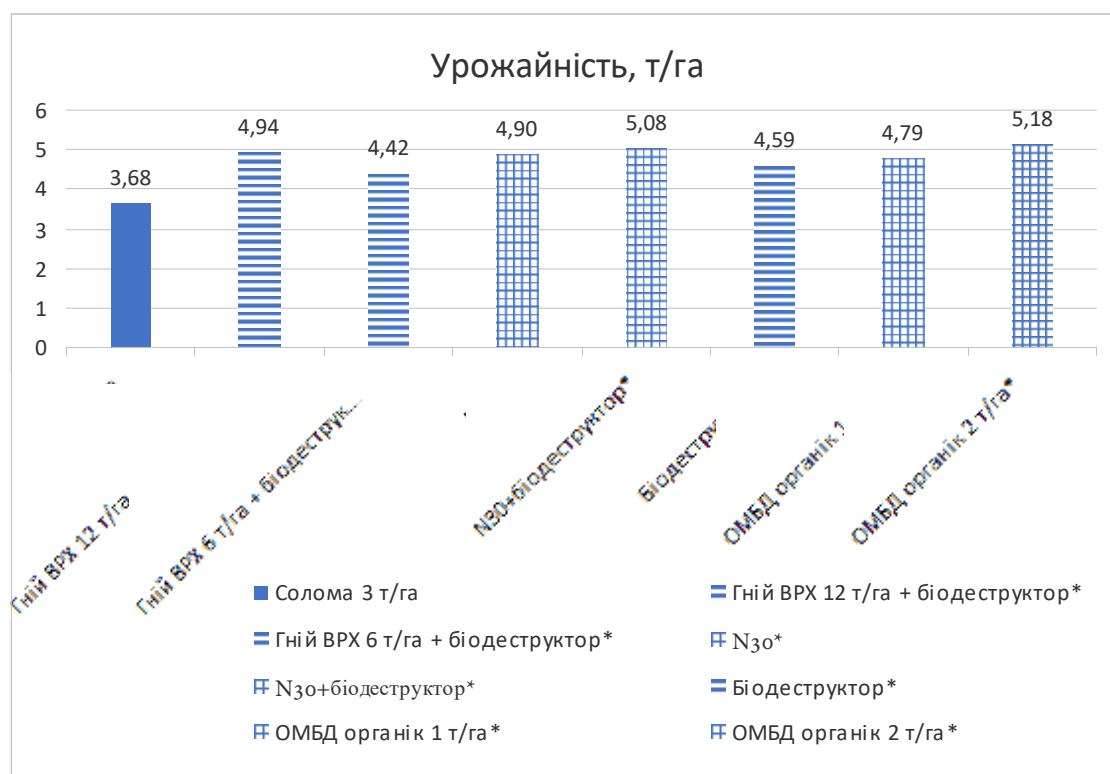


Рис. 2. Урожайність зерна пшениці озимої за органічної та відновлюваної систем удобрення у польовій сівозміні на сірому лісовому ґрунті, середнє за 2021–2023 рр., т/га.

Примітка: * – гуматне добриво + пп.

Таблиця 1 – Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої на сірому лісовому ґрунті, за традиційних систем удобрення, середнє за 2021–2023 рр., МДж

Удобрєння на 1 га ріллі	Енергоємність добрив, МДж/га	Всього енерговитрат, МДж/га	Енергія урожаю	Приріст енергії, МДж/га	Коефіцієнт енергоефективності, Од.
Контроль (без добрив)	-	13020	58264	45244	4,5
Гній ВРХ 12 т/га+N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀ *	10173	24593	90771	66178	3,7
Гній ВРХ 12 т/га+N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀ *	15306	29726	100180	70453	3,4
Гній ВРХ 12 т/га*	5040	19500	75755	56255	3,9
Гній ВРХ 6 т/га*	2520	16020	73305	57285	4,6
N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀ *	5133	19033	84136	65103	4,4
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀ *	10266	24166	93348	69182	3,9
N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₅₀ *	15399	29299	98539	69073	3,3
ОМБД 4-4-4 1 т/га*	1700	16100	83700	67600	5,2
ОМБД 4-4-4 0,5 т/га + N ₄₀ *	4322	17022	82849	65826	4,9

Примітка: * – хелатне добриво 2 л/га.

За мінеральної системи удобрення органічна система була нижчою за енергоефективністю, порівняно з відновлюваною з внесенням ОМБД марки 4-4-4 у дозі 1 т/га і 05, т/га +N₄₀ на 20–30 %. Це відкриває перспективу його застосування в енергоощадному землеробстві.

За органічної й відновлюваної систем удобрення визначено значне підвищення коефіцієнта енергоефективності порівняно з традиційними. Найвищий коефіцієнт енергоефективності у розмірі 5,4 був за застосування біодеструктора, а також ОМБД марки органік у дозі 1 т/га по фоні соломи гороху. На решті варіантів він коливався від 4,4 до 5,2, значно перевищуючи показник для оцінки енергобалансованості агротехнологій порівняно з традиційними системами удобрення.

Відновлювана система удобрення за внесення ОМБД марки органік у дозі 2 т/га мала найбільший вихід енергії – 85103 МДж/га, що наближається за цим показником до органо-мінеральної одинарної (12 т/га гною + N₅₀P₃₀K₅₀), це характеризується високою ефективністю та перспективністю застосування і виробництва цих добрив для органічного землеробства (табл. 2).

Висновки. 1. Проведено польові та лабораторні дослідження з визначення енергетичної ефективності й врожайності пшениці озимої за екстенсивного ведення сівозміни (без добрив) та за органо-мінеральної, мінеральної, органічної і відновлюваної систем удобрення.

2. Виявлено, що найвищий рівень урожайності пшениці озимої був за органо-мінеральної системи удобрення – 12 т/га підстилкового гною ВРХ + N₁₀₀P₆₀K₁₀₀ (6,07 т/га) та за мінеральної потрійної (N₁₅₀P₉₀K₁₅₀) з приростами 72 і 71 % до контролю (без добрив) – 3,52 т/га. За відновлюваної системи удобрення найвищого приросту було досягнуто за внесення ОМБД органік у дозі 2 т/га по фоні соломи і гуматів з приростом 1,50 т/га (41 %) до контролю (солома гороху).

3. У зв'язку з підвищенням енерговитратності за зростання хімічного навантаження на сівозміну площу, визначено найвищий показник приросту енергії врожаю за органо-мінеральної інтенсивної – 12 т/га підстилкового гною ВРХ + N₁₀₀P₆₀K₁₀₀ більше 100 тис. МДж з наближенням до неї потрійної дози добрив (N₁₅₀P₉₀K₁₅₀) за мінеральної системи удобрення, по фоні позакореневого підживлення хелатним добривом у дозі 2 л/га.

Таблиця 2 – Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої за органічної та відновлюваної систем удобрення в польовій сівозміні на сірому лісовому ґрунті, середнє за 2021–2023 рр., МДж

Удобрєння на 1 га ріллі	Енергоємність добрив, МДж/га	Всього енерговитрат, МДж/га	Енергія урожаю	Приріст енергії, МДж/га	Коефіцієнт енергоефективності, Од.
Солома 3 т/га (контроль)	-	12586	60450	47728	4,8
Гній ВРХ 12 т/га+ біодеструктор*	5040	17626	81086	62836	4,4
Гній ВРХ 6 т/га+ біодеструктор*	2520	15106	72304	56894	4,7
N ₃₀ *	2688	15274	80580	65064	5,2
Біодеструктор + N ₃₀	2788	15374	83734	68084	5,3
Біодеструктор*	100	12686	75279	61115	5,4
ОМБД органік 1 т/га*	1700	14286	78442	63953	5,4
ОМБД органік 2 т/га*	3400	15986	85103	69090	5,3

Примітка: * + гуматне добриво + пп.

4. Найнижчі значення коефіцієнта енергетичної ефективності одержано за інтенсивної орґано-мінеральної системи удобрення (12 т/га гною $\text{BRX} + \text{N}_{100} \text{P}_{60} \text{K}_{100}$) – 3,4 од. та мінеральної ($\text{N}_{150} \text{P}_{90} \text{K}_{150}$) – 3,3 од., а найвищі показники Кее становили за внесення 1 т/га ОМБД марки 4-4-4, – 5,2 од., та ОМБД органік (2 т/га) – 5,4 од., що свідчить про перспективність застосування у виробництві комплексних полікомпонентних орґано-мінеральних біоактивних добрив.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 208 с.
2. Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України / за ред. В.Ф. Камінського. Київ: Едельвейс, 2015. 428 с.
3. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві. Рівне: Волинські обереги, 2007. 320 с.
4. Рогальський С.В. Відтворення енергетичного потенціалу ґрунту у Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2001. № 4. С. 75–76.
5. Іваніна В.В. Біологізація удобрення культур у сівозмін. Київ: ЦП «Компринт», 2016. 328 с.
6. Іваніна В.В. Роль добрив в підвищенні енергетичної ефективності агротехнологій. Вісник аграрної науки. 2013. № 3. С. 20–24.
7. Іваніна В.В. Енергетична ефективність агротехнологій за різних систем удобрення зернобурякової сівозміни. Цукрові буряки. 2017. № 6 (90). С. 17–19.
8. Сінченко В.М. Ефективність сучасного землеробства на основі його енергетичного базису. Вісник аграрної науки. 2004. № 11. С. 14–17.
9. Танчик С.П., Цюк О.А., Центило Л.В. Наукові основи систем землеробства. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2015. 314 с.
10. Тараріко Ю.О., Несмашна О.Є., Глущенко Л.Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Нора-прінт, 2011. 60 с.
11. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва / Ю.О. Тараріко та ін. Київ: Аграрна наука, 2005. 200 с.
12. Цвей Я.П. Біоенергетична оцінка продуктивності різноротаційних сівозмін. Збірник наукових праць ІБКЦБ. 2011. Вип. 12. С. 46–55.
13. Цвей Я.П. Біоенергетична оцінка продуктивності різноротаційної сівозміни. Наук. праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук. пр. 2012. Вип. 12. С. 46–54.
14. Господаренко Г.М., Черно О.Д. Урожайність пшениці озимої після різних попередників на фоні тривалого застосування добрив у сівозміні. Землеробство: міжвід. темат. наук. зб. 2015. Вип. 1. С. 28–31.
15. Довідник з вирощування озимої пшениці / В.В. Лихочвор та ін. Львів: Українські технології, 1998. С. 54–56.

16. Особливості вирощування озимої пшениці у Степу України / Є.М. Лебідь та ін. Наук.-техн. бюл. МП. 2008. Вип. 8. С. 335–344.

17. Господаренко Г.М. Система застосування добрив. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 376 с.

18. Чабан В.Г. Вплив добрив та пестицидів на продуктивність рослинництва. Економіка АПК. 1999. № 11. С. 29–31.

19. Марчук І. Сучасні добрива – на варті врожаю. Пропозиція. 2009. № 4. С. 42–45.

20. Грабовський М.Б., Павліченко К.В., Козак Л.А., Качан Л.М. Енергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи для виробництва біогазу за використання макро- і мікродобрив. Зернові культури. 2022. № 1. С. 100–107. DOI: 10.31867/2523-4544/0212

REFERENCES

1. Medvedovsky, O.K., Ivanenko, P.I. (1988). Enerhetychnyi analiz intensyynykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Energy analysis of intensive technologies in agriculture]. Kyiv, Harvest, 208 p.
2. Kaminskyi, V.F. (2015). Naukovi osnovy efektyvnoho rozvytku zemlerobstva v ahrolandshaftakh Ukrainy [Scientific ground of effective development of agriculture in agrolandscapes of Ukraine]. Kyiv, Edelweis, 428 p.
3. Polovyi, V.M. (2007). Optymizatsiia system udobrennia u suchasnomu zemlerobstvi [Optimization of fertilizer systems in modern agriculture]. Rivne, Volyn amulets, 320 p.
4. Rohalskyi, S.V. (2001). Vidtvorennia enerhetychnoho potentsialu ґruntu u Lisostepu [Restoration of the energy potential of the soil in the forest-steppe]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of agricultural science]. no. 4, pp. 75–76.
5. Ivanina, V.V. (2016). Biolohizatsiia udobrennia kultur u sivozminakh [Biologization of fertilization in crop rotations]. Kyiv, Komprynt, 328 p.
6. Ivanina, V.V. (2013). Rol dobriv v pidvyshcheni enerhetychnoi efektyvnosti ahrotekhnolohii [The role of fertilizers in increasing the energy efficiency of agrotechnologies]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of agricultural science]. no. 3, pp. 20–24.
7. Ivanina, V.V. (2017). Enerhetychna efektyvnist ahrotekhnolohii za riznykh system udobrennia zernoburiakovoї sivozminy [Energy efficiency of agrotechnologies in different fertilizer systems of grain-bucket crop rotation]. Tsukrovi buriaky [Sugar beets]. no. 6(90), pp. 17–19.
8. Sinchenko, V.M. (2004). Efektyvnist suchasnoho zemlerobstva na osnovi yoho enerhetychnoho bazysu [Efficiency of modern agriculture on the basis of its energy basis]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of agricultural science]. no. 11, pp. 14–17.
9. Tanchyk, S.P., Tsiuk, O.A., Tsentylo, L.V. (2015). Naukovi osnovy system zemlerobstva [Scientific fundamentals of agricultural systems]. Vinnytsia, Nilan-LTD, 314 p.
10. Tarariko, Yu.O., Nesmashna, O.Ye., Hlushchenko, L.D. (2011). Enerhetychna otsinka system

zemlerobstva i tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Energy assessment of agricultural systems and technologies for growing crops]. Kyiv, Nora-print, 60 p.

11. Tarariko, Yu.O., Nesmashna, O.Yu., Berdnikov, O.M., Hlushchenko, L.D., Lychuk, H.I. (2005). Bioenerhetychna otsinka silskohospodarskoho vyrobnytstva [Bioenergy evaluation of agricultural production]. Kyiv, Agrarian science, 200 p.

12. Tsvei, Ya.P. (2011). Bioenerhetychna otsinka produktyvnosti riznorotatsiinykh sivozmin [Bioenergetic estimation of productivity of diversified crop rotation]. Zbirnyk naukovykh prats IBKTSB [Collection of scientific works of the IBKTSB]. Issue 12, pp. 46–55.

13. Tsvei, Ya.P. (2012). Bioenerhetychna ocinka produktyvnosti riznorotacijnoi' sivozminy [Bioenergetic estimation of productivity of diversified crop rotation]. Nauk. prac Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burakiv [Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]. Issue 12, pp. 46–54.

14. Gospodarenko, G.M., Chernov, O.D. (2015). Urozhajnist' pshenyci ozymoi' pislja riznyh poperednykiv na foni tryvaloogo zastosuvannja dobryv u sivozmini [Yield of winter wheat after different predecessors against the background of long-term use of fertilizers in crop rotation]. Zemlerobstvo: mizhvid. temat. nauk. zb. [Agriculture: Int. subject of science coll.]. Issue 1, pp. 28–31.

15. Vloh, V.G., Bomba, M.Ya., Lihochvor, V.V. (1998). Dovidnyk z vyroshchuvannja ozymoi' pshenyci [Handbook on the cultivation of winter wheat]. Lviv, Ukrainian Technologies, pp. 54–56.

16. Lebid, E.M., Cherenkov, A.V., Solodushko, M.M. (2008). Osoblyvosti vyroshchuvannja ozymoi' pshenyci u Stepu Ukrainy [Features growing winter wheat in the Steppe of Ukraine]. Nauk.-tehn. bjul. MIP [Scientific and technical Bull. MIP]. Issue 8, pp. 335–344.

17. Gospodarenko, H.M. (2018). Systema zastosuvannja dobryv [Fertilizer application system]. Kyiv, SIK GROUP UKRAINE LLC, 376 p.

18. Chaban, V.G. (1999). Vplyv dobryv ta pestydydiv na produktyvnist' roslinnyctva [The influence of fertilizers and pesticides on the productivity of crop production]. Ekonomika APK [Economy of agro-industrial complex]. no. 11, pp. 29–31.

19. Marchuk, I. (2009). Suchasni dobryva – na varti vrozhanu [Modern fertilizers are worth the harvest]. Propozycja [Offer]. no. 4, pp. 42–45.

20. Grabovskyi, M.B., Pavlichenko, K.V., Kozak, L.A., Kachan, L.M. (2022). Enerhetychna efek-

tyvnist' vyroshchuvannja gibrydiv kukurudzy dlja vyrobnytstva biogazu za vykorystannja makro-i mikro-dobryv [Energy efficiency of growing corn hybrids for biogas production using macro- and microfertilizers]. Zernovi kul'tury [Cereal crops]. no. 1, pp. 100–107. DOI: 10.31867/2523-4544/0212

Yield and energy efficiency in winter wheat agroecosystem under different fertilization systems in the conditions of the northern part of the Forest-Steppe Degodyuk S., Muliarchuk A.

The influence of different types of fertilizers on the yield and energy efficiency of winter wheat cultivation was evaluated. It was found that the highest productivity was obtained under the organic-mineral fertilizer system, which involves the combined use of 12 t/ha of cattle bedding manure and mineral fertilizers in a dose of $N_{100}P_{60}K_{100}$, applied against the background of two-time fertilization with complex chelated fertilizers at a dose of 2 l/ha, where the yield was 5.67 t/ha, and when applying a double mineral dose ($N_{100}P_{60}K_{100}$) and a triple dose ($N_{150}P_{90}K_{150}$) – 5.76 and 6.00 t/ha respectively, which in terms of yield growth was lower than the NIR05 values. The combined use of litter manure and mineral fertilizers resulted in a synergistic effect, as winter wheat grain yields were 15–20 % lower when mineral and organic fertilizers were applied separately than when they were applied together. Increasing NPK doses by 1.5 times to $N_{150}P_{90}K_{150}$ compared to $N_{100}P_{60}K_{100}$ did not compensate for the lack of manure. Under the organic fertilizer system, the grain yield was the highest when OMBF was applied at a dose of 2 t/ha against a background of pea straw 3 t/ha, which amounted to 5.18 t/ha with an increase of 41 %, compared to the control (straw). The highest levels of energy efficiency were determined for the application of organic-mineral fertilizer of the organic brand in doses of 1 and 2 t/ha (5.4 and 5.3) and OMBF brand 4-4-4 in a dose of 1 t/ha (5.2). Under the organic-mineral system of fertilizing application of $N_{50}P_{30}K_{50}$ and $N_{100}P_{60}K_{100}$ at the background of 12 t/ha of manure established the index of energy efficiency at the level of 3.4 and 3.7 units, respectively. Application of cattle manure at a dose of 12 t/ha did not provide a significant difference in crop energy, compared to the variant 6 t/ha – 75755 and 73305 MJ/ha respectively, but due to increased energy inputs in production and application of more manure the energy efficiency was 3.9 and 4.6 respectively.

Key words: cattle manure, fertilizers, OMBF, yield, mineral fertilizers, by-products, fertilizer system, energy efficiency.



Copyright: Дегодюк С.Е., Мулярчук А.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:

Дегодюк С.Е.
Мулярчук А.О.

<https://orcid.org/0000-0003-2293-6654>
<https://orcid.org/0009-0004-5947-1111>



УДК 633.179: 631. 53.01:631.559

Спосіб збирання насіння проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.)Дрига В.В. , Доронін В.А. , Гончарук Г.С.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

 E-mail: Дрига В.В. vikadryga@gmail.com

Дрига В.В., Доронін В.А., Гончарук Г.С.
Спосіб збирання насіння проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.). «Агробіологія», 2023. № 2. С. 28–33.

Dryga V., Doronin V., Honcharuk H. Method of millet seeds harvesting (*Panicum virgatum* L.). «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 28–33.

Рукопис отримано: 25.09.2023 р.

Прийнято: 10.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-28-33

У статті наведено результати досліджень з ефективності різних способів збирання насіння проса прутіподібного – роздільного та прямого. Зокрема, роздільний спосіб з дозріванням і підсушуванням насіння на скошених рослинах та прямий спосіб з дозріванням і підсушуванням обмолоченого насіння відразу після скошування рослин. Важливим елементом технології збирання насіння є визначення оптимальних строків скошування рослин. Встановлено, що оптимальним способом збирання насіння проса прутіподібного є роздільний спосіб, за якого якість насіння достовірно підвищується незалежно від строків скошування насінників у валок за побуріння волоті від 75 % – початок скошування до 100 % – закінчення скошування. За роздільного способу збирання як за побуріння 50 % волоті енергія проростання, схожість насіння та маса 1000 насінин достовірно підвищилися, відповідно на 5 %, 4 % та 0,17 г, так і за побуріння 75–100 % волоті, порівняно з прямим способом збирання. Підвищення якості насіння за роздільного способу збирання, коли насіння дозріває і підсушується на скошених рослинах обумовлено відтоком поживних речовин з рослини до насіння, чого немає за прямого способу збирання, де дозрівання і підсушування насіння проходить в буртах відразу після його обмолочення. На якість насіння істотно впливали строки скошування насінників як за роздільного, так і прямого способів збирання. Зокрема, за прямого способу збирання і побуріння волоті 100 % енергія проростання і схожість збільшилися на 6 %, маса 1000 насінин – на 0,25 г, порівняно зі строком скошування за побуріння волоті 50 %. Цей спосіб збирання насіння проса прутіподібного не енергоємний і можливий для застосування в насінницьких господарствах, які вирощують насіння культури. З метою отримання якісного насіння проса прутіподібного збирання насіння доцільно проводити роздільним способом, скошування насінників у валок за побуріння волоті від 75 % (початок скошування) до 100 % (закінчення скошування), дозрівання насіння на скошених рослинах і після цього його обмолочувати. За прямого способу збирання якість насіння достовірно знижується.

Ключові слова: побуріння волоті, роздільний спосіб, енергія проростання, схожість, маса 1000 насінин.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Найперспективнішими видами біоенергетики є використання біомаси рослинного походження – фітоенергетики. Енергетичні рослини характеризуються значним урожаєм й невибагливістю до умов вирощування. Для виробництва біопалива перспективною багаторічною злаковою рослиною є просо пруті-

подібне – свічграс (*Panicum virgatum* L.), яка забезпечує відносно високий урожай, низьку потребу у воді та підживленні, надійну продуктивність у широкому географічному ареалі, зменшення ерозії ґрунту, поглинання вуглецю та покращення середовища дикої природи [1] й належить до рослин з C₄ способом фотосинтезу [2]. Просо прутіподібне (*Panicum virgatum* L.) –

багаторічна трав'яниста рослина з родини тонконогових (*Poaceae*) роду просових, містить більш ніж 450 різних видів, що різняться за морфологічними ознаками генеративних органів та мають п'ять різних базових хромосомних чисел (від 8 до 15) [3].

Просо прутноподібне має відносно малі розміри насіння з високим рівнем стану біологічного спокою, тому технологічні заходи вирощування та післязбиральної і передпосівної підготовки насіння мають бути спрямовані на зниження біологічного стану спокою насіння та підвищення інтенсивності його проростання. До таких технологічних прийомів, насамперед, належать оптимальні строки скошування насінників, обмолочування насіння та післязбиральне його очищення.

Просо прутноподібне розмножується насінням і кореневищем [4, 5]. Насіннина може бути жовто-коричневою, коричневою та темно-коричневою. За масою 1000 шт. виділяють три групи: з малою масою – до 1,5 г; середньою масою – 1,5–1,8 г та великою масою – понад 1,8 г [6].

Насіння може бути в стані вимушеного і глибокого спокою, що залежить від низки зовнішніх і внутрішніх чинників. За глибокого стану спокою насіння або бруньки на продуктивних органах не проростають навіть за сприятливих умов. Вимушеним стан спокою буває тоді, коли насіння і бруньки здатні проростати, але для цього немає відповідних умов – низькі температури, нестача води, повітря [7]. Саме стан біологічного спокою призводить до зниження схожості насіння і є стримуючим чинником для широкого впровадження у виробництво біоенергетичної культури проса прутноподібного. Тому актуальним є розробка та впровадження у виробництво способу зниження біологічного стану спокою і, відповідно – підвищення схожості насіння.

Якість насіння формується не лише зі створенням нових сортів, а також залежить від ґрунтово-кліматичних умов його вирощування та елементів технології, особливо від строків і способів його збирання.

Правильне визначення строків та способів збирання насіння набуває важливого значення, оскільки вони впливають як на урожайність, так і його якість. Насіння свічграсу після дозрівання схильне до осипання, що потребує визначення оптимального строку і способу його збирання. Скошування насінників в надто ранні і надто пізні строки призводить до значного погіршення посівних якостей насіння та зниження його врожайності. За ранніх строків збирання насіння схожість його знижувалась на 10 %, за більш пізніх строків – зменшувалась

ся врожайність насіння на 35 % [8]; за даними В.Л. Корнієнка [9], за ранніх строків збирання у порівнянні з оптимальними схожість насіння зменшувалась на 18–33 %, за більш пізніх – на 6–8 %. За збирання насінників у ранні строки енергія проростання і схожість насіння зменшувалися на 5 %, а це безпосередньо впливає на польову схожість [10]. Стан біологічного спокою насіння і, відповідно – зниження його схожості може бути спричинено зниженням активності зародка – він незрілий чи нерозвинений [11, 12].

Досліджень щодо способів збирання насіння проса прутноподібного майже немає. Дослідженнями Є.В. Войненко [13] виявлено, що строки збирання впливають на якість насіння, навіть у разі збирання насіння за суцільного 100 % побуріння рослин схожість становила лише 10 %.

Вчені Johna J. Brejda та ін. [14] запропонували спосіб збирання, згідно з яким скошують насінники, коли з верхівок волоті насіння почало висипатися, а на нижніх гілках волоті воно було твердим і коричневим. Однак недоліком цього способу є те, що збирання насіння розпочинають за висипання його з верхніх гілок волоті, що призводить до втрат насіння уже на початку його збирання і, відповідно – до зменшення урожайності, якості та збільшення собівартості насіння.

Визначити строки збирання насінників можливо за морфологічними ознаками, в днях від початку цвітіння насінників [15, 16], за показниками побуріння плодів, борошністості перисперму насінини та його вологості [9], за вмістом хлорофілу в насінневій оболонці, який визначають за допомогою збудження його ренгівськими променями [17], за сумою активних температур на період збирання і чим вища сума температур, тим вищими будуть врожайність і схожість насіння [18]. У наших дослідженнях строки збирання визначали за ступенем побуріння волоті та рослин.

Промислове вирощування сировини цієї культури для біопалива неможливе без достатньої кількості якісного насіння. Тому, дослідження та розробка способу збирання насіння культури, що забезпечить підвищення його схожості є актуальним.

Метою дослідження було розроблення способу збирання насіння проса прутноподібного, який забезпечить високу його якість.

Матеріал та методи дослідження. Польові та лабораторні дослідження проводили в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків та в умовах Ялтушківської дослідно-селекційної станції в 2018–2020 рр.

Схемою досліджу передбачено збирання насіння роздільним способом з дозріванням й підсушуванням насіння на скошених рослинах та прямим способом з дозріванням і підсушуванням обмолоченого насіння відразу після скошування рослин – за 50, 75 та 100 % побуріння волоті. Енергію проростання та схожість насіння визначали за методикою Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків [19]. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного аналізу за методом Фішера [20] з використанням методичних рекомендацій [21].

Результати дослідження та обговорення.

Є два способи збирання насіння: роздільний спосіб з дозріванням і підсушуванням насіння на скошених рослинах та прямий спосіб з дозріванням і підсушуванням обмолоченого насіння відразу після скошування рослин. Важливим елементом технології збирання насіння є визначення оптимальних строків скошування рослин.

Дослідженнями доведено, що оптимальним способом збирання насіння проса прутіноподібного є роздільний спосіб, за якого якість насіння достовірно підвищується незалежно від строків скошування насінників у валок за побуріння волоті від 75 % – початок скошування до 100 % – закінчення скошування (табл. 1).

Підвищення якості насіння за роздільного способу збирання, коли насіння дозріває і підсушується на скошених рослинах обумовлено відтоком поживних речовин з рослини до насіння, чого немає за прямого способу збирання, де дозрівання і підсушування насіння проходить в буртах відразу після його обмолочення.

На якість насіння істотно впливали строки скошування насінників як за роздільного, так і прямого способів збирання. Зокрема, за прямого способу збирання й побуріння волоті 100 % енергія проростання і схожість збільшилися на 6 %, маса 1000 насінин – на 0,25 г, порівняно зі строком скошування за побуріння волоті 50 %. Аналогічне підвищення якості насіння було за роздільного способу збирання і побуріння волоті 50 та 75 %.

Оптимальним способом збирання насіння проса прутіноподібного є роздільний спосіб, яким передбачено скошування рослин у валки, підсихання та дозрівання насіння на скошених рослинах і його обмолочування. Розроблений спосіб збирання насіння проса прутіноподібного не енергоємний і можливий для застосування в насінницьких господарствах, які мають зернозбиральні комбайни та повітряно-решітну машину для післязбирального очищення вороху насіння. Впровадження цього способу збирання

Таблиця 1 – Якість насіння проса прутіноподібного залежно від способів його збирання (Ялтушківська ДСС, середнє за 2018–2020 рр.)

Варіант – спосіб збирання		Енергія проростання, %	Схожість, %	Маса 1000 насінин, г
спосіб збирання	скошування рослин за побуріння, %			
Прямий	50	61	63	1,61
	75	63	67	1,83
	100	67	69	1,86
Роздільний	50	66	67	1,78
	75	72	72	1,80
	100	75	76	1,86
НІР _{0,05 заг.}		4,5	4,8	0,10
НІР _{0,05 спосіб збирання}		1,8	1,6	0,03
НІР _{0,05 строк скошування}		1,8	1,2	0,04

За роздільного способу збирання й побуріння 50 % волоті енергія проростання, схожість насіння та маса 1000 насінин достовірно підвищилися, відповідно – на 5 % (НІР_{0,05 спосіб збирання} = 1,8 %), 4 % (НІР_{0,05 спосіб збирання} = 1,6 %) та 0,17 г (НІР_{0,05 спосіб збирання} = 0,03 г), за побуріння 75–100 % волоті енергія проростання збільшилася на 8–9 % (НІР_{0,05} = 1,6 %), схожість насіння на 5–7 % (НІР_{0,05} = 1,6 %), порівняно з прямим способом збирання.

насіння проса прутіноподібного забезпечить зниження біологічного стану спокою насіння, підвищення його схожості та отримання в достатній кількості високосхожого насіння, необхідного для закладання промислових посівів культури на біопаливо.

Прямий спосіб збирання можна використовувати за умови, що насінницький посів чистий від бур'янів та за погодних умов, коли неможливе збирання насіння роздільним способом.

Однак, обмолочування насіння з рослин відразу після їх скошування і підсушування поза рослиною призводить до істотного зниження його енергії проростання – на 8–9 % та схожості – на 5–7 %, порівняно з обмолочуванням насіння після його дозрівання і підсушування на рослині за оптимального строку скошування насінників.

Дослідженням впливу чинників на якість насіння з'ясовано, що в середньому за роки дослідження найбільший вплив на енергію проростання та схожість насіння мали умови вирощування – чинник умови року, відповідно – 82,4 та 73,1 %. Частка впливу чинника строк збирання на енергію проростання становила 3,6 %, на схожість – 5,7 %, частка впливу чинника спосіб збирання становила, відповідно – 6,6 та 5,7 %. На масу 1000 насінин найбільший вплив (41,1 %) мали строки збирання насіння, а вплив чинника умови року становив 22,3 %.

З метою запобігання зігрівання насіння та зниження його схожості відразу після обмолочування, ворох насіння очищають від крупних та дрібних домішок на повітряно-решітних машинах, які обладнані аспіраційними колонками або на решітних машинах та аспіраційній колонці за швидкості повітря в колонці, щоб у відхід не потрапляло виповнене насіння, а лише дрібні домішки та пил.

Роздільний спосіб збирання насіння за побуріння волоті 75–100 % проса прутіподібного забезпечує отримання якісного насіння в достатній кількості, що сприятиме широкому впровадженню культури у виробництво для виготовлення біопалива.

Висновки. З метою отримання якісного насіння проса прутіподібного збирання насіння доцільно проводити роздільним способом, скошування насінників у валок за побуріння волоті від 75 % (початок скошування) до 100 % (закінчення скошування), дозрівання насіння на скошених рослинах і після цього його обмолочувати. За прямого способу збирання якість насіння достовірно знижується.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Shastri Y.N., Hansen A.C., Rodriguez L.F., Ting K.C. Switchgrass – practical issues in developing a fuel crop. In CABI Reviews. CABI Publishing, 2012. 7(37). P. 1–14. DOI: 10.1079/pavsnr20127037
2. Щербакова Т.О., Рахметов Д.Б. Особливості будови пагонів проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) в умовах інтродукції в Правобережному Лісостепу та Поліссі України. Plant Varieties Studying and protection. 2017. Т. 13. № 1. С. 85–88.
3. Christian D.G., Elbersen H.W. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). In: N. El Bassam. Energy plant species. Their use and impact on environment and development. London: James and James publishers, 1998. P. 257–263.
4. Switchgrass variety choice in Europe / H.W. Elbersen et al. Aspects of Applied Biology. 2001. 65. P. 21–28.
5. Beaty E.R., Engel J.L., Powell J.D. Tiller development and growth in switchgrass. Range Manage. 1978. 31. P. 361–365.
6. Кулик М.І., Рожко І.І. Закономірності формування урожайності насіння проса прутіподібного в умовах Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. № 4. С. 85–99.
7. Барабаш О.Ю., Тараненко Л.К., Сич З.Д. Біологічні основи овочівництва. Київ: Арістей, 2005. 350 с.
8. Kristek A., Matic J. Utreeoj gostace usjeve i termina zetje na prinosi kvalitet sjemena secerne repe. Agronomski glasnik (Zagreb). 1984. P. 259–269.
9. Корниенко В.Л. Оптимальные сроки уборки семенников. Сахарная свекла. 1980. № 6. 34 с.
10. Носальский В.В., Островский Л.Л., Доронин В.А. Сроки уборки МС гибридов. Сахарная свекла. 1992. № 3. С. 43–45.
11. Adkins S.W., Bellaires S.M., Loch D.S. Seed dormancy mechanismus in warm season grass species. Euphytica. 2002. Vol. 126. No 1. P. 13–20. DOI: 10.1023/A1019623706427.
12. Different seed dormancy levels imposed by tissues covering the Cypripis in zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud) / M. Li et al. Seed Science and Technology. 2010. Vol. 38. No 2. P. 320–331.
13. Войненко Є.В. Особливості формування насіння проса лозовидного (світгра-су). 2018. URL: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/3107>
14. Brejda J.J., Brown J.R., Wyman G.W., Schumacher W.K. Management of switchgrass for forage and seed production. Journal of Range Management. 1994. 47(1). P. 4722–4727.
15. Добротворцева А.В. Уборка и молотба высадков сахарной свеклы на семена. 1962. С. 125–132.
16. Федоров О.І., Снігур Г.П. Гібридне насіння і врожай. Київ: Товариство “Знання”, 1966. 37 с.
17. Schoor von der H.J.R., Birnbaum I.E., Bino R.J. Seed chlorophyll content as an indicator for seed maturity seed quality. Proc. of the int. Symp. Stand Establishment. Seed Eds. Liptay, Vavzing, Wellaum Acta Hort. 1999. ISHS. 504 p.
18. Sekimura K., Nachinohe M., Takeda J., Hagehewa T. Studies on seed prody et al of Sugar beet, Relationship beet ween hartest time and Seed yield and seed germination reete. Proc. Sugar Beet Res antue. 1986. No 27. P. 69–73.
19. Визначення схожості насіння проса прутіподібного (світгра-су) *Panicum virgatum* L.: методичні рекомендації / В.А. Доронін та ін. Київ: ІБ-КІЦБ НААН, 2015. 10 с.
20. Fisher R.A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.
21. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6: методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.

REFERENCES

1. Shastri, Y.N., Hansen, A.C., Rodriguez, L.F., Ting, K.C. (2012). Switchgrass – practical issues in developing a fuel crop. In CABI Reviews. CABI Publishing. no. 7(37), pp. 1–14. DOI: 10.1079/pavsn-nr20127037
2. Shherbakova, T.O., Rahmetov D.B. (2017). Osoblyvosti budovy pagoniv prosa prutopodibnogo (*Panicum virgatum* L.) v umovah introdukcii v Pravoberezhnomu Lisostepu ta Polissi Ukrai'ny [Peculiarities of the structure of the shoots of the rod-shaped millet (*Panicum virgatum* L.) under the conditions of introduction in the Right Bank Forest Steppe and Polissia of Ukraine]. Plant Varieties Studying and protection. Vol. 13, no. 1, pp. 85–88.
3. Christian, D.G., Elbersen, H.W. (1998). Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). In: N. El Bassam. Energy plant species. Their use and impact on environment and development. London, James and James publishers, pp. 257–263.
4. Elbersen, H.W., Christian, D.G., Bassen, N.El., Bacher, W., Sauerbeck, G., Aleopoulou, E., Sharma, N., Piscioneri, I., Visser, P.De, Berg, D. Van Den (2001). Switchgrass variety choice in Europe. Aspects of Applied Biology. no. 65, pp. 21–28.
5. Beaty, E.R., Engel, J.L., Powell, J.D. (1978). Tiller development and growth in switchgrass. Range Manage. no. 31, pp. 361–365.
6. Kulyk, M.I., Rozhko, I.I. (2018). Zakonomirnosti formuvannja urozhajnosti nasinnja prosa prutopodibnogo v umovah Lisostepu Ukrai'ny [Regularities of formation of seed yield of rod-shaped millet in the conditions of the forest-steppe of Ukraine]. Visnyk Poltav'skoi derzhavnoi agrarnoi akademii [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. no. 4, pp. 85–99.
7. Barabash, O.Ju., Taranenکو, L.K., Sych, Z.D. (2005). Biologichni osnovy ovochivnyctva [Biological bases of vegetable growing]. Kyiv, Aristej, 350 p.
8. Kristek, A., Matic, J. (1984). Utreoj gostace usjeve i termina zetve na prinosi kvalitet sjemena secerne repe. Agronomiski glassing (Zogreb). pp. 259–269.
9. Komyenko, V.L. (1980). Optymal'nye sroky uborky semennykov [Optimum times for harvesting testicles]. Saharnaja svekla [Sugar beet]. no. 6, 34 p.
10. Nosal'skyj, V.V., Ostrovskyj, L.L., Doronin, V.A. (1992). Sroky uborky MS gybrydov [Harvesting time for MS hybrids]. Saharnaja svekla [Sugar beet]. no. 3, pp. 43–45.
11. Adkins, S.W., Bellaires, S.M., Loch, D.S. (2002). Seed dormancy mechanismus in warm season grass species. Euphytica. Vol. 126, no. 1, pp. 13–20. DOI: 10.1023/A1019623706427.
12. Li, M. (2010). Different seed dormancy levels imposed by tissues covering the Cypopsis in zoysia-grass (*Zoysia japonica* Steud). Seed Science and Technology. Vol. 38, no. 2, pp. 320–331.
13. Vojnenko, Je.V. (2018). Osoblyvosti formuvannja nasinnja prosa lozovydnogo (svichgrasu) [Peculiarities of the formation of the seeds of vine millet]. Available at: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/3107>
14. Brejda, J.J., Brown, J.R., Wyman, G.W., Schumacher, W.K. (1994). Management of switchgrass for forage and seed production. Journal of Range Management. no. 47(1), pp. 4722–4727.
15. Dobrotvorceva, A.V. (1962). Uborka y molot'ba vysadkov saharnoj svekly na semena [Harvesting and threshing of sugar beet plantings for seeds]. pp.125–132.
16. Fedorov, O.I., Snigur, G.P. (1966). Gibrydne nasinnja i vrozhaj [Hybrid seed and harvest]. Kyiv, Society Knowledge, 37 p.
17. Sehoor, von der H.J.R., Birnbaum, I.E., Bino, R.J. (1999). Seed chlorophyll content as an indicator for seed maturity seed quality. Proc. of the int. Symp. Stand Establishmunt. Seed Eds. Liptay, Vavzing, Wellaum Acta Hort. ISHS. 504 p.
18. Sekimura, K., Nachinohe, M., Takeda, J., Hagehewa, T. (1986). Studies on seed prody eti an of Sugar beet, Relatianship beet ween hartest time and Seed jield and seed germination reete. Proc. Sugar Beet Res antue. no. 27, pp. 69–73.
19. Doronin, V.A., Kravchenko, Ju.A., Busol, M.V., Doronin, V.V., Mandrovs'ka, S.M., Goncharuk, G.S. (2015). Vyznachennja shozhosti nasinnja prosa prutopodibnogo (svichgrasu) *Panicum virgatum* L.: metodychni rekomendacii [Determination of the germination of the seeds of the rod-shaped millet (switchgrass) *Panicum virgatum* L.]. Kyiv, IBKICB NAAN, 10 p.
20. Fisher, R.A. (2006). Statistical methods for research workers. New Delhi, Cosmo Publications, 354 p.
21. Ermantraut, E.R., Prysazhnjuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyj analiz agronomichnyh doslidnyh danyh v paketi STATISTICA 6: metodychni vkazivky [Statistical analysis of agronomic research data in the STATISTICA 6 package]. Kyiv, 55 p.

Method of millet seeds harvesting (*Panicum virgatum* L.)

Dryga V., Doronin V., Honcharuk H.

The article presents the results of research on the effectiveness of different methods of harvesting rod-shaped millet seeds – separate and direct. In particular, a separate method with maturation and drying of seeds on mown plants and a direct method with maturation and drying of threshed seeds immediately after mowing. An important element of seed harvesting technology is the determination of the optimal timing of mowing plants. It was founded that the optimal method of millet seeds harvesting is the separate method, in which the quality of seeds significantly increases regardless of the timing of mowing the seed heads into a swath at panicle browning from 75 % – the beginning of mowing to 100 % – the end of mowing. With the separate method of harvesting, both when browning 50 % of the panicle, the energy of germination, seed germination, and the weight of 1000 seeds probably increased by 5 %, 4 %, and 0.17 g respectively, and when browning 75–100 % of the panicle, compared to the direct method collection. The improvement of seed quality with the separate harvesting method, when the seeds ripen and dry on mowed plants, is due to the outflow of

nutrients from the plant to the seeds, which is not the case with the direct harvesting method, where the seeds ripen and dry in the piles immediately after threshing. The quality of seeds was significantly affected by the timing of mowing of the seed bins in both the separate and direct harvesting methods. In particular, with the direct method of harvesting and browning of the panicle at 100 %, germination energy and germination rate increased by 6 %, and the weight of 1000 seeds – by 0.25 g, compared to the mowing time with the panicle browning at 50 %. This method of collecting

millet seeds harvesting is not energy-intensive and can be used in seed farms that grow seeds of the crop. In order to obtain high-quality millet seeds, it is advisable to harvest the seeds separately, mowing the seed heads in a swath with panicle browning is from 75 % (beginning of mowing) to 100 % (end of mowing), ripening the seeds on the mown plants and then thresh them. The direct harvesting method significantly reduces seed quality.

Key words: panicle browning, separation method, germination energy, germination, weight of 1000 seeds.



Copyright: Дрига В.В., Доронін В.А., Гончарук Г.С. © 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:

Дрига В.В.

Доронін В.А.

<https://orcid.org/0000-0001-8085-5313>

<https://orcid.org/0000-0001-9355-881X>

УДК 635.21:631.8

Особливості впливу систем удобрення та позакореневого підживлення на ріст і розвиток рослин картоплі

Журавель С.В. , Поліщук В.О. 

Поліський національний університет

 E-mail: Поліщук В.О. polischuk_vera@ukr.net



Журавель С.В., Поліщук В.О. Особливості впливу систем удобрення та позакореневого підживлення на ріст і розвиток рослин картоплі. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 34–41.

Zhuravel S., Polischuk V. Peculiarities of the influence of fertilizer and foliar feeding systems on the growth and development of potato plants. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 34–41.

Рукопис отримано: 30.09.2023 р.

Прийнято: 16.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-34-41

Дослідженнями передбачалося вивчення впливу різних систем удобрення, які були збалансованими між собою за елементами живлення з позакореним внесенням рідких органо-мінеральних добрив на ростові процеси рослин картоплі. Методологія досліджень включала вивчення таких показників: кількість стебел, висота рослин, формування площі листової поверхні. Дослідження проводили впродовж 2014–2017 рр. на базі дослідного поля Поліського національного університету. Схемою дослідження передбачено вивчення чотирьох варіантів удобрення з накладанням на них рідких органо-мінеральних добрив: Мочевин К № 1, Мочевин К № 2, Органік Д2М та Гумат калію у вигляді позакореневого внесення.

В результаті проведених досліджень встановлено, що у варіантах з використанням добрив покращується розвиток рослин, зокрема за органічної системи удобрення кількість стебел у середньому за роки дослідження збільшувалася від 61 до 84 стебел у порівнянні з біологічним контролем. Застосування рідких органо-мінеральних добрив (РОМД) сприяло збільшенню кількості стебел в межах від 66 до 89 порівняно до біологічного контролю. Аналіз висоти рослин за фазами розвитку: масова бутонізація, масове цвітіння та кінець цвітіння, показав, що внесення добрив позитивно впливало на збільшення висоти рослин, зокрема за різних систем удобрення висота рослин у фазу кінець цвітіння збільшилася від 6,2 до 8 см. Внесення РОМД сприяло збільшенню висоти рослин на 6,9–10,2 см порівняно до біологічного контролю. Найвищі показники площі листової поверхні картоплі в середньому за роки дослідження сформувалися у фазу повних сходів за органо-мінеральної системи удобрення – 5,01 тис. м²/га та мінеральної системи удобрення, де цей показник становив 4,98 тис. м²/га. Позакореневе внесення РОМД мало позитивний вплив на формування площі листової поверхні за органо-мінеральної системи удобрення та сумісного внесення Гумат калію та Органік Д2М і забезпечило варіабельність у межах 5,07 та 5,04 тис. м²/га відповідно. У фазу цвітіння площа листової поверхні рослин картоплі за різних систем удобрення збільшувалася на 7,1–10,3 тис. м²/га порівняно до варіанта абсолютного контролю. Сумісне поєднання систем удобрення та РОМД у фазу цвітіння збільшувало площу листової поверхні на 9,08–12 тис. м²/га.

Ключові слова: система удобрення, рідкі органо-мінеральні добрива, картопля, площа листової поверхні.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В сучасних умовах будь-яка технологія вирощування сільськогосподарських культур має бути максимально ефективною та сприяти кращому росту й розвитку рослин, що в подальшому забезпечить зростання врожайності та підвищить якісні показники отриманої продукції [2–5, 10–11, 21]. Для зони Полісся картопля є традиційною районною культурою, вирощування якої за умов високої агротехніки сприяє отриманню сталих та високих врожайів. Культура для свого росту й розвитку потребує значного забезпечення елементами живлення майже впродовж усього періоду росту й розвитку [6, 12–15]. Проте ґрунти Житомирського Полісся здебільшого характеризуються низьким вмістом доступних форм основних макро- та мікроелементів. Тому технологічно правильно підібрана система удобрення картоплі потребує обґрунтованого підходу, особливо, якщо вона спрямована на екологічну, ресурсозберігаючу складову [8–9]. Найважливішими елементами технологічних заходів за вирощування картоплі є: обробіток ґрунту, застосування добрив (до складу яких входять як органічні добрива (гній) так і традиційні добрива, нетоварна продукція (солома та позакореневі рештки), позакореневе підживлення рідкими органо-мінеральними добривами), сортові особливості, система захисту рослин [1, 21].

Останнім часом дослідженню впливу систем удобрення та позакореневого внесення рідких органо-мінеральних добрив на ріст й розвиток картоплі присвячено публікації багатьох як вітчизняних так і зарубіжних учених.

Зокрема, дослідженнями встановлено, що поєднання органічних та помірних норм мінеральних добрив позитивно впливає на ріст і розвиток картоплі. Тимчасом незбалансовані норми мінеральних добрив зумовлюють підвищення кислотності ґрунтового розчину та призводять до переходу їх у малодоступні форми, що негативно впливає на засвоєння кореневою системою рослин. Наразі ця проблема поширена в багатьох країнах Європи та зокрема на Поліссі України. Наші дослідження показали, що поєднання різних систем удобрення разом з позакореневим внесенням рідких органо-мінеральних добрив позитивно впливає на збільшення вегетативного потенціалу, зокрема, кількості стебел, формування висоти рослин та площі листової поверхні в агроценозі картоплі [16–20].

Метою дослідження передбачено вивчення впливу різних систем удобрення рослин картоплі (біологічного контролю, органічної

(гній 50 т/га), органо-мінеральної (гній 25 т/га + $N_{25}P_{20}K_{35}$) та традиційної (мінеральної ($N_{50}P_{40}K_{70}$)), збалансованих між собою за елементами живлення, як за органічною так й мінеральною складовою з позакореневим внесенням рідких органо-мінеральних добрив, які дозволені до використання в органічному землеробстві.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження виконували на базі Поліського національного університету впродовж 2014–2017 рр. на дослідному полі Поліського національного університету с. В. Горбаша Черняхівського району Житомирської області у органічній п'ятипільній короткоротаційній сівоzmіні. Ґрунт дослідної ділянки ясно-сірий лісовий, має низьку забезпеченість гумусом, характеризується слабкислою реакцією ґрунтового розчину та має низьку забезпеченість основними елементами живлення. Повторність досліду триразова, площа посівної ділянки 130 м² (4,7х27,6); облікової – 110 м² (4х27,6); ширина захисної смуги 2 м; ширина коридорів між полями сівоzmіни 2 м.

У досліді використано сорт картоплі Беллароза, створений німецькою фірмою Europlant. Сорт ранньостиглий, столового призначення, високоврожайний.

Дослід включав 4 системи удобрення, зокрема: 1. Біологічний контроль. 2. Органічна система (гній 50 т/га). 3. Органо-мінеральна система (50:50). 4. Мінеральна система ($N_{50}P_{40}K_{70}$).

Дослідження виконано за схемою двофакторного польового досліду. Фактор А – системи удобрення. Фактор В передбачав позакореневе підживлення на фоні систем удобрення препаратами: 1. Мочевин К № 1, р. (1 л/га) – діюча речовина – макроелементи (NPK), мікроелементи 0,1 %, сприяє розвитку кореневої системи, біомаси рослин та покращує їх імунну систему. 2. Мочевин К № 2, р. (1 л/га) – діюча речовина – макроелементи (NPK), мікроелементи 1 г/л, підвищує стійкість рослин до посухи та зменшує їх потребу у волозі, стимулює утворення додаткових пагонів та пришвидшує дозрівання. 3. Органік Д2М, р (1 л/га) – діюча речовина – N – 2,0–3,0 %, P_2O_5 – 1,7–2,8 %, K_2O – 1,3–2,0 %, кальцію загального – 2,0–6,0 %, органічних речовин – 65–70 % (у перерахунку на вуглець), сприяє підвищенню схожості та енергії проростання насіння рослин, підвищує їх імунітет до різних захворювань, знижує вміст нітратів у овочево-плодовій продукції, припиняє надходження радіонуклідів і важких металів у рослину; сприяє збільшенню вмісту легкодоступних поживних речовин у ґрунті;

підвищує мікробну активність ґрунту. 4. Гумат калію (2 л/га) – діюча речовина – макроелементи (NPK), мікроелементи 0,3–2,5 г/л, сприяє підвищенню стійкості рослин до посухи й заморозків, прискорює процеси росту й розвитку рослин.

Дослід закладали за методикою Д.А. Доспехова, фенологічні спостереження у всіх фазах розвитку рослин здійснено за методикою Держсортмережі (ДСТУ ISO 11464-2001). Густоту рослин на дослідній ділянці визначали методом підрахунку всіх рослин у період повних сходів; кількість стебел – за підрахунку стебел всіх рослин кожного рядка ділянки; висоту рослин – заміром відстані від поверхні ґрунту до квітконіжки суцвіття. Для визначення площі листової поверхні картоплі використовували метод висічок.

Позакореневу обробку картоплі рідкими органо-мінеральними добривами проводили двічі у фазу інтенсивного росту згідно з рекомендаціями. Дослід закладали на фоні біологічного контролю без застосування добрив [5, 7].

Результати дослідження та обговорення.

Початкові етапи росту і розвитку рослин картоплі є досить важливими для отримання високого врожаю, адже високі врожаї формуються за добре розвинутої надземної маси рослин. Між масою сформованого картоплиння та врожаєм наявний кореляційний зв'язок: чим більш розвинута вегетативна маса, тим у певних межах урожайність формується вищою.

Проаналізовано розвиток стеблостою в агроценозі картоплі впродовж 2014–2017 рр. На біологічному контролі кількість стебел у фазу бутонізації становила 241 тис. шт./га. Впродовж 2014 та 2015 рр. спостерігалася найбільша їх кількість, а за 2016 та 2017 рр. було значне зменшення стеблостою, оскільки погодні умови у період вегетації культури протягом цих років були не досить сприятливими, спостерігалася посуха у критичні періоди розвитку картоплі (рис. 1).

Найвищі показники щодо формування стебел картоплі отримано на основі впливу органо-мінеральної системи удобрення, де на контролі їх кількість становила 325 тис. шт./га та за мінеральної системи удобрення – 317 тис. шт./га. Кількість стебел за органічної системи удобрення становила у середньому 302 тис. шт./га.

Сумісне використання систем удобрення та рідких органо-мінеральних добрив (РОМД) мало найвищі показники за органо-мінеральної системи удобрення за використання Органік Д2М та Гумат калію, де вони відповідно становили 329 і 330 тис. шт./га. За мінеральної системи удобрення з позакореневим внесенням РОМД найвищі результати отримано за використання Органік Д2М та Гумат калію – 322 і 323 тис. шт./га відповідно. За використання Органік Д2М та Гумат калію за органічної системи удобрення отримано кількість стебел 312 і 313 тис. шт./га відповідно.

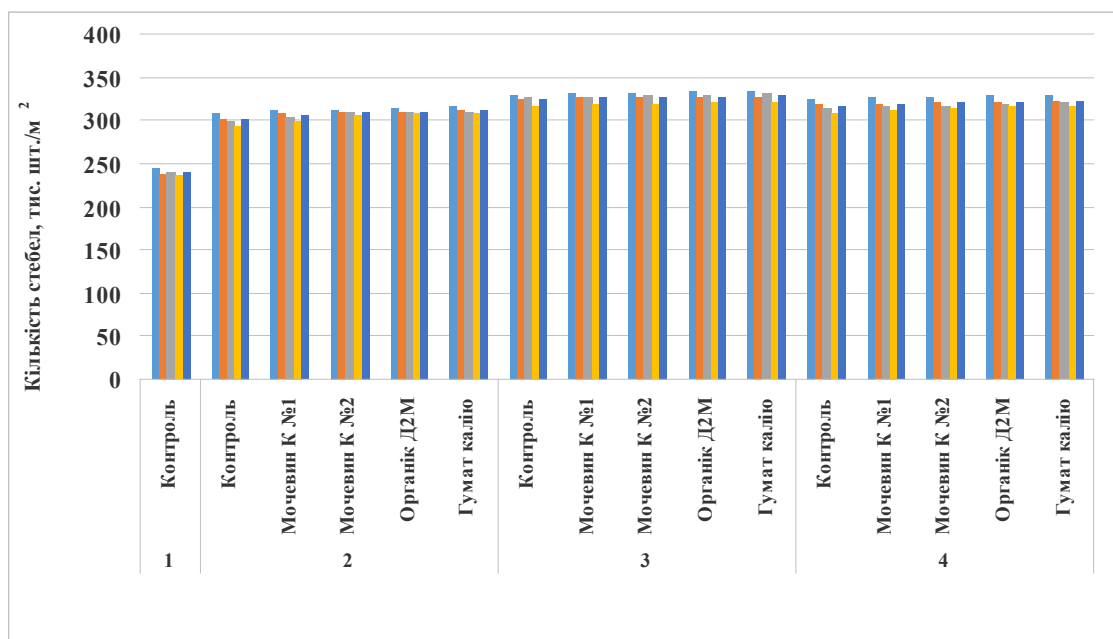


Рис. 1. Кількість стебел в агроценозі картоплі у фазу бутонізації залежно від системи удобрення та позакореневого підживлення, тис. шт./га (середнє за 2014–2017 рр.):

1. Біологічний контроль. 2. Органічна система гній (50 т/га).
3. Органо-мінеральна система. 4. Мінеральна система ($N_{50} P_{40} K_{70}$).

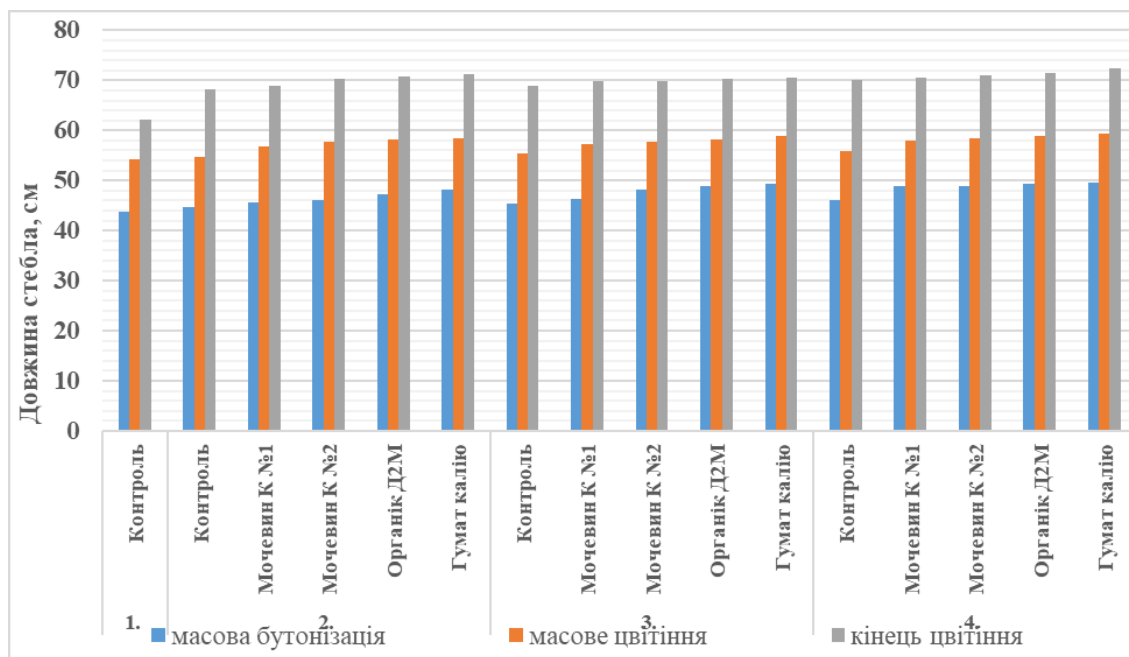


Рис. 2. Формування висоти рослин картоплі у різні фази вегетації залежно від систем удобрення та позакореневого підживлення, см (середнє за 2014–2017 рр.):

1. Біологічний контроль. 2. Органічна система гній (50 т/га).
3. Орґано-мінеральна система. 4. Мінеральна система ($N_{50}P_{40}K_{70}$).

Водночас проаналізовано висоту рослин картоплі у різні фази розвитку, зокрема у фазу бутонізації в середньому за 2014–2017 рр. висота рослин найнижчою була за біологічного контролю та становила 43,7 см, за органічної системи удобрення – 44,8 см, за орґано-мінеральної – 45,3 см та мінеральної – 46,1 см (рис. 2).

Сумісне застосування системи удобрення та позакореневого внесення на висоту рослин картоплі впливало по-різному. Зокрема, у варіанті позакореневого внесення рідких добрив Органік Д2М та Гумат калію за мінеральної системи удобрення цей показник становив 49,3 та 49,5 см відповідно. Найвищу висоту рослин забезпечило використання РОМД за орґано-мінеральної системи удобрення, зокрема внесення Органік Д2М – 48,8 см та Гумат калію – 49,4 см, а за органічної системи удобрення висота рослин картоплі за внесення Органік Д2М становила 47,2 см та Гумат калію – 48,3 см.

За умов біологічного контролю, у фазу масове цвітіння, висота рослин становила 54,3 см, за органічної системи удобрення – 54,8 см, за орґано-мінеральної – 55,4 см та мінеральної – 55,9 см. Позакореневе внесення рідких добрив Органік Д2М, Гумат калію та органічної системи удобрення сприяло отриманню висоти рослин на рівні 58,1 і 58,5 см. За орґано-мінеральної системи удобрення використання Органік Д2М та Гумат калію сприяло збільшен-

ню висоти рослин картоплі від 58,3 до 58,9 см. Найвищі показники висоти рослин картоплі отримано за мінеральної системи удобрення з позакореневим внесенням Органік Д2М – 59 см та Гумат калію – 59,4 см.

У фазу кінець цвітіння висота рослин картоплі найнижчою була за біологічного контролю і становила 62,1 см, за органічної системи удобрення – 68,3 см, за орґано-мінеральної – 68,9 см та мінеральної – 70,1 см. На органічній системі удобрення внесення рідких добрив Органік Д2М та Гумат калію сприяло збільшенню висоти рослин на рівні 70,8 та 71,2 см. За орґано-мінеральної та мінеральної систем удобрення використання Органік Д2М становило 70,2 і 71,5 см, за внесення Гумат калію – 70,6 і 72,3 см.

Використання добрив, як видно з рис. 3, справляло позитивний вплив на формування площі листової поверхні картоплі у фазі повних сходів – цвітіння. Зокрема, за умов внесення добрив площа листової поверхні збільшувалась на 9–17 % у фазу повних сходів та 13–50,7 % у фазу цвітіння, порівняно з біологічним контролем. Площа листової поверхні найвищою була у фазу цвітіння картоплі. Ряд науковців стверджують, що на світло-сірому лісовому ґрунті формування площі листової поверхні рослин здебільшого залежить від виду й рівня удобрення, що підтверджують наші дослідження.

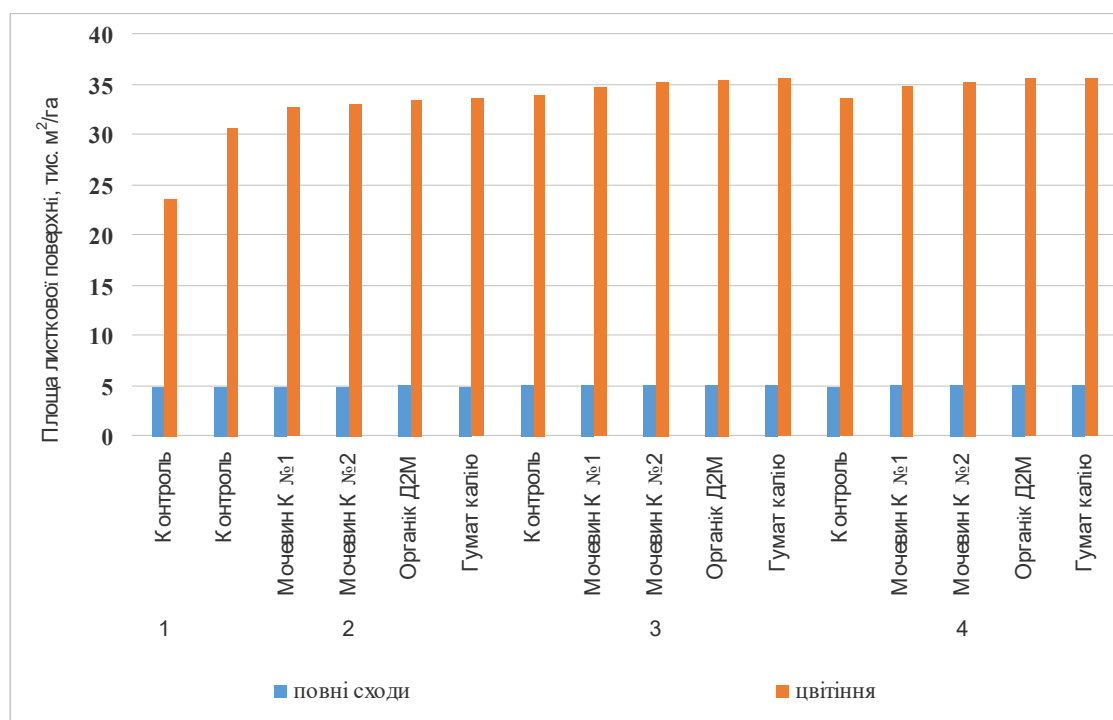


Рис. 3. Формування площі листової поверхні картоплі залежно від систем удобрення та РКД, тис. м²/га (середнє за 2014–2017 рр.):

1. Біологічний контроль. 2. Органічна система гній (50 т/га).
3. Органо-мінеральна система. 4. Мінеральна система ($N_{50} P_{40} K_{70}$).

Площа листової поверхні картоплі у фазу сходів та цвітіння найвищою була за погодних умов 2014 та 2015 рр., які характеризувалися достатнім забезпеченням вологою, а за 2016 і 2017 рр. було недостатнє забезпечення вологою, тому розвиток асиміляційного апарату був уповільнений.

За біологічного контролю та органічної системи удобрення площа листової поверхні картоплі у фазу повних сходів в середньому за роки дослідження становила 4,91 і 4,94 тис. м²/га відповідно.

У варіантах мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення показники становили 5,01 та 4,98 тис. м²/га. Внесення рідких добрив за органо-мінеральної системи удобрення з використанням Органік Д2М та Гумат калію у фазу повних сходів сприяло збільшенню площі листової поверхні від 5,04 до 5,07 тис. м²/га. За мінеральної системи удобрення використання наведених вище рідких добрив сприяло підвищенню формування площі листової поверхні, де показники були рівнозначними та відповідно становили 5,06 тис. м²/га.

Площа листової поверхні картоплі у фазу цвітіння у варіанті біологічного контролю дорівнювала 23,65 тис. м²/га, у варіанті органічної системи удобрення вона становила

30,75 тис. м²/га. За органо-мінеральної та мінеральної систем удобрення площа листової поверхні становила 33,95 та 33,55 тис. м²/га відповідно.

Внесення рідких добрив Органік Д2М та Гумат калію за мінеральної системи удобрення збільшило площу листової поверхні на 51 % та склало 35,65 тис. м²/га (показники однакові). Органо-мінеральна система удобрення з позакореневим внесенням наведених вище рідких добрив сприяла збільшенню площі листової поверхні, яка відповідно становила 35,45 та 35,63 тис. м²/га (50–51 %). Органічна система удобрення з позакореневим внесенням Органік Д2М та Гумат калію мала меншу ефективність щодо збільшення площі листової поверхні та відповідно становила 33,50 і 33,55 тис. м²/га.

Висновки. 1. Вплив різних видів добрив позитивно впливає на ріст й розвиток рослин картоплі, особливо поєднання органічної складової та помірних норм мінеральних добрив. Зокрема, збільшення кількості стебел в агроценозі картоплі у фазу бутонізації залежно від систем удобрення становило 25–35 %, від позакореневого внесення РОМД на фоні різних систем удобрення – 27–37 % порівняно з біологічним контролем.

2. Приріст висоти рослин залежно від систем удобрення, порівняно до біологічного контролю становив 6,2–8,0 см, від позакореневого внесення РОМД на фоні різних систем удобрення – 6,9–10,2 см.

3. Площа листової поверхні у фазу повні сходи за роки дослідження залежно від систем удобрення та позакореневого внесення зростала на 9,0–16,9 %. У фазу цвітіння площа асиміляційного апарату збільшувалася на 30,0–50,7 % залежно від систем удобрення та позакореневого підживлення РОМД порівняно до варіанта біологічного контролю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гумусованість і фізико-хімічні властивості чорноземів Лісостепу за мінімалізації обробітків і біологізації системи удобрення / А.Д. Балаєв та ін. Вісник аграрної науки. 2020. № 11(812). С. 24–31. DOI: 1110.31073/agrovissnyr2020-03.

2. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин: підручник. Вінниця: Рогацька І.О., 2013. 723 с.

3. Гамаюнова В.В., Ісакова О.Ш. Вплив способів внесення добрив та регуляторів росту на врожайність бульб сортів картоплі літнього садіння в умовах Півдня України за зрошення. Участь молоді у розбудові агропромислового комплексу України: матеріали доп. 26-ої студентської наук.-теорет. конф. (26–28 березня 2014 р.). Миколаїв: МНАУ, 2014. С. 97–99.

4. Гамаюнова В.В., Ісакова О.Ш. Урожайність сортів картоплі залежно від мінерального живлення та рістрегулюючих речовин за вирощування на краплинному зрошенні в умовах Півдня України. Вісник Уманського НУС. 2014. № 2. С. 23–27.

5. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: НІЧЛАВА, 2003. 320 с.

6. Екологічно доцільні норми мінеральних добрив у технологіях вирощування жита озимого : наук.-метод. рекомендації / В.В. Волкогон та ін. Київ, 2015. 26 с.

7. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур: навч. посібник / В.Д. Паламарчук та ін. Вінниця: Вінниц. нац. аграр. ун-т, 2010. 680 с.

8. Тактаєв Б.А., Подберезко І.М., Лященко С.А., Осипчук А.А. Елементи системи захисту картоплі за вирощування на основі органічного землеробства в умовах Полісся України. Картоплярство. 2020. Вип. 45. С. 89–102.

9. Ефективність елементів біологічної системи землеробства / Л.І. Шиліна та ін. Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства УААН». 2006. С. 61–74.

10. Ісакова О. Реакція сортів картоплі на мінеральне живлення та обробку рослин регуляторами росту за літнього садіння на Півдні України. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 20-річчю членства України в Міжнародному союзі з

охорони нових сортів рослин (UPOV) (3 листопада 2015 р.). Київ: Нілан-ЛТД, 2015. С. 66–68.

11. Ісакова О.Ш., Гамаюнова В.В. Значення мінерального живлення та регуляторів росту рослин у формуванні продуктивності бульб сортів картоплі літнього садіння. Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (22–23 жовтня 2015 р.). Дніпропетровськ: РВВ ДДАЕУ, 2015. С. 235–237.

12. Ісакова О.Ш., Гамаюнова В.В. Урожайність картоплі літнього садіння в умовах півдня України за краплинного зрошення. Перлини Степового краю: матеріали доп. регіональної агроекологічної наук.-практ. конф. (26–28 листоп. 2014 р.). Миколаїв: МНАУ, 2014. Т. 2. С. 33–36.

13. Кармазіна Л.Є., Петренко А.М. Ефективність позакореневого підживлення під час вирощування картоплі. Картоплярство. 2011. Вип. 40. С. 224–232.

14. Кравчук М.М., Кропивницький Р.Б. Оцінка ефективності елементів біологізації при вирощуванні картоплі в умовах правобережного Полісся України. Органічне виробництво і продовольча безпека: матеріали доп. учасн. міжнар. наук.-практ. конф. Житомир: Полісся, 2013. 356 с.

15. Поліщук В.О., Журавель С.В. Динаміка урожайності ланки сівозміни за умов використання органо-мінеральних добрив в зоні Полісся. Таврійський науковий вісник. 2022. Вип. 127. С. 117–122. DOI: 10.32851/2226-0099.2022.127.15.

16. Поліщук В.О., Журавель С.В., Кравчук М.М., Залевський Р.А. Ефективність рідких комплексних добрив за різних систем удобрення картоплі в умовах Полісся України. Наукові горизонти. 2020. № 08(93). С. 141–148. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-141-148.

17. Ханін М.Д. Вплив різних форм азотних і калійних добрив на врожайність і якість картоплі в умовах Полісся. Агрохімія і ґрунтознавство. 1983. Вип. 45. С. 11–15.

18. Шуст І.М., Хомик Н.І. Особливості догляду за посівами картоплі. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доп. Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів (19–20 листоп. 2014 р.). Тернопіль: Терн. нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя, 2014. С. 170–171.

19. Christensen D.H., Madsen M.H. Changes in Potato starch quality during growth. Potato Research. 1996. Vol. 39, No. 1. P. 43–50.

20. Nitsch A., Klein K. Qualitat der Kartoffel in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. Kartoffelbau. 1983. Vol. 34, No. 2. P. 30–34.

21. Tucher Th. Entwicklungs mög lichkeiten der Kartoffel zur Stakegewinnung. Kartoffelbau. 1995. No. 7. P. 292–296.

REFERENCES

1. Balaiev, A.D., Tonkha, O.L., Pikovska, O.V. (2020). Humusovanist i fizyko-khimichni vlastyvosti chornozemiv Lisostepu za minimalizatsii obrobitkiv i biolohizatsii systemy udobrennia [Humus content

and physical and chemical properties of forest-steppe chernozems with minimization of tillage and biologization of the fertilization system]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Herald of Agrarian Science]. Kyiv, no. 11(812), pp. 24–31. DOI: 1110.31073/agrovisnyr2020-03.

2. Palamarchuk, V.D., Polishchuk, I.S., Kalenska, S.M., Yermakova, L.M. (2013.) *Biologhiia ta ekologiia silskohospodarskykh roslyn: pidruchnyk* [Biology and ecology of agricultural plants]. Vinnytsia, Rohalska I.O., 723 p.

3. Hamaionova, V.V., Iskakova, O.Sh. (2014). *Vplyv sposobiv vnesennia dobrovyv ta rehuliatoriv rostu na vrozhaunist bulb sortiv kartopli litnoho sadinnia v umovakh Pivdnia Ukrainy za zroshennia* [The influence of methods of applying fertilizers and growth regulators on the yield of tubers of potato varieties for summer planting in the conditions of Southern Ukraine under irrigation]. *Uchast molodi u rozbudovi ahropromyslovoho kompleksu Ukrainy: materialy dop. 26-oi studentskoi nauk.-teoret. konf. (26-28 bereznia 2014 r.)* [Participation of youth in the development of the agro-industrial complex of Ukraine: additional materials of the 26th student science-theoretical conference. conf. (March 26-28, 2014)]. Mykolaiv, MNAU, pp. 97–99.

4. Hamaionova, V.V., Iskakova, O.Sh. (2014). *Urozhaunist sortiv kartopli zalezno vid mineralnoho zhyvlennia ta ristrehuliuichnykh rehovyn za vyroshchuvannia na kraplynnomu zroshenni v umovakh Pivdnia Ukrainy* [The yield of potato varieties depending on mineral nutrition and re-regulating substances for cultivation under drip irrigation in the conditions of Southern Ukraine]. *Visnyk Umanskoho NUS* [Bulletin of the Uman State University]. Uman, no. 2, pp. 23–27.

5. Hrytsaienko, Z.M., Hrytsaienko, A.O., Karpenko, V.P. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzen roslyn i gruntiv* [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. Kyiv, NICH LAVA, 320 p.

6. Volkohon, V.V., Korotka, I.H., Sherstoboieva, O.V. (2015). *Ekolohichno dotsilni normy mineralnykh dobrovyv u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia zhyta ozymoho: nauk.-metod. Rekomendatsii* [Ecologically appropriate norms of mineral fertilizers in the technologies of growing winter rye: scientific method. recommendations]. Kyiv, 26 p.

7. Palamarchuk, V.D., Klymchuk, O.V., Polishchuk, I.S. (2010). *Ekoloho-biolohichni ta tekhnolohichni pryntsyipy vyroshchuvannia polovykh kultur: navch. Posibnyk* [Ecological, biological and technological principles of growing field crops]. Vinnytsia, Vinnytsia national agrarian university, 680 p.

8. Taktaiev, B.A., Podberezko, I.M., Liashchenko, S.A., Osypchuk, A.A. (2020). *Elementy systemy zakhystu kartopli za vyroshchuvannia na osnovi orhanichnoho zemlerobstva v umovakh Polissia Ukrainy* [Elements of the potato protection system for growing on the basis of organic farming in the conditions of Polissia of Ukraine]. *Kartopliarstvo* [Potato farming]. Issue 45, pp. 89–102.

9. Shylyna, L.I., Litvinov, D.V., Yermolaiev, M.M. (2006). *Efektivnist elementiv biolohichnoi systemy zemlerobstva* [Effectiveness of elements of the biological

system of agriculture]. *Zb. nauk. prats NNTs „Instytut zemlerobstva UAAN”* [Coll. of science Proceedings of the Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences]. Chabany, pp. 61–74.

10. Iskakova, O. (2015). *Reaktsiia sortiv kartopli na mineralne zhyvlennia ta obrobku roslyn rehuliatoramy rostu za litnoho sadinnia na Pivdni Ukrainy* [Reaction of potato varieties to mineral nutrition and treatment of plants with growth regulators during summer planting in the South of Ukraine]. *Svitovi roslynnyi resursy: stan ta perspektyvy rozvytku: materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf., prysviach. 20-richchiu chlenstva Ukrainy v Mizhnarodnomu soiuzi z okhorony novykh sortiv roslyn (UPOV) (3 lystop. 2015 r.)* [World plant resources: status and development prospects: materials of the International. science and practice conf., dedicate. On the 20th anniversary of Ukraine's membership in the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) (November 3, 2015)]. Kyiv, Nilan-LTD, pp. 66–68.

11. Iskakova, O.Sh., Hamaionova, V.V. (2015). *Znachennia mineralnoho zhyvlennia ta rehuliatoriv rostu roslyn u formuvanni produktyvnosti bulb sortiv kartopli litnoho sadinnia* [The importance of mineral nutrition and plant growth regulators in shaping the productivity of tubers of summer planting potato varieties]. *Pryrodne ahrovyrobnytstvo v Ukraini: problemy stanovlennia, perspektyvy rozvytku : materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. (22–23 zhovtnia 2015 r.)* [Natural agricultural production in Ukraine: development problems, development prospects: materials of the International science and practice conf. (October 22–23, 2015)]. Dnipropetrovsk, RVV DDAZU, pp. 235–237.

12. Iskakova, O.Sh., Hamaionova, V.V. (2014). *Urozhaunist kartopli litnoho sadinnia v umovakh pivdnia Ukrainy za kraplynnoho zroshennia* [Yield of summer planting potatoes under drip irrigation conditions in southern Ukraine]. *Perlyny Stepovoho kraiu: materialy dop. rehionalnoi ahroekolohichnoi nauk.-prakt. konf. (26–28 lystop. 2014 r.)* [Pearls of the Steppe region: additional materials. of regional agro-ecological science and practice. conf. (November 26–28, 2014)]. Mykolaiv, MNAU, Vol. 2, pp. 33–36.

13. Karmazina, L.Ye., Petrenko, A.M. (2011). *Efektivnist pozakorenevoho pidzhyvlennia pid chas vyroshchuvannia kartopli* [Effectiveness of foliar fertilization during potato cultivation]. *Kartopliarstvo* [Potato farming]. Issue 40, pp. 224–232.

14. Kravchuk, M.M., Kropyvnytskyi, R.B. (2013). *Otsinka efektyvnosti elementiv biolohizatsii pry vyroshchuvanni kartopli v umovakh pravoberezhnoho Polissia Ukrainy* [Evaluation of the effectiveness of biologization elements in the cultivation of potatoes in the conditions of the Right Bank Polissia of Ukraine]. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: materialy dop. uchasn. mizhnar. nauk.-prakt. konf. [Organic production and food safety additional: materials participation international science and practice conf.]*. Zhytomyr, Polissia, 356 p.

15. Polishchuk, V.O., Zhuravel, S.V. (2022). *Dynamika urozhaivosti lanky sivozminy za umov vykorystannia orhano-mineralnykh dobrovyv v zoni Polissia*

[Dynamics of productivity of the crop rotation link under the conditions of using organic-mineral fertilizers in the Polissya zone]. *Tavriskiyi naukovyi visnyk* [Taurian Scientific Herald]. Issue 127, pp. 117–122. DOI: 10.32851/2226-0099.2022.127.15.

16. Polishchuk, V.O., Zhuravel, S.V., Kravchuk, M.M., Zalevskiy, R.A. (2020). Efektyvnist ridkykh kompleksnykh dobryv za riznykh system udobrennia kartopli v umovakh Polissia Ukrainy [Effectiveness of liquid complex fertilizers under different potato fertilization systems in the conditions of Polissia of Ukraine]. *Naukovi horizonty* [Scientific horizons]. no. 08(93), pp. 141–148. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-141-148.

17. Khanin, M.D. (1983). Vplyv riznykh form azotnykh i kaliinykh dobryv na vrozhaist i yakist kartopli v umovakh Polissia [The influence of different forms of nitrogen and potassium fertilizers on the yield and quality of potatoes in the conditions of Polissia]. *Ahrokhimiia i gruntoznastvo* [Agrochemistry and soil science]. Issue 45, pp. 11–15.

18. Shust, I.M., Khomyk, N.I. (2014). Osoblyvosti dohliadu za posivamy kartopli [Peculiarities of caring for potato crops]. *Aktualni zadachi suchasnykh tekhnolohii: zb. tez dop. Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. molydykh uchenykh ta studentiv* (19–20 lystop. 2014 r.) [Actual tasks of modern technologies: collection. theses add. International science and technology conf. of young scientists and students (November 19–20, 2014)]. Ternopil, Tern. national tech. university named after I. Pulyuya, pp. 170–171.

19. Christensen, D.H., Madsen, M.H. (1996). Changes in Potato starch quality during growth. *Potato Research*. Vol. 39, no. 1, pp. 43–50.

20. Nitsch, A., Klein, K. (1983). *Qualitat der Kartoffel in Abhangigkeit von der Stikstoffdnung*. Kartoffelbau. Vol. 34, no. 2, pp. 30–34.

21. Tucher, Th. (1995). *Entwicklungs mog lichen der Kartoffel zur Stakegewinnung*. Kartoffelbau. no. 7, pp. 292–296.

Peculiarities of the influence of fertilizer and foliar feeding systems on the growth and development of potato plants

Zhuravel S., Polishchuk V.

The research involved the studying the impact of different fertilization systems, which were balanced among themselves in terms of nutrients with foliar

application of liquid organic-mineral fertilizers, on the growth processes of potato plants. The research methodology included the study of the following indicators: the number of stems, plants height, leaf surface formation. The research was carried out during 2014–2017 on the basis of the experimental plot of the Polissia National University. The experimental design involved the study of four fertilization options with the application of liquid organic-mineral fertilizers «Mochevyn K №1», «Mochevyn K No 2», «Organic D2M» and «Humate potassium» in the form of foliar application.

As a result of the research it was found that plant development improves in variants with fertilizers application the number of stems increased from 61 to 84 stems on average over the years of the study, in particular under the organic fertilization system compared to the biological control. The use of liquid organic-mineral fertilizers (LOMF) contributed to an increase in the number of stems in the ranged from 66 to 89 compared to the biological control. Plant height analysis by development phases: mass budding, mass flowering and the end of flowering showed that fertilizers application had a positive effect on the increase in plant height, in particular under different fertilization systems plants height in the phase of the end of flowering increased from 6.2 to 8 cm. LOMF application contributed to an increase in plant height by 6.9–10.2 cm compared to the biological control. The highest indicators of the potato leaf surface area on average over the years of the study were formed in the phase of full emergence under the organic-mineral fertilization system – 5.01 thousand m²/ha and mineral fertilization systems, where this indicator was 4.98 thousand m²/ha. Foliar application of LOMF had a positive effect on the formation of the leaf surface area under the organic-mineral system of fertilization and the combined application of «Humate potassium» and «Organic D2M» and provided variability within 5.07 thousand m²/ha and 5.04 thousand m²/ha respectively. During the flowering phase the leaf surface area of potato plants under different fertilization systems increased by 7.1–10.3 thousand m²/ha compared to the absolute control variant. The joint combination of fertilization systems and LOMF during the flowering phase increased the leaf surface area by 9.08–12 thousand m²/ha.

Key words: fertilization system, liquid organic-mineral fertilizers, potatoes, leaf surface area.



Copyright: Журавель С.В., Поліщук 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:

Журавель С.В.

Поліщук В.О.

<https://orcid.org/0000-0003-4627-9898>

<https://orcid.org/0000-0003-2968-8382>

УДК 635.21:631.82:631.526.32

Вплив препаратів системи Квантум на біометричні показники рослин картоплі

Лященко С.А. , Рожнятовський А.О. ,Марценюк Я.Ю. , Купріянов С.І. *Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України*

Лященко С.А., Рожнятовський А.О.,
Марценюк Я.Ю., Купріянов С.І.
Вплив препаратів системи Квантум на
біометричні показники рослин картоплі.
«Агробіологія», 2023. № 2. С. 42–49.

Liashchenko S., Rozhniatovskyi A., Martse-
niuk Ya., Kupriianov S. Effect of «Quantum»
system preparations on biometric param-
eters of potato plants. «Agrobiology», 2023.
no. 2, pp. 42–49.

Рукопис отримано: 21.09.2023 р.

Прийнято: 05.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-42-49

У статті наведено результати досліджень щодо впливу різних препаратів системи Квантум на біометричні показники рослин картоплі середньораннього сорту Житниця та середньостиглого сорту Меланія. Мета досліджень – розробити нові та удосконалити наявні агротехнічні заходи вирощування нових сортів картоплі, на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся України. Експериментально доведено, що застосування комплексу агротехнічних заходів має позитивний вплив на біометричні показники розвитку рослин картоплі в період вегетації. Нові сорти картоплі Житниця та Меланія позитивно реагували на застосування добрив, норми та способи їх внесення. За проведених у 2021–2022 роках досліджень, в обох сортів, Житниця та Меланія, виділилися 2 варіанти 4-й та 6-й, де вносили $N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально) + Квантум Сіамін (0,5 л/т) + Пролонгований азот (листова – бутонізація, цвітіння, після цвітіння) та $N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально) + Квантум Діафан 3-18-18 (2 л/т) + Пролонгований азот (листова – бутонізація, цвітіння, після цвітіння). У 2021 році у сортів Житниця та Меланія, в середньому, період від садіння до повних сходів становив 44 доби, від садіння до бутонізації – 58 діб, від садіння до цвітіння – 64 доби. Період від садіння до відмирання бадилля у 1-, 3- та 5-му варіантах сорту Житниця становив 100 діб, у 2-, 4- та 6-му варіантах – 110 діб. Відповідно у сорту Меланія ці показники становили 110 та 120 діб.

Найбільшу густоту було встановлено у 4- та 6-му варіантах, відповідно 49,3 та 47,5 тис. кущів/га. На цих же варіантах польова схожість становила 92,5 та 89,1 %; кількість стебел відповідно 3,9 (192,3 тис. шт./га) та 3,5 (166,3 тис. шт./га) штук на рослину; висота рослин – 77,0 та 73,0 см; площа листової поверхні, відповідно 229,2 та 194,3 см². Аналогічні показники отримано у сорту Меланія. Ці ж варіанти завдяки застосуванню пролонгованого азоту мали більший вегетаційний період. Отже, проаналізувавши ці показники можна зробити висновок, що найкращими варіантами на сортах Житниця та Меланія є 4 та 6.

Ключові слова: картопля, бутонізація, цвітіння, відмирання бадилля, густина, висота, площа листової поверхні, препарати.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. На сьогодні картопля є основною продовольчою, кормовою і технічною культурою. На перспективу виробництво картоплі слід проводити на основі інноваційного розвитку галузі, не лише через пряме збільшення капіталовкладень на одиницю посівної площі, а також із застосуванням науково обґрунтованих систем сівозмін з урахуванням регіональ-

них особливостей, добрив, гербіцидів, вчасної сортозаміни та сортооновлення. Відповідно підвищення врожайності, якості, екологічності вирощеної картоплі позитивно вплине на покращення соціального та матеріального стану населення України [1–4].

Ерозійні процеси ґрунту, забруднення підґрунтових вод та сільськогосподарських угідь внаслідок хімізації важкими металами,

насичення біосфери радіоактивними хімічними речовинами та новими вірусами шкодять не лише здоров'ю нинішнього покоління людей, а також загрожують поколінням майбутнім. Погіршення екологічної ситуації в багатьох країнах світу, зокрема в Україні, посилення процесів деградації ґрунтів, проблеми з виробництвом нормативних за якістю харчових продуктів, обумовлюють необхідність впровадження так званих альтернативних систем землеробства, які ґрунтуються на елементах екологізації та біологізації землеробства.

Сучасні економічні умови в аграрному секторі спонукають до пошуку технологій, побудованих на мобілізації дешевих місцевих мінеральних та органічних ресурсів. Перспективним у цьому аспекті є залучення в біологічний кругообіг нового покоління орґано-мінеральних біоактивних добрив, які, застосовані в дозах на порядок нижчих у порівнянні з рекомендованими дозами традиційних органічних добрив, не поступаються, а то й перевищують їх за ефективністю. За останні роки в Україні, як у сільському господарстві загалом, так і в картоплярстві, враховуючи зміни природно-кліматичних умов та перехід до екологічно чистого виробництва, відбулися значні зміни [5, 6].

Порівняно з іншими культурами картоплі більш вимоглива до наявності поживних речовин, у зв'язку з чим вона потребує застосування значної кількості добрив. Вирішенням цього питання є використання нових сучасних орґано-мінеральних добрив, які містять не лише основні елементи живлення, а також ряд мікроелементів (мідь, молібден, марганець, цинк, бор, селен, кремній та ін.). Застосування їх найбільш ефективно в оптимальних умовах для процесів, регуляцію яких вони здійснюють.

Такі препарати знижують хімічне навантаження, допомагають рослинам пережити стресові умови, підвищують врожайність та якість продукції картоплярства за зміни природно-кліматичних умов (високих температур, недостатніх опадів і відповідно посухи) [7, 8].

За таких умов застосування добрив має забезпечувати потреби рослин у макро- та мікроелементах на всіх етапах їх орґаногенезу. Позитивний вплив позакоренових підживлень на врожайність та якість бульб картоплі доведено результатами численних експериментальних досліджень в різних ґрунтово-кліматичних умовах [9–14].

Одним із способів підвищення ефективності застосування мінеральних добрив за зменшення їх норм є використання стимуляторів росту. Завдяки синтетичним препаратам підвищується врожайність, стійкість рослин

до несприятливих погодних умов, до ураження їх шкідниками і хворобами тощо.

Застосування новітніх біопрепаратів дасть змогу суттєво зменшити хімічне навантаження на ґрунти та покращити екологічний стан в Україні, водночас вони забезпечать захист рослин у стресових умовах (приморозки, недостатня кількість опадів, підвищені температури, посуха) [15–18].

Мета дослідження – розробка нових та удосконалення наявних агротехнічних заходів вирощування нових сортів картоплі на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся України.

Матеріал і методика досліджень. Дослідження проводили на базі чотирирічної сівозміни наукового аналітико-технологічного відділу з основною культурою картоплі на землях Інституту картоплярства, що знаходиться в смт Немішаєве Бородянського району Київської області. Всі дослідження проведені відповідно до методичних рекомендацій, розрахунки виконано за допомогою Statistica 6.0. [19, 20].

Ґрунт дослідної ділянки – дерново-підзолистий супіщаний, типовий для зони Полісся України. Вміст гумусу в ґрунті орного шару становить 1,4 %, азоту легкогідролізованого – 98, рухомого фосфору – 72, обмінного калію – 100 мг/кг, кальцію і магнію відповідно 4,4 та 0,5 мг екв на 100 г ґрунту; гідролітична кислотність Нг–1,97, рН – 5,2.

Погодні умови 2021 та 2022 років були досить сприятливими для початку польових робіт й садіння картоплі, проте надалі низькі температури у період проростання, спека й нестача вологи в період цвітіння та формування врожаю, мали негативний вплив на ріст та розвиток рослин, що в кінцевому результаті вплинуло на врожайність та ураженість хворобами.

Дослідження проводили з середньораннім сортом Житниця та середньостиглим сортом Меланія.

Житниця – середньоранній сорт столового призначення. Період вегетації 100 діб. Потенційна врожайність – 60,0–70,0 т/га, середня кількість бульб під кушем – 16–18 шт. із середньою масою товарної бульби 90–120 г, товарність – 85 %. Смакові якості добрі. Вміст крохмалю – 17,2 %, сухої речовини – 23,5 %. Сорт стійкий до фітофторозу бульб й листків, парші звичайної, залізистої плямистості, мокрих гнилей. Кущ середньої висоти, добре облиствлений. Квітки червоно-фіолетові. Морфологічні ознаки: бульба рожева з червоними неглибокими вічками, округла з гладенькою шкіркою. М'якоть кремова, стійкий до ферментативного і неферментативного потемніння. Сорт придатний для переробки на чіпси.

Меланія – середньостиглий сорт картоплі універсального призначення. Вегетаційний період 110 діб. Наприкінці вегетації врожайність 60,0 т/га. Морфологічні ознаки сорту: бульби рожеві, округло-овальної форми, м'якоть кремова. Маса товарної бульби – 65,0 г. Уміст крохмалю в бульбах – 15,5–16,0 %, смакові якості добрі. Товарність бульб висока – 97 %. Сорт відзначається доброю лежкістю. Стійкий до стеблової нематоди та картопляної цистоутворювальної нематоди, звичайного патотипу раку, відносно стійкий до фітофторозу, альтернаріозу, вірусних хвороб і механічних пошкоджень. Сорт посухостійкий і пластичний, стійкий до виродження. Проходить Державне сортовипробування.

Дослід загальною площею 0,15 га було закладено в трьох повтореннях, облікова площа ділянки 22,5 м², ділянки чотирирядкові (7,5 м), доріжки – 1 м, захист по 2 ряди.

Після веснооранки картоплю досліджуваних сортів висадили в ґрунт 27 квітня ручним розкладанням бульб у попередньо нарізані борозни з подальшим закриттям дисками.

Догляд за посівами картоплі загальноприйнятний для зони Полісся.

Попередник картоплі – жито на сидерат.

Дослід закладали згідно із затвердженою робочою програмою за схемою:

$N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально, контроль).

$N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально) + Пролонгований азот (10 л/га, листовка – бутонізація, цвітіння, після цвітіння).

$N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально) + Квантум Діафан 3-18-18 (2 л/т).

$N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально) + Квантум Діафан 3-18-18 (2 л/т) + Пролонгований азот (10 л/га, листовка – бутонізація, цвітіння, після цвітіння).

$N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально) + Квантум Сіамін (0,5 л/т).

$N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально) + Квантум Сіамін (0,5 л/т) + Пролонгований азот (10 л/га, листовка – бутонізація, цвітіння, після цвітіння).

Обробіток 3, 4, 5, 6 варіантів:

Фаза бутонізації: Квантум Голд (2,5 л/га); Квантум – АміноМакс (0,5 л/га); Квантум КопперФілд (2,5 л/га).

Фаза цвітіння: Квантум Бор Актив (1 л/га); Квантум КопперФілд (2,5 л/га).

Фаза після цвітіння: Квантум К-36 (3 л/га).

Квантум Діафан 3-18-18. Високочисті концентровані композиції макроелементів NPK для забезпечення рослин основними елементами живлення.

Квантум Сіамін. Комплексне добриво на основі екстракту морських водоростей, збагачене важливими елементами живлення. Містить

комплекс біологічно активних речовин, які проявляють стимулюючу дію на рослини.

Квантум Голд. Комплексне добриво для позакореневого підживлення. Містить високу концентрацію макро- та мікроелементів, а також комплекс біологічно активних речовин, зокрема фітогормон ауксинового типу.

Квантум АміноМакс. Комплексне добриво-антистресант з амінокислотами для позакореневого підживлення рослин. Містить збалансований набір макро- та мікроелементів, L-амінокислоти рослинного походження та комплекс біологічно активних речовин.

Квантум КопперФілд. Концентроване мідне мікродобриво з вираженою антибактеріальною та фунгіцидною дією. Застосовують для позакореневого підживлення чутливих до дефіциту міді культур, також з метою профілактики та захисту від бактеріальних та грибкових хвороб.

Квантум Бор Актив. Високоєфективне добриво на основі легкодоступних біологічно активних форм бору.

Результати дослідження та обговорення. Рослина картоплі характеризується високою пластичністю, проте нормальний ріст і розвиток проходить у разі забезпечення її у відповідних кількостях водою, теплом, повітрям, світлом та елементами живлення.

Результати фенологічних спостережень подані в таблицях 1 та 2.

У 2021 році у сортів Житниця та Меланія період від садіння до повних сходів становив 44 доби, від садіння до бутонізації – 58 діб, від садіння до цвітіння – 64 доби. Період від садіння до відмирання бадилля у 1, 3 та 5 варіантах сорту Житниця становив 100 діб, у 2, 4 та 6 варіантах ($N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально) + Квантум Діафан 3-18-18 (2 л/т) + Пролонгований азот) – 110 діб. Період від садіння до відмирання бадилля у 1, 3 та 5 варіантах сорту Меланія становив 110 діб, а у 2, 4 та 6 варіантах ($N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально) + Квантум Сіамін (0,5 л/т) + Пролонгований азот) – 120 діб.

У 2022 році у сортів Житниця та Меланія період від садіння до повних сходів становив 42 доби, від садіння до бутонізації – 54 доби, від садіння до цвітіння – 60 діб. Період від садіння до відмирання бадилля у 1, 3 та 5 варіантах сорту Житниця становив 105 діб, у 2, 4 та 6 варіантах ($N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально) + Квантум Діафан 3-18-18 (2 л/т) + Пролонгований азот) – 115 діб. Період від садіння до відмирання бадилля у 1, 3 та 5 варіантах сорту Меланія становив 115 діб, у 2, 4 та 6 варіантах ($N_{90}P_{60}K_{90}$ (локально) + Квантум Сіамін (0,5 л/т) + Пролонгований азот) – 125 діб (табл. 2).

Таблиця 1 – Вплив агротехнічних прийомів на проходження міжфазних періодів розвитку рослин картоплі, 2021 р.

Варіант	Кількість діб від садіння до:			
	сходів	бутонізації	цвітіння	відмирання
Житниця				
1	44	58	64	100
2	44	58	64	110
3	44	58	64	100
4	44	58	64	110
5	44	58	64	100
6	44	58	64	110
Меланія				
1	44	58	64	110
2	44	58	64	120
3	44	58	64	110
4	44	58	64	120
5	44	58	64	110
6	44	58	64	120

Таблиця 2 – Вплив агротехнічних прийомів на проходження міжфазних періодів розвитку рослин картоплі, 2022 р.

Варіант	Кількість діб від садіння до:			
	сходів	бутонізації	цвітіння	відмирання
Житниця				
1	42	54	60	105
2	42	54	60	115
3	42	54	60	105
4	42	54	60	115
5	42	54	60	105
6	42	54	60	115
Меланія				
1	42	54	60	115
2	42	54	60	125
3	42	54	60	115
4	42	54	60	125
5	42	54	60	115
6	42	54	60	125

Встановлено, що в 2021–2022 роках значної різниці щодо тривалості міжфазних періодів (садіння–цвітіння) між сортами Житниця та Меланія не відмічено. Однак у період від садіння до відмирання бадилля у варіантах 2, 4 та 6 обох сортів спостерігалась різниця у 10 діб, оскільки на цих варіантах був внесений пролонгований азот, який впливає на тривалість вегетаційного періоду. Тривалість вегетаційного періоду насамперед залежить від генотипу сорту, а також від абіотичних чинників.

Відомо, що густина насаджень картоплі на одиницю площі є структурним елементом, що визначає урожайність.

Вплив агротехнічних прийомів на польову схожість та біометричні показники досліджуваних сортів представлено в таблицях 3 та 4.

У 2021 році дослідженнями встановлено, що середня густина насаджень сорту Житниця становить 46,8 тис. кущів/га. Найбільшу густоту було встановлено у 4 та 6 варіантах, відповідно 49,3 та 47,5 тис. кущів/га. В порівнянні з контрольним варіантом у 4 варіанті густина була більша на 3,7 тис. кущів/га. Густина насаджень коливається в межах від 45,6 до 49,3 тис. кущів/га.

Середня польова схожість становить 87,8 %. Найбільшу польову схожість було встановлено у 4 та 6 варіантах, відповідно 92,5 та 89,1 %.

Польова схожість коливається в межах від 85,8 до 92,5 %.

Кількість стебел на одну рослину в середньому становить 3,3 (154,1 тис. шт./га) штук на рослину. Цей показник коливається в межах від 2,9 до 3,9 штук на рослину. Найвищий показник було відмічено у 4 та 6 варіантах, відповідно 3,9 (192,3 тис. шт./га) та 3,5 (166,3 тис. шт./га) штук на рослину.

Середня висота рослин становить 70,6 см. Найбільшу висоту рослин встановлено у 4 та 6 варіантах, відповідно 77,0 та 73,0 см. Загалом висота рослин коливається в межах від 65,0 до 77,0 см.

Середня площа листкової поверхні становить 182,9 см². Найбільші показники площі листкової поверхні встановлені у 4 та 6 варіантах, відповідно 229,2 та 194,3 см². У середньому площа листкової поверхні коливається в межах від 150,6 до 229,2 см².

У сорту Меланія середня густота становить 45,8 тис. кущів/га. Найбільшу густоту було встановлено у 4 та 6 варіантах, відповідно 47,1 та 47,5 тис. кущів/га. В порівнянні з контрольним варіантом у 6 варіанті густота була більша на 4,5 тис. кущів/га. Густота насаджень коливається в межах від 43,0 до 47,5 тис. кущів/га.

Таблиця 3 – Вплив агротехнічних прийомів на польову схожість та біометричні показники досліджуваних сортів картоплі у 2021 році

Варіант	Густота рослин, тис. кущ./га	Польова схожість, %	Густота стеблостою		Висота рослин, см	Площа листкової поверхні, см²
			на рослину, шт.	тис. шт./га		
Житниця						
1	45,6	85,8	2,9	132,2	65,0	150,6
2	46,2	86,6	3,0	138,6	68,0	156,3
3	45,6	85,8	3,2	145,9	72,5	180,8
4	49,3	92,5	3,9	192,3	77,0	229,2
5	46,6	87,5	3,2	149,1	68,5	186,2
6	47,5	89,1	3,5	166,3	73,0	194,3
Меланія						
1	43,0	80,8	2,1	90,3	63,5	123,6
2	44,4	83,3	2,4	106,6	63,5	135,0
3	46,5	87,5	2,2	102,3	67,0	164,0
4	47,1	88,3	2,6	122,5	69,0	175,9
5	46,8	87,5	2,5	117,0	66,5	173,3
6	47,5	89,1	2,7	128,3	70,5	186,6

Таблиця 4 – Вплив агротехнічних прийомів на польову схожість та біометричні показники досліджуваних сортів картоплі у 2022 році

Варіант	Густота рослин, тис. кущ/га	Польова схожість, %	Густота стеблостою		Висота рослин, см	Площа листової поверхні, см²
			на рослину, шт.	тис. шт./га		
Житниця						
1	40,7	86,1	2,8	114,0	64,5	143,1
2	41,6	86,2	2,9	120,6	67,5	148,5
3	40,7	87,1	3,0	122,1	71,0	171,8
4	42,4	93,1	3,7	156,9	76,5	217,7
5	39,6	89,4	3,0	118,8	68,0	176,9
6	44,9	92,5	3,6	161,6	74,5	184,6
Меланія						
1	41,1	80,6	2,0	82,2	63,0	117,4
2	37,1	82,9	2,2	81,6	64,0	128,3
3	43,8	88,6	2,2	96,4	66,5	155,8
4	45,6	89,4	2,5	114,0	69,5	167,1
5	46,0	87,9	2,1	96,6	65,5	164,6
6	45,6	89,7	2,5	114,0	71,5	177,3

Середня польова схожість становить 86 %. Найбільшу польову схожість було встановлено у 4 та 6 варіантах, відповідно 88,3 та 89,1 %. Польова схожість коливається в межах від 80,8 до 89,1 %.

Кількість стебел на одну рослину в середньому становить 2,4 (111,1 тис. шт./га) штук на рослину. Цей показник коливається в межах від 2,1 до 2,7 штук на рослину. Найвищий показник було відмічено у 4 та 6 варіантах, відповідно 2,6 (122,5 тис. шт./га) та 2,7 (128,3 тис. шт./га) штук на рослину.

Середня висота рослин становить 66,6 см. Найбільшу висоту рослин встановлено у 4 та 6 варіантах, відповідно 69,0 та 70,5 см. Загалом висота рослин коливається в межах від 63,5 до 70,5 см.

Середня площа листкової поверхні становить 159,7 см². Найбільші показники площі листкової поверхні встановлені у 4 та 6 варіантах, відповідно 175,9 та 186,6 см². У середньому площа листкової поверхні коливається в межах від 123,6 до 186,6 см².

У 2022 році визначено, що середня густина насаджень сорту Житниця становить 41,7 тис. кущів/га. Найбільшу густоту було встановлено у 4 та 6 варіантах, відповідно 42,4 та 44,9 тис. кущів/га. В порівнянні з контрольним варіантом густина була більша на 1,7 та 4,2 тис. кущів/га. Густина насаджень коливається в межах від 40,7 до 44,9 тис. кущів/га (табл. 4).

Середня польова схожість становить 86,6 %. Найбільшу польову схожість було встановлено у 4 та 6 варіантах, відповідно 93,1 та 92,5 %. Польова схожість коливається в межах від 86,1 до 93,1 %.

Кількість стебел на одну рослину в середньому 3,2 штук на рослину (132,3 тис. шт./га). Цей показник коливається в межах від 2,8 до 3,7 штук на рослину. Найвищий показник було відмічено у 4 та 6 варіантах, відповідно 3,7 (156,9 тис. шт./га) та 3,6 (161,6 тис. шт./га) штук на рослину.

Середня висота рослин становить 70,3 см. Найбільшу висоту рослин встановлено у 4 та 6 варіантах, відповідно 76,5 та 74,5 см. Загалом висота рослин коливається в межах від 64,5 до 76,5 см.

Середня площа листкової поверхні становить 173,8 см². Найбільші показники площі листкової поверхні встановлені у 4 та 6 варіантах, відповідно 217,7 та 184,6 см². У середньому площа листкової поверхні коливається в межах від 143,1 до 217,7 см².

У сорту Меланія показники були аналогічними.

Висновки. Отже, проаналізувавши дані показники можна зробити висновок, що найкращими варіантами у сортах Житниця та Меланія виявилися 4- та 6-й, де вносили N₉₀P₆₀K₉₀ (локально) + Квантум Сіамін (0,5 л/т) + Пролонгований азот (листова – бутонізація, цвітіння, після цвітіння) та N₉₀P₆₀K₉₀ (локально) + Квантум Діафан 3-18-18 (2 л/т) + Пролонгований азот (листова – бутонізація, цвітіння, після цвітіння). Найбільшу густоту було встановлено у 4 та 6 варіантах, відповідно 49,3 та 47,5 тис. кущів/га. На цих же варіантах польова схожість становила 92,5 та 89,1 %; кількість стебел відповідно 3,9 (192,3 тис. шт./га) та 3,5 (166,3 тис. шт./га) штук на рослину; висота рослин – 77,0 та 73,0 см; площа листкової поверхні, відповідно 229,2 та 194,3 см².

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агроекологічні основи вирощування картоплі / В.М. Положенець та ін. Київ: Свет, 2008. 196 с.
2. Бондарчук А.А., Колтунов В.А., Кравченко О.А. Картопля: вирощування, якість, збереження. Київ: КИТ, 2009. 232 с.
3. Бондарчук А.А. Стан та пріоритетні напрямки розвитку галузі картоплярства в Україні. Картоплярство. 2008. № 37. С. 7–12.
4. Дегодюк С.Е., Літвінова О.А., Вітвіцька О.І., Боднар Ю.Д. Вплив добрив у сівоzmіні на родючість ґрунту і продуктивність культур. Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН». 2010. Вип. 4. С. 3–10.
5. Біологічні особливості картоплі. Електронна енциклопедія сільського господарства. URL: <http://www.AgroScience.com.ua>. 2008–2009.
6. М'ялковський Р.О. Фотосинтетична діяльність рослин ранньої картоплі залежно від різних норм добрив. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: Зб. наук. праць НААН. Київ, 2013. Вип. 17(1). С. 217–220.
7. Ботаніка з основами екології: навч. посіб. / М.М. Світельський та ін.; за заг. ред. М. М. Світельського. 2-ге вид. Житомир: Рута, 2015. 376 с.
8. Ворона Л.І., Ткачук В.П. Технологія вирощування картоплі на основі засобів біологізації в умовах Полісся. Посібник українського хлібороба: науково-виробничий щорічник. 2010. Харків: ТОВ «АКАДЕМПРЕС». 296 с.
9. Брошак І.С. Під впливом регуляторів росту. Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб. Київ, 2015. Вип. 4. 21 с.
10. Чернілевський М.С., Білявський Ю.А., Кропивницький Р.Б., Ворона Л.І. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посіб. Житомир: ЖНАЕУ, 2012. 84 с.
11. Поліщук В.О. Вплив мікродобрив і біопрепарату на формування ваги бульб картоплі. Інноваційний розвиток АПК: проблеми та їх вирішення: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої пам'яті декана агрономічного факультету

М.Ф. Рибак (19–20 листопада 2015 р.). Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроєкологічний університет», 2015. С. 114–118.

12. Поліщук І.С., Поліщук М.І., Мазур В.А., Палагнюк О.В. Ефективність застосування біологічно-ефективних препаратів та добрив при вирощуванні картоплі в умовах правобережного Лісостепу України. Сільське господарство та лісівництво. 2015. № 2. С. 18–26.

13. Колтунов В.А., Данілко Т.В., Бородай В.В. Проблеми виробництва екологічно чистої картоплі. Картоплярство. Вінниця: «Твори», 2019. № 44. С. 127–143.

14. Кордулян Ю.В., Гунчак М.В., Соломійчук М.П. Вплив біопрепаратів на показники урожайності та рентабельності картоплі. Картоплярство. Вінниця: «Твори», 2019. № 44. С. 151–159.

15. Ільчук Р.В., Ільчук Ю.Р. Вплив позакореневого підживлення моно- і мікродобривами та стимулятором росту на врожайність картоплі. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2013. № 55 (1). С. 51–59.

16. Коваленко О.Л., Коваленко О.А. Застосування регуляторів та стимуляторів росту рослин при розмноженні оздоровленого насіннєвого матеріалу картоплі в умовах Полісся України. Луб'яні та технічні культури. 2014. Вип. 3. С. 122–126.

17. Поліщук І.С., Поліщук М.І., Палагнюк О.В. Вплив біопрепаратів азотофіт та фітоцид на врожайні властивості сортів картоплі. Наука в інформаційному просторі: матеріали IX Міжнарод. науч.-практ. інтернет-конф. (10–11 жовтня 2013 г.). URL: http://www.confcontact.com/2013-nauka-v-informatsionnomprostranstve/sh1_polishchuk_vpliv.htm

18. Муравйов В.О., Мельник О.В., Семибратська Т.В., Духіна Н.Г. Адаптація елементів технології вирощування картоплі ранньої до змін клімату. Картоплярство. Вінниця: «Твори», 2019. № 44. С. 159–170.

19. Картоплярство: методика дослідної справи / А.А. Бондарчук та ін. Вінниця: ТОВ «Твори», 2019. 652 с.

20. Сайт компанії StatSoft, розробника програми Statistica 6.0. URL: <http://www.statsoft.ru/>.

REFERENCES

1. Polozhenets, V.M., Chernilevskyi, M.S., Nemyrtytska, L.V. (2008). Ahroekologichni osnovy vyroshchuvannya kartopli [Agroecological basics of growing potatoes]. Kyiv, Svet, 196 p.

2. Bondarchuk, A.A., Koltunov, V.A., Kravchenko, O.A. (2009). Kartoplia: vyroshchuvannya, yakist, zberezhennia [Potatoes: cultivation, quality, preservation]. Kyiv, KYT, 232 p.

3. Bondarchuk, A.A. (2008). Stan ta priorytetni napriamky rozvytku haluzi kartopliarstva v Ukraini [State and priority directions of development of the potato growing industry in Ukraine]. Kartopliarstvo [Potato farming]. Vol. 37, pp. 7–12.

4. Dehodiuk, S.E., Litvinova, O.A., Vitvitska, O.I., Bodnar, Yu.D. (2010). Vplyv dobryv u sivozmini na rodiuchist gruntu i produktyvnist kultur [The effect of fertilizers in crop rotation on soil fertility and crop

productivity]. Zb. nauk. pr. NNTs «Instytut zemlerobstva UAAN» [College of Science NSC "Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences"]. Vol. 4, pp. 3–10.

5. Biologichni osoblyvosti kartopli [Biological features of potatoes]. Elektronna entsyklopediia silskoho hospodarstva [Electronic encyclopedia of agriculture]. Available at: <http://www.AgroScience.com.ua>.

6. M'ialkovskyi, R.O. (2013). Fotosyntetychna diialnist roslin rannoi kartopli zalezno vid riznykh norm dobryv [Photosynthetic activity of early potato plants depending on different rates of fertilizers]. Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovnykh buriakiv: zb. nauk. prats NAAN [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet: collection. of science Proceedings of the National Academy of Sciences]. Kyiv, Vol. 17(1), pp. 217–220.

7. Svitelskyi, M.M., Kotiuk, L.A., Romaniuk, A.A. (2015). Botanika z osnovamy ekolohii: navch. posib. [Botany with the basics of ecology]. Zhytomyr, Ruta, 376 p.

8. Vorona, L.I., Tkachuk, V.P. (2010). Tekhnolohiia vyroshchuvannya kartopli na osnovi zasobiv biolohizatsii v umovakh Polissia [The technology of growing potatoes based on biologization in the conditions of Polissia]. Posibnyk ukrainskoho khliboroba: naukovo-vyrobnychi shchorichnyk [Handbook of the Ukrainian farmer: scientific and production yearbook]. Kharkiv, TOV AKADEMPRES, 296 p.

9. Broshchak, I.S. (2015). Pid vplyvom rehuliatoriv rostu [Under the influence of growth regulators]. Zakhyst i karantyn roslin: mizhvid. temat. nauk. zb. [Protection and quarantine of plants: mezvid. subject of science coll.]. Kyiv, Vol. 4, 21 p.

10. Chernilevskyi, M.S., Biliavskyi, Yu.A., Kropyvnytskyi, R.B., Vorona, L.I. (2012). Ahrotekhnichni vymohy ta otsinka yakosti obrobitku gruntu: navch. posib. [Agrotechnical requirements and assessment of the quality of soil cultivation]. Zhytomyr, ZhNAEU, 84 p.

11. Polishchuk, V.O. (2015). Vplyv mikrodobryv i biopreparatu na formuvannya vahy bulb kartopli [The effect of microfertilizers and biological preparation on the formation of potato tuber weight]. Innovatsiinyi rozvytok APK: problemy ta yikh vyrishennia: materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf., prysviachenoї pam'iaty dekana ahronomichnoho fakultetu M.F. Rybaka [Innovative development of agricultural industry: problems and their solutions: materials of the International science and practice conference dedicated to the memory of the Dean of the Faculty of Agriculture M.F. Fisherman]. (m. Zhytomyr, 19-20 lystopada 2015 r.). Zhytomyr, Zhytomyr National Agroecological University Publishing House, pp. 114–118.

12. Polishchuk, I.S., Polishchuk, M.I., Mazur, V.A., Palahniuk, O.V. (2015). Efektyvnist zastosuвання biologichno-efektyvnykh preparativ ta dobryv pry vyroshchuvanni kartopli v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The effectiveness of the use of biologically effective drugs and fertilizers in the cultivation of potatoes in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and forestry]. Vol. 2, pp. 18–26.

13. Koltunov, V.A., Danilkova, T.V., Borodai, V.V. (2019). Problemy vyrobnytstva ekolohichno chystoi kartopli [Problems of production of ecologically clean potatoes]. Kartopliarstvo [Potato farming]. Vinnytsia, Tvory, no. 44, pp. 127–143.

14. Kordulian, Yu.V., Hunchak, M.V., Solo-miichuk, M.P. (2019). Vplyv biopreparativ na pokaznyky urozhainosti ta rentabelnosti kartopli [The influence of biological preparations on the productivity and profitability of potatoes]. Kartopliarstvo [Potato farming]. Vinnytsia, Tvory, no. 44, pp. 151–159.

15. Ilchuk, R.V., Ilchuk, Yu.R. (2013). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia mono- i mikrodobryvamy ta stymuliatorom rostu na vrozhaist kartopli [Effect of foliar fertilizing with mono- and microfertilizers and growth stimulator on potato yield]. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry]. Vol. 55 (1), pp. 51–59.

16. Kovalenko, O.L., Kovalenko, O.A. (2014). Zastosuvannia rehuliatoriv ta stymuliatoriv rostu rosllyn pry rozmnozhenni ozdorovenoho nasinnievoho materialu kartopli v umovakh Polissia Ukrainy [The use of plant growth regulators and stimulators in the propagation of healthy potato seed material in the conditions of Polissia of Ukraine]. Lubiani ta tekhnichni kultury [Pod and industrial crops]. Vol. 3, pp. 122–126.

17. Polishchuk, I.S., Polishchuk, M.I., Palahniuk, O.V. (2013). Vplyv biopreparativ azotofit ta fitotsyd na vrozhaist vlastyvosti sortiv kartopli [The influence of biological preparations azotophyte and phytocides on the yield properties of potato varieties]. Nauka v ynformatsionnom prostranstve: materyaly IX Mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konf. [Science in the information space: materials of the IX International. science and practice internet conference]. Available at: http://www.confcontact.com/2013-nauka-v-informatsionnomprostranstve/sh1_polishchuk_vpliv.htm.

18. Muraviov, V.O., Melnyk, O.V., Semybratska, T.V., Dukhina, N.H. (2019). Adaptatsiia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia kartopli rannoi do zmin klimatu [Adaptation of elements of early potato growing technology to climate changes]. Kartopliarstvo [Potato farming]. Vinnytsia, Tvory, no. 44, pp. 159–170.

19. Bondarchuk, A.A., Koltunov, V.A., Oliynyk, T.M., Furdyha, M.M., Vyshnevs'ka, O.V., Osypchuk, A.A., Zakharchuk, N.A. (2019). Kartoplyarstvo: metodyka doslidnoyi spravy [Potato growing: methodology of the experimental case]. Vinnytsia, TOV Tvory, 652 p.

20. Sajt kompaniy`y` StatSoft, razrabotchy`ka programy Statistica 6.0. [The website of the StatSoft company, the developer of the Statistica 6.0 program]. Available at: <http://www.statsoft.ru/>.

Effect of «Quantum» system preparations on biometric parameters of potato plants

Liashchenko S., Rozhniatovskiy A., Martseniuk Ya., Kupriianov S.

The article presents the results of research on the influence of different preparations of the «Quantum» system on the biometric parameters of potato plants of the medium-early variety «Zhytnytsia» and the medium-ripening variety «Melaniya». The purpose of the research is to develop new and improve existing agrotechnical measures for growing new potato varieties on sod-podzolic sandy loam soils of Ukrainian Polissya. It has been experimentally proven that the application of a complex of agrotechnical measures has a positive effect on the biometric indicators of potato plants development during the growing season. New potato varieties «Zhytnytsia» and «Melaniya» responded positively to fertiliser application, their rates and methods. According to the studies conducted in 2021–2022, both «Zhytnytsia» and «Melaniya» varieties distinguished 2 variants, the 4th and 6th, where $N_{90}P_{60}K_{90}$ (locally) + «Quantum Seamin» (0,5 l/t) + Prolonged nitrogen (leaf – budding, flowering, after flowering) and $N_{90}P_{60}K_{90}$ (locally) + «Quantum Diafan 3-18-18» (2 l/t) + Prolonged nitrogen (leaf – budding, flowering, after flowering) were applied. In 2021 in the varieties «Zhytnytsia» and «Melaniya» on average the period from planting to full germination was 44 days, from planting to budding – 58 days, from planting to flowering – 64 days. The period from planting to tops dieback in 1, 3 and 5 variants of «Zhytnytsia» variety was 100 days, and in 2, 4 and 6 variants – 110 days. Accordingly, in «Melaniya» variety these figures were 110 and 120 days.

The highest density was found in variants 4 and 6, respectively, 49.3 and 47.5 thousand bushes/ha. In the same variants the field germination rate was 92.5 % and 89.1 %; the number of stems was 3.9 (401.7 thousand pcs/ha) and 3.5 (367.5 thousand pcs/ha) per plant respectively; plant height was 77.0 and 73.0 cm; leaf surface area was 229.2 and 194.3 cm² respectively. Similar results were obtained for the «Melaniya» variety. The same variants had a longer growing season due to the use of prolonged nitrogen, which had a good effect on the yield. Thus, after analysing these indicators, we can conclude that the best options for varieties «Zhytnytsia» and «Melaniya» are variants 4 and 6.

Key words: potato, budding, flowering, tops dieback, density, height, leaf surface area, preparations.



Copyright: Лященко С.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:

Лященко С.А.
Рожнятовський А.О.
Марценюк Я.Ю.
Купріянов С.І.

<https://orcid.org/0000-0001-6558-7058>
<https://orcid.org/0000-0002-7855-4439>
<https://orcid.org/0000-0002-8457-3759>
<https://orcid.org/0000-0001-5390-5573>



УДК 633.34; 632.952; 631.147

Вплив фунгіцидного захисту на формування фотосинтетичних показників посівів сої**Мостипан О.В.** , **Грабовський М.Б.** *Білоцерківський національний аграрний університет*

Мостипан О.В., Грабовський М.Б. Вплив фунгіцидного захисту на формування фотосинтетичних показників посівів сої. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 50–59.

Mostypan O., Grabovskiy M. The influence of fungicidal protection on the formation of photosynthetic parameters of soybean crops. «Agrobiologia», 2023. no. 2, pp. 50–59.

Рукопис отримано: 02.10.2023 р.

Прийнято: 17.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-50-59

Метою досліджень було виявлення впливу фунгіцидного захисту на формування площі листової поверхні та фотосинтетичних показників посівів сої. Дослідження проводили у 2021–2023 рр. в умовах ТОВ «Саварське» Обухівського району Київської області. Схема досліду: Чинник А. Сорти. Амадеа, Ауреліна. Чинник Б. Фунгіциди. Контроль (обробка насіння та рослин водою), Максим Адванс 195 FS, ТН (1,25 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Вайбранс RFC, т. н. (1 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Селест топ 312.5 FS, ТН (1 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Стандак Топ (2 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Абакус (2 л/га) (у період вегетації), Максим Адванс 195 FS, ТН (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га), Вайбранс RFC, т. н. (1 л/т) + Абакус (2 л/га), Селест топ 312.5 FS, ТН (1 л/т) + Абакус (2 л/га), Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га). Максимальні показники площі листової поверхні рослин сої у сортів Ауреліна і Амадеа отримано у фазу наливу зерна – 44,85 і 45,91 тис. м²/га. Найменшою асиміляційна поверхня посівів була у фазу бутонізації – 15,10 і 15,07 тис. м²/га. Під впливом фунгіцидного захисту, площа листової поверхні у сортів Амадеа і Ауреліна у фазу цвітіння зростала на 0,90 і 0,94 тис. м²/га, у фазу наливу зерна – на 3,11 і 3,46 тис. м²/га, порівняно з контрольними варіантами. Найбільший приріст площі листової поверхні відмічено за комбінованого застосування фунгіцидів Стандак Топ (2 л/т) – для передпосівної обробки насіння і Абакус (2 л/га) – впродовж вегетації. За результатами дисперсійного аналізу найбільший вплив на формування площі листової поверхні рослин сої мали сортові особливості (37,7 %) й фунгіцидний захист (35,4 %), а взаємодія цих чинників становила 12,3 %.

Найвищий фотосинтетичний потенціал у сортів Амадеа і Ауреліна був на варіантах застосування фунгіцидів Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,09 і 3,16 млн м² × днів/га, Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,08 і 3,14 млн м² × днів/га і Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,06 і 3,13 млн м² × днів/га. Максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу у сортів Амадеа і Ауреліна отримано у фазу бутонізації – 3,88–4,16 і 3,89–4,27 г/м² × добу. Застосування фунгіцидного захисту забезпечувало приріст цього показника на 0,07–0,28 і 0,06–0,38 г/м² × добу, порівняно з контрольними варіантами. Залежно від періодів обліків, сорт Ауреліна за площею листової поверхні переважав сорт Амадеа на 1,6–3,8 %, за фотосинтетичним потенціалом – на 1,2–2,5 % і чистою продуктивністю фотосинтезу – на 0,8–1,7 %.

Ключові слова: соя, сорти, фунгіциди, захист посівів, площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Соя (*Glycine max* (L.)) є однією з найбільш рентабельних культур й за обсягами виробництва вона займає четверте місце у світі після кукурудзи, пшениці й рису. За останні 50 років її посіви у світі збільшилися з 23,8 до 102,4 млн га, урожайність – з 1,68 до 2,55 т/га, виробництво – з 26,9 до 263 млн т, або в 9,8 разів, за зростання кількості населення Землі у 2,2 рази. За результатами 2019 року, Україна посіла 9 місце серед країн-виробників сої у світі з показником валового збору в 3,7 млн т [1]. Під впливом несприятливих агрометеорологічних умов у період вегетації відмічають щорічний недобір врожаю цієї культури. Негативний вплив на врожайність сої мають також інші чинники, зокрема хвороби сої [2]. Останні завдають значних втрат: знижують енергію проростання насіння та його схожість, зріджують посіви, ослаблюють рослини, зменшують фотосинтетичну поверхню й продуктивність культурних рослин, погіршують якісні показники врожаю [3].

Для контролювання чисельності фітопатогенних грибів використовують фунгіциди. Фаза розвитку культури, в якій застосовують фунгіцид, значною мірою впливає на його ефективність і здатність пригнічувати хвороби та пов'язану з цим втрату врожаю. Крім того, зниження ефективності фунгіцидів через низку чинників, таких як несприятливі умови навколишнього середовища та застосування фунгіцидів на сортах сої, стійких до хвороб, може призвести до позитивного зв'язку між використанням фунгіцидів і втратами врожаю [4, 5].

Незважаючи на те, що використання фунгіцидів є загальноприйнятою практикою захисту від хвороб сої в усьому світі, наразі немає чіткого розуміння правильного періоду їх застосування [6]. У багатьох країнах-виробниках сої застосування фунгіцидів для контролювання хвороб базується на різних критеріях, найбільш поширеним є їх застосування відповідно до фіксованої стадії росту культури, здебільшого, між R3 і R5 [7]. Цей критерій, заснований на фенології, був широко прийнятий через простоту впровадження, оскільки не потребує виявлення захворювань або їх діагностики [8].

Для одержання максимального урожаю сої вирішальне значення має оптимальний розмір листової поверхні. Соя формує листовий апарат у доволі широкому діапазоні – від 20 до 70 тис. м²/га, залежно від умов вирощування. Більшість сортів сої можуть формувати листову поверхню в межах 2500–3000 см²/рослину [9]. Оптимальною площею листової поверхні, за якої формується висока врожайність насіння сої,

вважається показник в межах 40–50 тис. м²/га [10]. Якщо площа листової поверхні менша або більша, структура посіву є не оптимальною для використання фотосинтетично активної радіації (ФАР). За меншої площі неефективно засвоюється ФАР, а за більшої значна частина листків нижнього ярусу обпадає, а решта функціонує неефективно [11]. Фотосинтетична продуктивність посівів залежить не лише від величини сформованого листового апарату, а також від вмісту в ньому хлорофілів, які беруть безпосередню участь у процесі фотосинтезу [12, 13]. Зокрема, згідно з даними А.О. Бабич та ін. [14], фунгіциди та інокулянти сприяють позитивному впливу на формування вмісту хлорофілів *a* і *b* у листках рослин сої.

Фотосинтетична продуктивність посівів залежить також від формування пігментного комплексу та низки агротехнічних чинників, зокрема від системи удобрення, а також системи захисту рослин від хвороб [15]. Регулювання площі листового апарату рослин може бути досягнуто створенням оптимальної структури посівів. Водночас фотосинтетичний апарат рослин досить чутливий до дії різних чинників, тому сумісне застосування хімічних і біологічних препаратів може мати істотний вплив на формування його розмірів [16, 17].

Чотирирічні результати досліджень, отримані в умовах Центрального Лісостепу України показали, що площа листків рослин сої, темпи їх росту і розвитку до максимального рівня значною мірою залежали від строків сівби та системи захисту сої від хвороб. Передпосівна обробка насіння протруйником Вітавакс 200 фф + Ризоторфін сприяла зростанню листової поверхні на 11,7 % для посівів першого строку, на 7,1 – для другого і 3,6 % – для третього. Поєднання післясходового обприскування посівів сої у фазах третього трійчастого листка та бутонізації на фоні передпосівного протруєння забезпечили максимальне зростання площі асиміляційної поверхні. Порівняно з ділянками контрольного варіанта приріст для трьох строків становив 18,6; 20,7 і 13,3 %, відповідно [18].

В умовах Лісостепу України застосування фунгіцидів Аканто плюс 28 КС (1,0 л/га), Амистар Екстра 280 СС (0,75 л/га), Бампер супер 490 КЕ (1,5 л/га), Імпакт К, к.с. (0,8 л/га), Коронет 300 СС КС (0,8 л/га) у посівах сої на фоні обробки насіння перед сівбою інокулянтном Ризоактив, приводить до інтенсивного проходження в рослинах ростових та фотосинтетичних процесів, що супроводжується збільшенням на 20–48 % площі листової поверхні, на 58–79 % вмісту в листках суми хлорофілів

а і b та на 7–9 % чистої продуктивності фотосинтезу посівів. Найбільший вплив на росто-ві та фотосинтетичні процеси рослин сої мав фунгіцид Імпакт К (0,8 л/га), внесений на фоні обробки насіння сої МБП Ризоактив. За його використання чиста продуктивність посівів сої збільшувалась на 11–19 % [19].

За даними Р.А. Козинко [20], на формування асиміляційної поверхні рослин сої впливали погодні умови року, фунгіцидні протруйники та комплексне застосування препаратів з різним способом дії. За результатами дослід-ду, максимальна площа листкової поверхні 0,90 м²/рослину була сформована на варіанті Віспар + Ризогумін + Рексолін.

Як відмічає О.Г. Міленко [21], найкращі умови для наростання площі листкової поверхні були в посівах сорту Романтика, з нормою висіву насіння 800 тис./га, за умови механічного способу регулювання чисельності бур'янів. Площа листкової поверхні на цьому варіанті становила 53,43 тис. м²/га. Також впродовж всього вегетаційного періоду сої, найвищий показник фотосинтетичного потенціалу сформувався на цьому ж варіанті дослід-ду, на рівні 3,45 млн м² × днів/га.

Під час формування площі асиміляційної поверхні важливе значення також мають сортові особливості. Зокрема, згідно з О.В. Фурман [22], найбільшу площу листкової поверхні у фазу наливу бобів формували середньостиглий сорт Сузір'я, найменшу – ультраранній сорт Легенда, відповідно 41,9–46,8 та 37,7–42,2 тис. м²/га. Сорт Вільшанка за цим показником займав проміжне положення – 40,4–46,0 тис. м²/га.

Метою досліджень було виявлення впливу фунгіцидного захисту на формування площі листкової поверхні та фотосинтетичних показників посівів сої.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в 2021–2023 рр. в умовах ТОВ «Саварське» Обухівського району Київської області. Схема дослід-ду: Чинник А. Сорти. Амадеа, Ауреліна. Чинник Б. Фунгіциди. Контроль (обробка насіння та рослин водою), Максим Адванс 195 FS, ТН (1,25 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Вайбранс RFC, т. н. (1 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Селест топ 312.5 FS, ТН (1 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Стандак Топ (2 л/т) (обробка насіння перед сівбою), Абакус (2 л/га) (в період вегетації), Максим Адванс 195 FS, ТН (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га), Вайбранс RFC, т. н. (1 л/т) + Абакус (2 л/га), Селест топ 312.5 FS, ТН (1 л/т) + Абакус (2 л/га), Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га). Обробку насіння фунгіцидами проводили перед сівбою та обприскування

посівів у період вегетації (до фази бутонізації) – застосовуючи робочий розчин (250 л/га) на дослідних ділянках. На контрольних варіантах проводили обробку насіння та обприскування посівів водою з розрахунку 250 л/га, у період внесення фунгіцидів.

Загальна площа елементарної ділянки – 144 м², облікової – 120 м². Повторність дослід-ду триразова. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий середньосуглинковий. Дослідження проводили згідно з методичними рекомендаціями [23]. Площу листкової поверхні визначали методом “висічок”, який враховує визначення площі і маси 20–50 висічок, а також маси листкової поверхні всієї проби. Розрахунок фотосинтетичного потенціалу й чистої продуктивності фотосинтезу проводили розрахунковим методом згідно з J. Coombs та ін. [24].

Аналіз отриманих даних був проведений за допомогою методів дисперсійного та варіаційного аналізу комп'ютерними програмами Microsoft Excel та Статистика 12,0.

Результати дослідження та обговорення.

Найвищі показники площі листкової поверхні рослин сої отримано у фазу наливу зерна, а найменшою асиміляційна поверхня посівів була у фазу бутонізації. Від сходів до наливу зерна відмічено наростання площі листкового апарату, у період формування і досягання зерна спостерігалось відмирання листя, що зумовило зменшення фотосинтетичної поверхні рослин.

У фазу бутонізації сої мінімальна площа листкової поверхні у сортів Амадеа і Ауреліна була на варіантах без використання фунгіцидів (контроль) – 14,56 і 14,23 тис. м²/га (табл. 1). За передпосівної обробки насіння препаратами Максим Адванс (1,25 л/т), Вайбранс RFC (1 л/т), Селест топ (1 л/т), Стандак Топ (2 л/т) показники площі листкової поверхні зростали на 2,3–3,4 і 2,0–4,2 %. За поєднання передпосівної обробки насіння цими фунгіцидами і післясходового застосування Абакус (2 л/га) приріст відносно контролю становив 5,2–5,9 і 9,5–10,8 %, відповідно у сортів Амадеа й Ауреліна.

У фазу цвітіння, площа листкової поверхні була вищою на 29,0–33,6 %, порівняно з попереднім періодом обліків.

У цей період на варіантах, де не проводили внесення фунгіцидів, вона становила 18,92 і 19,34 тис. м²/га. Використання фунгіцидів для передпосівної обробки насіння у сортів Амадеа і Ауреліна забезпечувало збільшення площі листкової поверхні на 2,5–3,8 і 2,6–4,5 %, а їх поєднання з препаратом Абакус (2 л/га) – на 6,2–8,4 і 7,5–9,0 %, порівняно з контролем.

У фазу наливу зерна, площа листкової поверхні у сорту Амадеа була в межах 42,05–

46,34 тис. м²/га, у сорту Ауреліна – 42,80–47,42 тис. м²/га. Використання фунгіцидного захисту сприяло збільшенню цього показника на 4,9–10,2 і 5,7–11,5 %, порівняно з контролем. Найбільший приріст відмічено за комбінованого застосування фунгіцидів для передпосівної обробки насіння і їх використання впродовж вегетації. Залежно від періодів обліків сорт Ауреліна за площею листової поверхні переважав сорт Амадея на 1,6–3,8 %.

Під впливом фунгіцидного захисту площа листової поверхні у сортів Амадея і Ауреліна у фазу цвітіння зростала на 0,90 і 0,94 тис. м²/га, у фазу наливу зерна – на 3,11 і 3,46 тис. м²/га, порівняно з контрольними варіантами (рис. 1).

Згідно з даними дисперсійного аналізу, найбільший вплив на формування площі листової поверхні рослин сої мали сортові особливості (37,7 %) і фунгіцидний захист (35,4 %), а взаємодія цих чинників становила 12,3 % (рис. 2). Значний вплив мали також погодні умови – 14,6 %.

З метою встановлення за якого варіанта вирощування культури були найкращі умови для засвоєння сонячної енергії, в рослинництві визначають такий показник як фотосинтетичний потенціал посівів. Цей показник характеризує, яка площа листової поверхні впродовж скількох днів брала участь у синтезі органічної речовини [21].

Згідно з нашими дослідженнями, у міжфазний період бутонізації–цвітіння не було

достовірної різниці між варіантами досліджу за показниками фотосинтетичного потенціалу. Різниці між сортами в цей період також не відмічено (табл. 2).

У період цвітіння–налив зерна фотосинтетичний потенціал посівів мав найвищі значення. Найбільший показник 1,14 млн м² × днів/га було отримано в посівах сої сорту Ауреліна на варіанті Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га). У сорту Амадея на аналогічному варіанті він становив 1,11 млн м² × днів/га.

Фотосинтетичний потенціал посівів у сорту Ауреліна за період бутонізації–налив зерна був вищим ніж сорту Амадея на 0,02–0,07 млн м² × днів/га. Найкращий потенціал, для асиміляції сонячної радіації, був у досліджуваних сортів на варіанті за комбінованого застосування фунгіцидів Стандак Топ (2 л/т) і Абакус (2 л/га) – 3,09 і 3,16 млн м² × днів/га. Водночас, на варіантах Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га) і Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га) фотосинтетичний потенціал мав подібні значення – 3,08 і 3,14 та 3,06 і 3,13 млн м² × днів/га.

Ефективність роботи асиміляційної поверхні рослин можливо проаналізувати за показником чистої продуктивності фотосинтезу, що визначає масу накопиченої сухої речовини посівами культури на 1 м² за добу [21].

У наших дослідженнях найбільш інтенсивно фотосинтетичні процеси в рослинах відбувалися у фазу бутонізації сої. У сорту Амадея в цей період на контрольних варіантах накопичувалося сухої речовини 3,88 г/м² × добу, у сорту Ауреліна – 3,89 г/м² × добу (табл. 3).

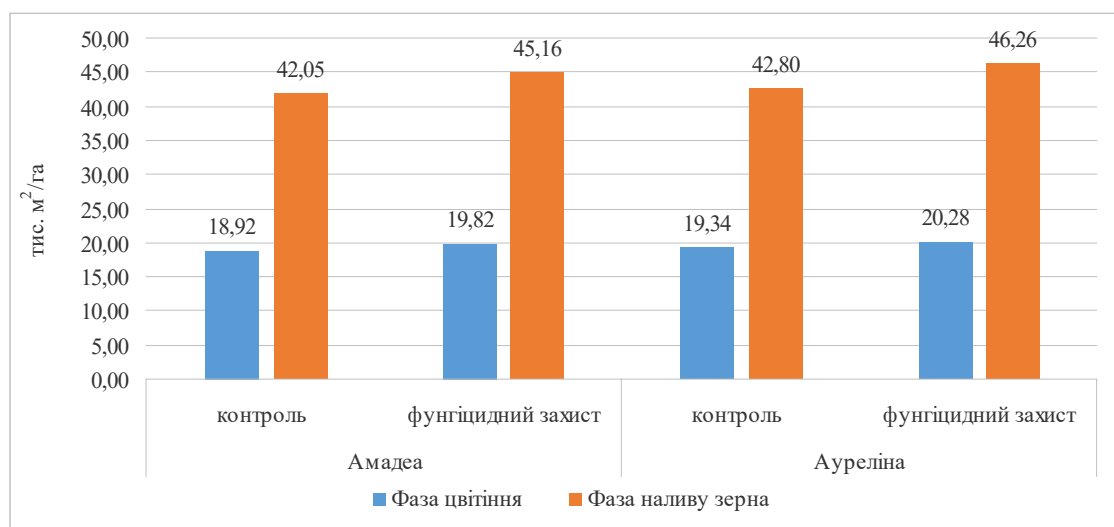


Рис. 1. Зміна площі листової поверхні сої залежно від фунгіцидного захисту (середнє за 2021–2023 рр.), тис. м²/га.

Таблиця 1 – Вплив фунгіцидного захисту на площу листової поверхні рослин сої (середнє за 2021–2023 рр.), тис. м²/га

Фунгіциди (Чинник Б)	Фаза бутонізації	Фаза цвітіння	Фаза наливу зерна
Амадеа (Чинник А)			
Контроль	14,56	18,92	42,05
Максим Адванс (1,25 л/т)	14,89	19,21	44,12
Вайбранс (1 л/т)	14,92	19,28	44,28
Селест топ (1 л/т)	15,01	19,37	44,45
Стандак Топ (2 л/т)	15,05	19,45	44,48
Абакус (2 л/га)	15,15	19,87	45,02
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,32	20,09	45,75
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,28	20,24	45,88
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,42	20,37	46,12
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,38	20,51	46,34
Ауреліна (Чинник А)			
Контроль	14,23	19,34	42,80
Максим Адванс (1,25 л/т)	14,52	19,57	45,23
Вайбранс (1 л/т)	14,57	19,63	45,36
Селест топ (1 л/т)	14,78	19,72	45,67
Стандак Топ (2 л/т)	14,83	19,78	45,79
Абакус (2 л/га)	15,11	20,05	46,08
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,58	20,79	46,80
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,61	20,86	46,91
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,71	21,02	47,05
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	15,76	21,08	47,42
НІР ₀₅ для	А	0,18	0,56
	Б	0,08	0,31
	АБ	0,30	0,92

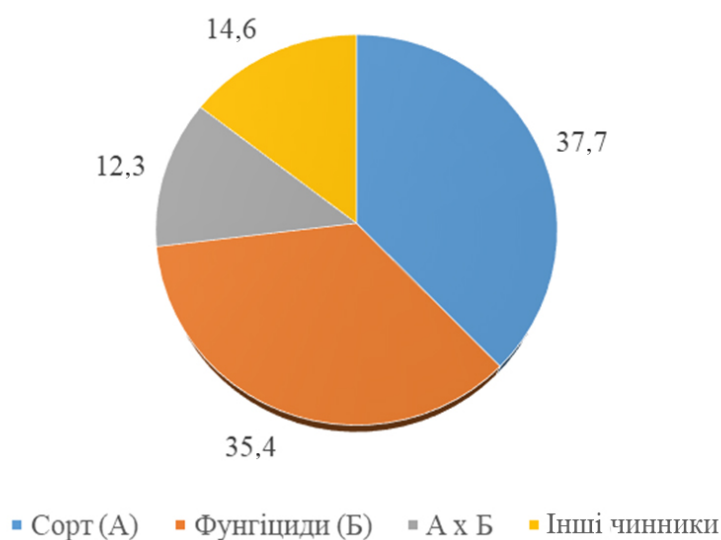


Рис. 2. Частка впливу чинників на формування площі листової поверхні сої.

Таблиця 2 – Фотосинтетичний потенціал посівів сої залежно від застосування фунгіцидів (середнє за 2021–2023 рр.), млн $\text{m}^2 \times \text{днів/га}$

Фунгіциди (Чинник Б)	Період обліків		
	бутонізація– цвітіння	цвітіння– налив зерна	бутонізація– налив зерна
Амадеа (Чинник А)			
Контроль	0,21	1,02	2,83
Максим Адванс (1,25 л/т)	0,21	1,06	2,95
Вайбранс (1 л/т)	0,21	1,06	2,96
Селест топ (1 л/т)	0,21	1,06	2,97
Стандак Топ (2 л/т)	0,22	1,07	2,98
Абакус (2 л/га)	0,22	1,08	3,01
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,22	1,10	3,05
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,22	1,10	3,06
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,22	1,11	3,08
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,22	1,11	3,09
Ауреліна (Чинник А)			
Контроль	0,21	1,04	2,85
Максим Адванс (1,25 л/т)	0,21	1,08	2,99
Вайбранс (1 л/т)	0,21	1,08	3,00
Селест топ (1 л/т)	0,22	1,09	3,02
Стандак Топ (2 л/т)	0,22	1,09	3,03
Абакус (2 л/га)	0,22	1,10	3,06
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,23	1,13	3,12
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,23	1,13	3,13
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,23	1,13	3,14
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	0,23	1,14	3,16
НІР ₀₅ для	А	0,03	0,04
	Б	0,02	0,02
	АБ	0,06	0,07

Таблиця 3 – Чиста продуктивність фотосинтезу рослин (середнє за 2021–2023 рр.), $\text{г/м}^2 \times \text{добу}$

Фунгіциди (Чинник Б)	Фаза бутонізації	Фаза цвітіння	Фаза наливу зерна
Амадеа (Чинник А)			
Контроль	3,88	2,16	2,55
Максим Адванс (1,25 л/т)	3,96	2,25	2,66
Вайбранс (1 л/т)	3,97	2,26	2,66
Селест топ (1 л/т)	3,99	2,27	2,68
Стандак Топ (2 л/т)	4,00	2,27	2,68
Абакус (2 л/га)	4,06	2,30	2,71
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,11	2,34	2,75
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,12	2,35	2,75
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,15	2,36	2,77
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,16	2,37	2,78
Ауреліна (Чинник А)			
Контроль	3,89	2,21	2,57
Максим Адванс (1,25 л/т)	3,95	2,30	2,69
Вайбранс (1 л/т)	3,97	2,31	2,70
Селест топ (1 л/т)	4,00	2,32	2,72
Стандак Топ (2 л/т)	4,01	2,33	2,73
Абакус (2 л/га)	4,08	2,35	2,75
Максим Адванс (1,25 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,22	2,40	2,81
Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,23	2,41	2,81
Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,26	2,42	2,82
Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га)	4,27	2,43	2,84
НІР ₀₅ для	А	0,02	0,06
	Б	0,01	0,02
	АБ	0,05	0,06

Застосування фунгіцидного захисту забезпечувало приріст сухої речовини 0,07–0,28 і 0,06–0,38 г/м² × добу, відповідно у сортів Амадеа і Ауреліна. У фазі цвітіння і наливу зерна відмічено зменшення чистої продуктивності фотосинтезу на 14,2–32,4 %, порівняно з першим періодом обліків.

Висновки. Максимальні показники площі листової поверхні рослин сої у сортів Ауреліна і Амадеа отримано у фазу наливу зерна – 44,85 і 45,91 тис. м²/га. Найменшою асиміляційна поверхня посівів була у фазу бутонізації – 15,10 і 15,07 тис. м²/га. Під впливом фунгіцидного захисту площа листової поверхні у сортів Амадеа і Ауреліна у фазу цвітіння зростала на 0,90 і 0,94 тис. м²/га, у фазу наливу зерна – на 3,11 і 3,46 тис. м²/га, порівняно з контрольними варіантами. Найбільший приріст площі листової поверхні відмічено за комбінованого застосування фунгіцидів Стандак Топ (2 л/т) і Абакус (2 л/га). За результатами дисперсійного аналізу найбільший вплив на формування площі листової поверхні рослин сої мали сортові особливості (37,7 %) й фунгіцидний захист (35,4 %), а взаємодія цих чинників становила 12,3 %.

Найвищий фотосинтетичний потенціал у сортів Амадеа і Ауреліна був на варіантах використання фунгіцидів Стандак Топ (2 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,09 і 3,16 млн м² × днів/га, Селест топ (1 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,08 і 3,14 млн м² × днів/га і Вайбранс (1 л/т) + Абакус (2 л/га) – 3,06 і 3,13 млн м² × днів/га. Максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу у сортів Амадеа і Ауреліна отримано у фазу бутонізації – 3,88–4,16 і 3,89–4,27 г/м² × добу. Застосування фунгіцидного захисту забезпечувало приріст цього показника 0,07–0,28 і 0,06–0,38 г/м² × добу, порівняно з контрольними варіантами. Залежно від періодів обліків сорт Ауреліна за площею листової поверхні переважав сорт Амадеа на 1,6–3,8 %, за фотосинтетичним потенціалом – на 1,2–2,5 % й чистою продуктивністю фотосинтезу – на 0,8–1,7 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коробко А.А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. Збалансоване природокористування. 2021. № 4. С. 125–134.
2. Patyka V.P., Gnatiuk T.T., Zhytkevych N.V. Causal organisms of bacterial diseases of soya and their monitoring. Bulletin of Agrarian Science. 2015. No 93(6). P. 15–19.
3. Щербачук В.М. Формування урожайності та якісних показників зерна сої залежно від системи захисту посівів проти бур'янів та хвороб в умовах достатнього зволоження. Агробіологія. 2015. № 1. С. 88–91.
4. Hanna S.O., Conley S.P., Shaner G.E., Santini J.B. Fungicide application timing and row spacing effect on soybean canopy penetration and grain yield. Agronomy Journal. 2008. No 100. P. 1488–1492. DOI: 10.2134/agronj2007.0135.
5. Corn, soybean, and wheat yield response to crop rotation, nitrogen rates, and foliar fungicide application / S. Mourtzinis et al. Crop Science. 2017. No 57. P. 983–992. DOI: 10.2135/cropsci2016.10.0876.
6. Bestor N. The Effect of Fungicides on Soybean in Iowa Applied Alone or in Combination with Insecticides at Two Application Growth Stages on Disease Severity and Yield. IA: Iowa State University Ames, 2011. 145 p. DOI: 10.31274/etd-180810-2555.
7. Development of a Quantitative Polymerase Chain Reaction Detection Protocol for *Cercospora kikuchii* in Soybean Leaves and Its Use for Documenting Latent Infection as Affected by Fungicide Applications / A.K. Chanda et al. Phytopathology. 2014. No 104(10). P. 1118–1124. DOI: 10.1094/PHYTO-07-13-0200-R.
8. Development and validation of a fungicide scoring system for management of late season soybean diseases in Argentina / M. Carmona et al. Crop Protection. 2015. No 70. P. 83–91. DOI: 10.1016/j.cropro.2015.01.019.
9. Блащук М.І. Продуктивність сортів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах правобережного Лісостепу України: автореф. канд. с.-г. наук: 06.01.09. Вінниця, 2007. 19 с.
10. Дідур І.М., Захарчук В.В. Вплив елементів технології вирощування на врожайні показники зерна гороху. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2016. № 4. С. 55–63.
11. Камінський В.Ф., Мосьондз Н.П. Вплив елементів технології вирощування на урожайність сої в умовах північного Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 2010. Вип. 66. С. 91–95.
12. Німенко С.С., Грабовський М.Б. Вплив елементів технології на формування площі листової поверхні рослин сої за органічного вирощування. Таврійський науковий вісник. 2023. № 130. С. 155–163. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.130.23.
13. Потапов А.В., Грабовський М.Б. Формування площі листової поверхні та фотосинтетичних показників посівів буряків цукрових залежно від мікродобрив та систем фунгіцидного захисту. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2023. Вип. 74 (1). С. 110–128. DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-1-8.
14. Бабич А.О., Бахмат М.І., Бахмат О.М. Соя: агроекологічні основи вирощування, переробки і використання. Кам'янець-Подільський: ПП "Медобори", 2006, 268 с.
15. Колісник С.І., Венедіктов О.М., Фабіанський Д.О. Особливості формування фотосинтетичної та насінневої продуктивності ранньостиглих сортів сої в умовах Правобережного Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 2009. Вип. 64. С. 55–61.
16. Дробітько О.М. Продуктивність фотосинтезу і урожайність сої залежно від просторового і кількісного розміщення рослин в агроценозі.

Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2007. Вип. 2 (40). С. 240–245.

17. Jahns P., Holzwarth A.R. The role of the xanthophyll cycle and of lutein in photoprotection of photosystem II. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2012, Vol. 1817. Issue 1. P. 182–193.

18. Бабич А.О., Венедіктов О.М. Фотосинтетична діяльність та урожайність насіння сої залежно від строків сівби та системи захисту від хвороб в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 83–88.

19. Мостов'як І.І., Кравченко О.В. Формування фотосинтетичної продуктивності посівів сої за використання різних видів фунгіцидів та інокулянта у Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. № 2. С. 21–24.

20. Козинко Р.А. Урожайність сої залежно від передпосівної обробки насіння. *Збалансований розвиток агроєкосистем України: сучасний погляд та інновації: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Полтава, 2019. 196 с.

21. Міленко О.Г. Формування фотосинтетичного апарату сої залежно від сорту, норм висіву насіння та способів догляду за посівами. *Таврійський науковий вісник*, 2015. Вип. 91. С. 49–55.

22. Фурман О.В. Динаміка формування площі листової поверхні сої під впливом технологічних чинників вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 101–106.

23. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. Єщенко В.О. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

24. Coombs J., Hall D.O., Long S.P. Techniques in bioproductivity and photosynthesis. Pergamon press, 1985. 324 p.

REFERENCES

1. Korobko, A.A. (2021). Dynamika vyrobnyctva soi' v Ukraini ta sviti [Dynamics of soybean production in Ukraine and the world]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannja* [Balanced nature management]. no.4, pp. 125–134.

2. Patyka, V.P., Gnatiuk, T.T., Zhytkevych, N.V. (2015). Causal organisms of bacterial diseases of soya and their monitoring. *Bulletin of Agrarian Science*. no. 93(6), pp. 15–19. Available at: https://agrovisnyk.com/pdf/en_2015_06_03.pdf

3. Shcherbachuk, V.M. (2015). Formuvannja urozhajnosti ta jakisnyh pokaznykiv zerna soi' zalezno vid systemy zahystu posiviv proty bur'janiv ta hvorob v umovah dostatn'ogo zvolozhennja [Formation of yield and quality indicators of soybean grain depending on the system of protection of crops against weeds and diseases in conditions of sufficient moisture]. *Agrobiologija* [Agrobiology]. no. 1, pp. 88–91. Available at: <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/sherbachuk.pdf>

4. Hanna, S.O., Conley, S.P., Shaner, G.E., Santini, J.B. (2008). Fungicide application of time and effect of inter-rows on soybean canopy penetration and grain yield. *Journal of Agronomy*. no. 100, pp. 1488–1492. DOI: 10.2134/agronj2007.0135.

5. Mourtzinis, S., Marburger, D., Gaska, J., Di-allo, T., Lauer, J.G., Conley, S. (2017). Soybean and wheat yield response to crop rotation, nitrogen indices and foliar application of fungicide. *The science of the harvest*. no. 57, pp. 983–992. DOI: 10.2135/crops-ci2016.10.0876.

6. Bestor, N. (2011). The effect of fungicides on soybeans in Iowa is applied alone or in combination with insecticides in two stages of application growth on disease severity and yield. *IA: Iowa Ames State University*. 145 p. DOI: 10.31274/etd-180810-2555.

7. Chanda, A.K., Ward, N.A., Robertson, C.L., Chen, Z.Y., Schneider, R.W. (2014). Development of a quantitative polymerase chain reaction protocol for *Cercospora kikuchii* in soy leaves and its use to document latent infection as affected by fungicide applications *Phytopathology*. no. 04(10), pp. 1118–1124. DOI: 10.1094/PHYTO-07-13-0200-R.

8. Carmona, M., Sautua, F., Perelman, S., Galli, M., Reis, E. M. (2015). Development and validation of a fungicide scoring system for the control of late season soybean diseases in Argentina. *Protection of plants*. no. 70, pp. 83–91. DOI: 10.1016/j.cropro.2015.01.019.

9. Blaschuk, M.I. (2007). Produktivnist' sortiv soi' zalezno vid tehnologichnyh pryjomiv vyroshhuvannja v umovah pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy: avtoref. kand. s.-g. nauk: 06.01.09 [Productivity of soybean varieties depending on the technological methods of cultivation in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine: autoref. candidate degree agricultural sciences: 06.01.09]. *Vynnytsia*, 19 p.

10. Didur, I.M., Zakharchuk, V.V. (2016). Vplyv elementiv tehnologii' vyroshhuvannja na vrozhajni pokaznyky zerna gorohu [Influence of elements of the cultivation technology on the yield indicators of pea grains]. *Zbirnyk naukovykh prac' VNAU. Sil'ske gospodarstvo ta lisivnytvo* [Collection of scientific works of VNAU. Agriculture and forestry]. no. 4, pp. 55–63. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2016_4_8

11. Kaminsky, V.F., Moshondz, N.P. (2010). Vplyv elementiv tehnologii' vyroshhuvannja na urozhajnist' soi' v umovah pivnichnogo Lisostepu Ukrainy [The influence of elements of cultivation technology on the yield of soybeans in the conditions of the northern Forest-Steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytvo* [Feed and feed production]. Vol. 66, pp. 91–95. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2010_66_19

12. Nimenko, S.S., Grabovskyi, M.B. (2023). Vplyv elementiv tehnologii' na formuvannja ploshhi lystkovoi' poverhni roslin soi' za organichnogo vyroshhuvannja [Influence of technology elements on the formation of the leaf surface area of soybean plants during organic cultivation]. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk* [Tauride Scientific Bulletin]. no. 130, pp. 155–163. DOI 10.32851/2226-0099.2023.130.23.

13. Potapov, A.V., Grabovskyi, M.B. (2023). Formuvannja ploshhi lystkovoi' poverhni ta fotosyntetichnyh pokaznykiv posiviv burjakiv cukrovych zalezno vid mikrodobryv ta system fungicydnogo zahystu [Formation of the leaf surface area and photosynthetic indicators of sugar beet crops depending on micro fertilizers and fungicidal protection systems]. *Peredgirne*

ta girs'ke zemlerobstvo i tvarynnnytvo [Foothill and mountain farming and animal husbandry]. Vol. 74 (1), pp. 110–128. DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-1-8.

14. Babich, A.A., Bakhmat, M.I., Bakhmat, A.N. (2006). Soja: agroekologichni osnovy vyroshhuvannya, pererobky i vykorystannja [Soya: agroecological foundations of cultivation, processing and use]. Kamenetz-Podolsky, PE Medobory, 268 p.

15. Kolesnik, S.I., Venediktov, O.M., Fabiyansky, D.A. (2009). Osoblyvosti formuvannja fotosyntetychnoi ta nasinnjevoi produktyvnosti rann'ostyglyh sortiv soi v umovah Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [Features of the formation of photosynthetic and seed productivity of early ripe soybean varieties in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Kormy i kormovyrobnytvo [Feed and feed production]. Vol. 64, pp. 55–61.

16. Drobotko, O.M. (2007). Produktivnist' fotosyntezy i urozhajnist' soi zalezno vid prostorovogo i kil'kisnogo rozmishhennja roslin v agrocenozi [Photosynthesis productivity and soybean yield depending on the spatial and quantitative placement of plants in agrocenosis]. Visnyk agrarnoi nauky Prychornomor'ja [Bulletin of agrarian science of the Black Sea region]. Vol. 2, pp. 240–245. Available at: <https://visnyk.mnau.edu.ua/statti/archive/n40v2r2007.pdf>

17. Jahns, P., Holzwarth, A.R. (2012). The role of the xanthophyll cycle and of lutein in photoprotection of photosystem II. *Biochimica et Biophysica Acta*. Vol. 1817, Issue 1, pp. 182–193.

18. Babich, A.A., Venediktov O.M. (2004). Fotosyntetychna dijal'nist' ta urozhajnist' nasinnja soi zalezno vid strokiv sivy ta systemy zahystu vid hvorob v umovah Lisostepu Ukrainy [Photosynthetic activity and yield of soybean seeds depending on the terms of sowing and the system of protection against diseases in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. Kormy i kormovyrobnytvo [Feed and feed production]. Vol. 53, pp. 83–88. Available at: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Kormy-i-kormovyrobnyctvo/KiK2004-53/KiK2004-53_83-88.pdf

19. Mostovyak, I.I., Kravchenko, O.V. (2018). Formuvannja fotosintetychnoi produktivnosti posviv soi za vikorystannja riznih vidiv fungicidiv ta inokuljanta u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukraini [Formation of photosynthetic productivity of soybean crops for the use of various types of fungicides and inoculant in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Visnyk Umans'kogo nacional'nogo universitetu sadivnictva [Bulletin of Uman National University of Horticulture]. no. 2, pp. 21–24. Available at: <https://visnyk-unaus.udau.edu.ua/arxv-nomerv/2018/21/formuvannja-fotosintetychno-produktivnost-posvv-so-za-vikorystannja-rznix-vidv-fungicidiv-ta-nokulyanta-u-pravoberezhnomu-lsostepu-ukrani.html>

20. Kozinko, R.A. (2019). Urozhajnist' soi zalezno vid peredposivnoi obrobki nasinnja [Soybean yield depending on presowing treatment of seeds]. Zbalansovanyj rozvytok agroekosystem Ukrainy: suchasnyj pogljad ta innovacii: materialy III Vseukrai'ns'koi naukovo-praktychnoi konferencii [Balanced Development of Agroecosystems of Ukraine: Modern View and

Innovations: materials of the III All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Poltava, 196 p.

21. Milenko, O.G. (2015). Formuvannja fotosintetychnogo aparatu soi zalezno vid sortu, norm visivu nasinnja ta sposobiv dogljadu za posivami [Formation of the photosynthetic apparatus of soybeans depending on the variety, norms of sowing seeds and methods of crop care]. Tavrijs'kij naukovi visnik [Tauride Scientific Bulletin]. Vol. 91, pp. 49–55. Available at: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/91_2015/13.pdf

22. Furman, O.V. (2018). Dinamika formuvannja ploshhi listkovoї poverhni soi pid vplyvom tehnologichnih faktoriv viroshhuvannja [Dynamics of formation of soybean leaf surface area under the influence of technological factors of cultivation]. Kormy i kormovyrobnytvo [Feed and feed production]. Vol. 86, pp. 101–106. Available at: <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/09/disertatsiya-furmana-o.-v..pdf>

23. Yeshchenko V.A. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v agronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnitsa, PE TD Edelweiss and K, 332 p.

24. Coombs, J., Hall, D.O., Long, S.P. (1985). Techniques in bioproductivity and photosynthesis. Pergamon press, 324 p.

The influence of fungicidal protection on the formation of photosynthetic parameters of soybean crops

Mostypan O., Grabovskyi M.

The purpose of the research was to determine the effect of fungicidal protection on the formation of the leaf surface area and photosynthetic indicators of soybean crops. The research was conducted in 2021–2023 in the conditions of LLC «Savarske» Obukhiv district Kyiv region. The scheme of the experiment: Factor A. Varieties «Amadea», «Aurelina». Factor B. Fungicides. Control (treatment of seeds and plants with water), «Maxim Advance 195 FS» (1.25 l/t) (treatment of seeds before sowing), «Vibrance RFC» (1 l/t) (seed treatment before sowing), «Selest top 312.5 FS» (1 l/t) (seed treatment before sowing), «Standak Top» (2 l/t) (seed treatment before sowing), «Abacus» (2 l/ha) (during the growing season), «Maxim Advance 195 FS» (1.25 l/t) + «Abacus» (2 l/ha), «Vibrance RFC» (1 l/t) + «Abacus» (2 l/ha), «Selest top 312.5 FS» (1 l/t) + «Abacus» (2 l/ha), «Standak Top» (2 l/t) + «Abacus» (2 l/ha). The maximum indicators of the leaf surface area of soybean plants of the varieties «Aurelina» and «Amadea» were obtained in the phase of grain formation – 44.85 and 45.91 thousand m²/ha. The smallest assimilation surface of crops was in the budding phase – 15.10 and 15.07 thousand m²/ha. Under the influence of fungicidal protection the leaf surface area of varieties «Amadea» and «Aurelina» increased by 0.90 and 0.94 thousand m²/ha in the flowering phase and by 3.11 and 3.46 thousand m²/ha in the phase of grain formation, compared to control variants. The greatest increase in leaf surface area was noted for the combined use of fungicides «Standak Top» (2 l/t) for pre-sowing seed treatment and «Abacus» (2 l/ha)

during the growing season. According to the results of dispersion analysis varietal characteristics (37.7 %) and fungicidal protection (35.4 %) had the greatest influence on the formation of the leaf surface area of soybean plants and the interaction of these factors was 12.3 %.

The highest photosynthetic potential of the varieties «Amadea» and «Aurelina» was on the variants of fungicides application «Standak Top» (2 l/t) + «Abacus» (2 l/ha) – 3.09 and 3.16 million $\text{m}^2 \times \text{days/ha}$, «Selest top» (1 l/ t) + «Abacus» (2 l/ha) – 3.08 and 3.14 million $\text{m}^2 \times \text{days/ha}$ and «Vibrance» (1 l/t) + «Abacus» (2 l/ha) – 3.06 and 3.13 million $\text{m}^2 \times \text{days/ha}$. The maximum values of

the net productivity of photosynthesis in the varieties «Amadea» and «Aurelina» were obtained in the budding phase – 3.88–4.16 and 3.89–4.27 $\text{g/m}^2 \times \text{day}$. The use of fungicidal protection provided an increase of this indicator by 0.07–0.28 and 0.06–0.38 $\text{g/m}^2 \times \text{day}$, compared to the control options. Depending on the accounting periods, the variety «Aurelina» was superior to the variety «Amadea» in leaf surface area by 1.6–3.8 % in photosynthetic potential by 1.2–2.5 % and in net photosynthetic productivity by 0.8–1.7 %.

Key words: soybean, varieties, fungicides, crop protection, leaf surface area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity.



Copyright: Мостипан О.В., Грабовський М.Б. © 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:

Мостипан О.В.

Грабовський М.Б.

<https://orcid.org/0000-0002-0743-7008>

<https://orcid.org/0000-0002-8494-7896>

УДК 632: 633.16: 581.5

Ефективність допоміжних продуктів за органічного виробництва проса

Федорченко М.М., Карпук Л.М. *Білоцерківський національний аграрний університет*

Федорченко М.М., Карпук Л.М. Ефективність допоміжних продуктів за органічного виробництва проса. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 60–66.

Fedorchenko M., Karpuk L. Efficiency of auxiliary products in organic millet production. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 60–66.

Рукопис отримано: 01.11.2023 р.

Прийнято: 16.11.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-60-66

Просо є однією з ключових культур у сільському господарстві України й має численні переваги, які підвищують його цінність для аграрного сектору. Особливою перевагою є його стійкість до посух та високих температур, що робить його ідеальним для вирощування у сухих регіонах. Водночас продукти переробки проса є універсальними й можуть знаходити застосування у різних галузях промисловості, що сприяє ефективному використанню ресурсів. Застосування проса у харчуванні та як корму для тварин, а також у промисловості, робить його вкрай варіативним. Однак виробництво рослинного білка залишається актуальною проблемою для України, і в цьому контексті культивування проса стає важливою ініціативою.

Удосконалення елементів технології вирощування проса є досить актуальним напрямом на сьогодні, оскільки в Україні немає єдиного рекомендованого підходу щодо вирощування цієї культури за органічного виробництва. Із прийняттям законодавства у сфері органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції постає питання забезпечення насіннєвим матеріалом основних сільськогосподарських культур.

Тому дослідження були спрямовані на вивчення впливу дозволених до використання в органічному виробництві допоміжних продуктів на формування продуктивності рослин проса.

Дослідження проводили впродовж 2022–2023 рр. на базі ПСП ім. Т.Г. Шевченка с. Тростинка, Васильківського району Київської області. Схема досліду передбачала вивчення сортових особливостей проса (Омріяне та Біла Альтанка), дії біопрепаратів Біокомплекс-БТУ, Органік-баланс та умов їх застосування.

Значний вплив на формування врожайності мала обробка насіння допоміжними продуктами (Біокомплекс-БТУ та Органік-Баланс), за цих умов показники врожайності становили 2,70–2,79 т/га, що на 0,20–0,30 т/га вище, порівняно з контрольними варіантами.

Виявлено, що максимальні показники врожайності проса отримали за умов комплексного застосування біопрепаратів Біокомплекс-БТУ та Органік-баланс (обробка насіння+обприскування рослин на II, III, VIII ет. о.) – 3,64–3,70 т/га. За цих умов накопичення білка становило 10,96–11,24 %, на суху наважку.

Ключові слова: просо, сорт, біопрепарати, урожайність, органічне виробництво.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Просо є однією з основних круп'яних культур в Україні, має низку переваг, які роблять його цінним для сільськогосподарського виробництва. Зокрема, посухостійкість, просо може витримувати високі температури й посуху, що робить його придатним для вирощування

в посушливих регіонах. Безвідходність, продукти переробки проса можна використовувати в різних галузях промисловості, що дозволяє максимально ефективно витрачати ресурси. Також просо можна використовувати у харчуванні людини, як корм для тварин, а також у промисловості. Водночас, виробництво білка

є важливою проблемою для України. Просо є одним із джерел рослинних білків, тому вирощування цієї культури є досить актуальним.

Для підвищення економічного ефекту за вирощування проса в Україні слід звернути увагу не лише на виробництво зерна, а також на його переробку, що дасть змогу посилити місцевий ресурс [6]. Це можна зробити завдяки удосконаленню елементів технології, виведенню нових сортів та підвищенню попиту на продукти з проса. Одним з перспективних напрямів в Україні є вирощування проса за органічного виробництва.

Органічне виробництво в Україні запроваджено на площі 1 %. У країнах ЄС цей показник на рівні від 3 до 19 %. Навіть за умов війни Україна посідає третє місце за обсягами експорту органічної продукції до ЄС у 2022 році. За результатами моніторингу, в Україні 412 компаній, сертифікованих відповідно до стандарту, еквівалентного Регламенту Ради (ЄС) 834/2007, частина операторів сертифіковані за іншими стандартами органічного виробництва, зокрема NOP, COR, Bio Suisse, Naturland, KRAV. Варто зазначити, що 78 % із них після початку війни продовжили діяльність [13, 20].

На сьогодні в Україні впроваджено ряд грантових програм, для підтримки операторів органічного виробництва за умов війни, а також спостерігаємо збільшення попиту на органічні продукти харчування і це звісно стимулює розвиток органічного сільського господарства в нашій державі. Тому дослідження були спрямовані на удосконалення елементів технології вирощування проса за органічного виробництва.

Вивченням елементів технології вирощування сільськогосподарських культур за органічного виробництва займаються ряд науковців в Україні та за її межами.

У результаті проведених досліджень (Каленська С.М., 2016) визначено, що впровадження механічного способу захисту від бур'янів та мульчування міжрядь поліетиленовою плівкою є ефективними методами у підвищенні врожайності проса за органічного виробництва. Водночас обробка насіння препаратами Хетомік та Гумісол Плюс покращує умови живлення культури та підвищує його стійкість до стресових умов навколишнього середовища, що обумовлює підвищення продуктивності проса [1].

На сьогодні все більше виробників сільськогосподарської продукції, зокрема органічної, схилиються до застосування біопрепаратів. Мікроорганізми, які є в їх складі, сприяють перетворенню низки складних сполук у прості,

доступні для живлення рослин [2, 11, 12]. Допоміжні продукти на основі мікроорганізмів, які мають високу біологічну активність, сприяють проходженню фізіологічних процесів у рослинах, завдяки чому обумовлюють підвищення продуктивності культури та покращують показники родючості ґрунту. Застосування біопрепаратів забезпечує приріст урожайності зерна проса у межах 20–50 % [3]. Також автором встановлено (Ключевич М.М., 2017), що найвищу технічну ефективність у захисті від грибкових хвороб проса (29,2–50,8 %) та збережену врожайність (0,34 т/га) отримали за дворазового обприскування посівів біопрепаратом Псевдобактерін-2, в. р. 0,5 л/га [12].

Деякі дослідники стверджують, що в результаті оброблення біопрепаратами рослин проса та гречки покращуються умови живлення, які позитивно впливають на вміст доступних елементів у ґрунті, на наростання листкового апарату та накопичення сухої речовини, і як результат покращують продуктивність культур за органічного землеробства. Зокрема, завдяки застосуванню в технології вирощування досліджуваних культур допоміжного продукту, дозволеного до використання в органічному виробництві – гумату калію. Додаткові прирости врожайності становили 21,3 % у гречки і 29,1 % у проса, це було досягнуто за проведення передпосівної інокуляції насіння азотфіксувальними та фосфформобілізуючими бактеріями, що дає змогу отримати стабільну врожайність, з високими показниками якості продукції [7, 8].

Мета дослідження – дослідити формування продуктивності проса за застосування допоміжних продуктів, дозволених в органічному виробництві.

Матеріал і методи дослідження. У процесі виконання роботи застосовували загальнонаукові й спеціальні методи досліджень. Польовий у поєднанні із візуальним – для визначення взаємодії об'єкта досліджень з природними та досліджуваними чинниками; ваговий – для визначення продуктивності рослин і посівів; лабораторний – визначення посівних якостей насіннєвого матеріалу; біохімічний – для визначення хімічного складу насіння; статистичні методи: дисперсійний, кореляційно-регресійний – для визначення вірогідності даних, кореляційних залежностей.

Дослідження проводили впродовж 2022–2023 рр. на базі ПСП ім. Т.Г. Шевченка с. Тростинка, Васильківського району Київської області. Схема досліду передбачала дослідження таких чинників: Чинник А. Сорти: Біла Альтанка, Омріяне. Чинник В. Біопре-

парати: Біокомплекс-БТУ, Органік-баланс, та умови їх застосування (обробка насіння; обприскування рослин на II, III, VIII ст. о.; комплекс (обробка насіння+обприскування рослин на II, III, VIII ст. о.). Площа облікової ділянки становила 36 м². Повторність – триразова.

Усі види мікродобрив занесені до Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в Україні, а також до Переліку допоміжних продуктів та методів дозволених для використання в органічному виробництві з врахуванням вимог органічних стандартів Європейського Союзу [14].

Результати дослідження та обговорення. Погодні умови у період проведення досліджень (2022–2023 рр.) характеризувалися дещо підвищеними температурними показниками та нерівномірною кількістю опадів за місяцями. Весняний період досліджуваних років характеризувався достатньою кількістю опадів та незначними відхиленнями температурних показників, порівняно з середньобогаторічними. Це сприяло вчасному посіву культури та формуванню дружних сходів проса. Якщо до посухи просо є досить стійким, то зниження температурних показників негативно впливає на ростові процеси культури.

Урожайність проса за вивчення допоміжних продуктів в органічному виробництві коливалась у межах від 2,39 до 3,80 т/га. Значний вплив на формування врожайності мала обробка насіння допоміжними продуктами (Біокомплекс-БТУ та Органік-Баланс), за цих умов по-

казники врожайності становили 2,70–2,79 т/га, що на 0,20–0,30 т/га вище, порівняно з контрольними варіантами. Слід зазначити, що за обробки рослин проса у період вегетації (II, III, VIII ст. о.), показники врожайності підвищувались до 3,15–3,27 т/га (табл. 1).

Максимальні показники врожайності проса отримали за умов комплексного застосування біопрепаратів – 3,64–3,70 т/га.

Закономірність підвищення показників урожайності проса пояснюється покращенням умов живлення за застосування допоміжних продуктів дозволених в органічному виробництві, які у своєму складі містять азотфіксуючі бактерії, фунгіцидні бактерії широкого спектру дії, фосфор- і каліймобілізуючі ґрунтові бактерії, що позитивно впливає на показники якості продукції. Застосування біопрепаратів сприяє зменшенню вмісту шкідливих домішок у зерні проса, таких як миш'як, кадмій, свинець (рис. 1).

Поживна цінність зерна проса визначається вмістом у ньому білка, крохмалю, жиру, які є необхідні для організму людини. Якісні показники зерна проса формуються під впливом рівня родючості ґрунту, системи удобрення та водно-фізичних режимів ґрунту [16, 17].

У результаті проведених досліджень встановлено, що вміст білка у досліджуваних сортів становив: у сорту Омріяне – 10,01–11,24 % на абсолютно суху наважку та 9,82–10,98 % на абсолютно суху наважку у сорту Біла Альтанка.

Таблиця 1 – Урожайність проса залежно від сорту та біопрепаратів, т/га, середнє за 2022–2023 рр.

Спосіб обробки	Сорти	
	Біла Альтанка	Омріяне
Контроль (без обробки ДП)	2,39	2,53
Біокомплекс-БТУ (II, III, VIII ст. о.)	3,15	3,24
Органік-Баланс (II, III, VIII ст. о.)	3,19	3,27
Обробка насіння Біокомплекс-БТУ	2,75	2,79
Обробка насіння Органік-Баланс	2,70	2,76
Комплекс: Біокомплекс-БТУ	3,65	3,70
Комплекс: Органік-Баланс	3,64	3,68
НІР ₀₅	0,02	0,03



Рис. 1. Насіння проса сорту Омріяне.

Слід зазначити про позитивний вплив досліджуваних допоміжних продуктів на накопичення білка у продукції проса. Зокрема, за обприскування посівів препаратом Біокомплекс-БТУ в період вегетації (II, III, VIII ст. о.), показники накопичення білка становили 10,42–10,76 % на суху наважку, що на 0,6–0,7 % вище, порівняно з контрольними варіантами. Подібну тенденцію спостерігали за обприскування посівів проса

(II, III, VIII ст. о.) Органік-Балансом. Дещо нижчі показники вмісту білка фіксували лише за обробки біопрепаратами насіння проса, які становили 10,22–10,76 %, на суху наважку (рис. 2).

Максимальні показники накопичення білка (10,96–11,24 %, на суху наважку), отримали за комплексного застосування біопрепаратів Біокомплекс-БНУ та Органік Баланс, на посівах проса.

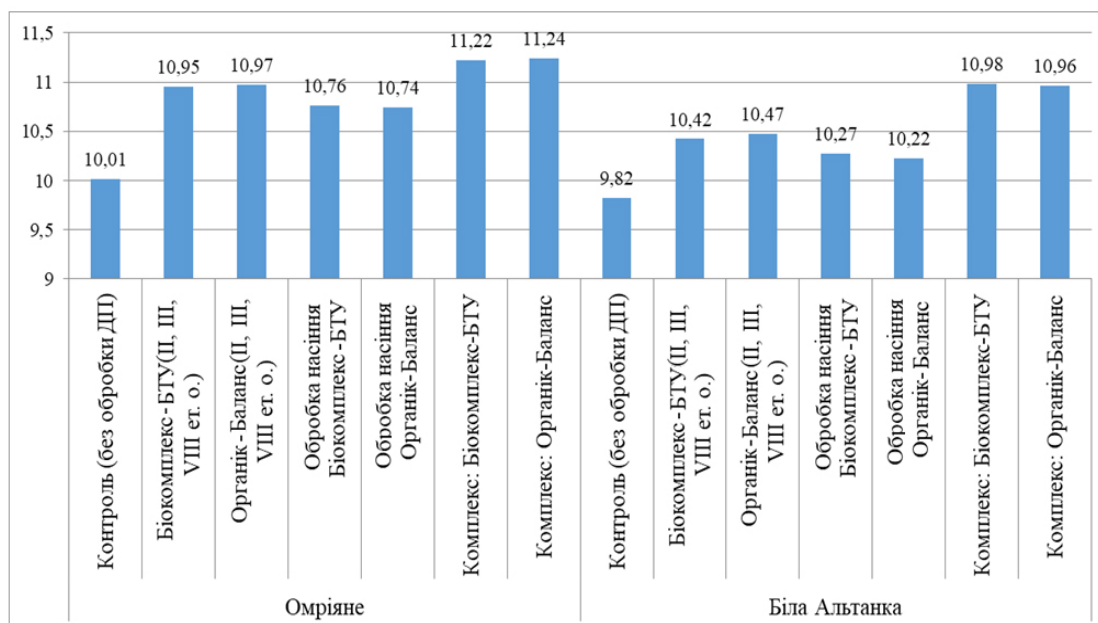


Рис. 2. Вплив біопрепаратів на вміст сирого білка за вирощування проса, середнє за 2022–2023 рр., % на суху наважку.

Висновки. В останні роки спостерігається стрімкий розвиток органічного виробництва в Україні та попит на органічну продукцію як у нашій державі так і за її межами. Попри воєнний стан в Україні обсяги виробництва органіки, не скорочуються, а навпаки експорт органічної продукції до ЄС лише зростає. Тому у результаті проведення досліджень щодо впливу біопрепаратів на показники продуктивності проса, слід зазначити, що максимальні показники врожайності проса отримали за умов комплексного застосування біопрепаратів Біокомплекс-БТУ та Органік-баланс (обробка насіння+обприскування рослин на II, III, VIII ет. о.) – 3,64–3,70 т/га. За цих умов накопичення білка становило 10,96–11,24 %, на суху наважку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Каленська С.М., Черній В.П. Передумови органічного вирощування проса. Органічне виробництво і продовольча безпека: зб. матеріалів доп. учасн. IV Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир: О.О. Євенок, 2016. С. 286–291.
2. Basavaraj G., Parthasarathy Rao, Bhagavathula S., Ahmed W. Availability and utilization of pearl millet in India. *Journal of SAT Agricultural Research*. 2010. No 8. P. 1–6.
3. Ключевич М.М., Столяр С.Г. Біологічний метод – ефективний напрям захисту проса від хвороб в органічному виробництві. Екологія – основа збалансованого природокористування в агропромисловому виробництві: матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 10–11 груд. 2013 р. Полтава: ПДАА, 2013. С. 126–129.
4. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: монографія / за ред. Я.М. Гадзало, В.Ф. Камінського. Київ: Аграрна наука, 2016. 592 с.
5. Мартинюк І.В., Цимбал Я.С., Задубинна Є.В. Історія розвитку та впровадження органічного виробництва сільськогосподарської продукції. Землеробство та рослинництво: теорія і практика ННЦ «ІЗ НААН». Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2021. Вип. 2. С. 40–46.
6. Terziev V. Entrepreneurship in organic production – an incentive for sustainable rural development. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2016. Vol. 2. No 4. P. 30–42. URL: www.are-journal.com
7. Малиновська І.М. Використання бактеріальних препаратів в органічному агровиробництві. Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і реалізація якісної органічної продукції. Київ, 2013. С. 83–89.
8. Грищенко Р.С., Любич О.Г., Глієва О.В. Ефективність бактеризації насіння круп'яних культур в органічному землеробстві. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2016. Вип. 3–4. С. 82–93.
9. Каленська С.М., Черній В.П. Забур'яненість посівів проса за умов біологізації технології вирощування. Вісн. ХНАУ. Рослинництво, селекція і

насінництво, плодоовочівництво і зберігання. 2016. № 1. С. 90–97.

10. Ik Das, Nagaraja A., Vilas a Tonapi. Diseases of Millets a ready reckoner. ICAR Indian Institute of Millets Research, Rajendranagar, Hyderabad-500030. 2016. URL: http://millets.res.in/books/DISEASES_OF_MILLETS.pdf.

11. Adebayo G.B., Otunola G.A., Ajao T.A. Physicochemical, Microbiological and sensory characteristics of kunu prepared from millet, maize and guinea corn and stored at selected temperatures. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 2010. No 2. P. 41–46.

12. Ключевич М.М., Столяр С.Г., Мельничук А.О. Вплив біологічних препаратів на розвиток мікозів та урожайність проса в Поліссі України. *Агробіологія*. 2017. № 1. С. 101–105.

13. Як дипломати допомагають просуванню органічних виробників на міжнародних ринках. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/08/21/703411/>

14. Галузеві довідники та каталоги. URL: <https://organicstandard.ua/services/handbooks-and-catalogs>

15. Пастух О.Д. Залежність урожайності круп'яних культур від застосування мікробіологічних препаратів в умовах Західного Лісостепу. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (3 листопада 2016 року, м. Київ). Вінниця: Нілан-ЛТД, 2016. С. 211–212.

16. Мойсієнко В.В., Тимошук Т.М. Оптимізація елементів технології вирощування *Panicum miliaceum* L. в умовах Полісся. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2022. Вип. 4 (6). С. 39–47.

17. Любич О.Г. Формування врожайності проса залежно від умов азотного живлення. Інноваційні напрямки наукової діяльності молодих вчених в галузі рослинництва: тези 3-ої Міжнародної наукової конференції, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, 20–22 червня 2006 р. Харків, 2006. С. 163–164.

18. Рудік О.Л., Рудік Н.М., Сергєєв Л.А., Чугак В.В. Просо посівне в системі адаптації аграрного виробництва до глобальних викликів сьогодення. Аграрні інновації. 2022. № 12. С. 52–59.

19. Законодавство у сфері органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції. URL: <https://minagro.gov.ua/napryamki/organichne-virobnictvo/zakonodavstvo-u-sferi-organichnogo-virobnictva-obigu-ta-markuvannya-organichnoyi-produkciyi>

20. Ezerkovskyi A.V. Efficiency of basic cultivation and fertilization for winter rye organic growing on peat-gley soils in the Left bank of Forest Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. 8 (2). P. 128–133.

REFERENCES

1. Kalenska, S.M., Chernii, V.P. (2016). Peredumovy orhanichnoho vyroshchuvannya prosa [Prerequisites for organic millet cultivation]. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: zb. materialiv dop.*

uchasn. IV Mizhnar. nauk.-prakt. konf. [Organic production and food security: coll. additional materials participation IV International science and practice conf.]. Zhytomyr, O.O. Yevenok, pp. 286–291.

2. Basavaraj, G., Parthasarathy, Rao, Bhagavathula, S., Ahmed, W. (2010). Availability and utilization of pearl millet in India. *Journal of SAT Agricultural Research*. no. 8, pp. 1–6.

3. Kliuchevych, M.M., Stoliar, S.H. (2013). Biologichnyi metod – efektyvnyi napriam zakhystu prosa vid khvorob v orhanichnomu vyrobnytstvi [The biological method is an effective way to protect millet from diseases in organic production]. *Ekolohiia – osnova zbalansovanoho pryrodokorystuvannia v ahropromyslovomu vyrobnytstvi: materialy mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf.*, 10–11 hrud. 2013 r. [Ecology – the basis of balanced nature use in agro-industrial production: materials of international science and practice Internet Conf.]. Poltava, PDAA, pp. 126–129.

4. Hadzalo, Ya.M., Kaminskiy, V.F. (2016). Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini: monohrafiia [Scientific basis of production of organic products in Ukraine]. Kyiv, Agrarian science, 592 p.

5. Martyniuk, I.V., Tsymbal, Ya.S., Zadubynna, Ye.V. (2021). Istoriia rozvytku ta vprovadzhennia orhanichnoho vyrobnytstva silskohospodarskoi produktsii [History of development and introduction of organic production of agricultural products]. *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka NNTS «IZ NAAN»* [Agriculture and crop production: theory and practice NSC "IZ NAAS"]. Vinnytsia, TOV TVORY, Issue 2, pp. 40–46.

6. Terziev, V. (2016). Entrepreneurship in organic production – an incentive for sustainable rural development. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. Vol. 2, no. 4, pp. 30–42. Available at: www.are-journal.com.

7. Malynovska, I.M. (2013). Vykorystannia bakteriialnykh preparativ v orhanichnomu ahrovyrobnytstvi [The use of bacterial preparations in organic agricultural production]. *Poiednannia nauky, osvity, praktychnoho vyrobnytstva i realizatsiia yakisnoi orhanichnoi produktsii* [A combination of science, education, practical production and the realization of high-quality organic products]. Kyiv, pp. 83–89.

8. Hryshchenko, R.Ie., Liubchych, O.H., Hliieva, O.V. (2016). Efektyvnist bakteryzatsii nasinnia krup'ianykh kultur v orhanichnomu zemlerobstvi [Effectiveness of grain seed bacteriization in organic farming]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTS "Instytut zemlerobstva NAAN"* [Collection of scientific works of the NSC "Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences"]. Issue 3–4, pp. 82–93.

9. Kalenska, S.M., Chernii, V.P. (2016). Zabur'ianenist posiviv prosa za umov biologizatsii tekhnolohii vyroshchuvannia [Contamination of millet crops under the conditions of biologicalization of cultivation technology]. *Visn. KHNAU. Roslynnystvo, selektsiia i nasinnystvo, plodoovochivnystvo i zberhannia* [Visn. HNAU. Crop production, selection and seed production, fruit and vegetable production and storage]. no. 1, pp. 90–97.

10. Ik, Das, Nagaraja, A., Vilas, a Tonapi. (2016). Diseases of Millets a ready reckoner. ICARIndian Institute of Millets Research, Rajendranagar, Hyderabad-500030. Available at: http://millets.res.in/books/DISEASES_OF_MILLETS.pdf.

11. Adebayo, G.B., Otunola, G.A., Ajao, T.A. (2010). Physicochemical, Microbiological and sensory characteristics of kunu prepared from millet, maize and guinea corn and stored at selected temperatures. *Advance Journal of Food Science and Technology*. no. 2, pp. 41–46.

12. Kliuchevych, M.M., Stoliar, S.H., Melnychuk, A.O. (2017). Vplyv biologichnykh preparativ na rozvytok mikozyv ta urozhainist prosa v Polissi Ukrainy [The influence of biological preparations on the development of mycoses and the yield of millet in Polissia of Ukraine]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology]. no. 1, pp. 101–105.

13. Yak dyplomaty dopomahayut' prosvyaty orhanichnykh vyrobnykiv na mizhnarodnykh rynkakh [How diplomats help promote organic producers in international markets]. Available at: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/08/21/703411/>

14. Haluzevi dovidnyky ta katalogy [Branch directories and catalogs]. Available at: <https://organicstandard.ua/services/handbooks-and-catalogs>

15. Pastukh, O.D. (2016). Zalezhnist urozhainosti krup'ianykh kultur vid zastosuvannia mikrobiologichnykh preparativ v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Dependence of the productivity of cereal crops on the use of microbiological preparations in the conditions of the Western Forest Steppe]. *Svitovi roslynni resursy: stan ta perspektyvy rozvytku: materialy II Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [World plant resources: state and development prospects: materials of the II International Scientific and Practical Conference]. Vinnytsia, Nilan-LTD, pp. 211–212.

16. Moisiienko, V.V., Tymoshchuk, T.M. (2022). Optymizatsiia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia *Panicum miliaceum* L. v umovakh Polissia [Optimizing elements of *Panicum miliaceum* L. growing technology in Polissia conditions]. *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka* [Agriculture and crop production: theory and practice]. Issue 4 (6), pp. 39–47.

17. Liubchych, O.H. (2006). Formuvannia vrozhainosti prosa zalezhno vid umov azotnoho zhyvlenia [Formation of millet yield depending on conditions of nitrogen nutrition]. *Innovatsiini napriamky naukovo diialnosti molodykh vchenykh v haluzi roslynnystva: tezy 3-oi Mizhnarodnoi naukovo konferentsii, Instytut roslynnystva im. V.Ya. Yurieva, 20–22 chervnia 2006 r.* [Innovative directions of scientific activity of young scientists in the field of plant breeding: theses of the 3rd International Scientific Conference, Plant Breeding Institute named after V.Ya. Yuriev]. Kharkiv, pp. 163–164.

18. Rudik, O.L., Rudik, N.M., Serhieiev, L.A., Chuhak, V.V. (2006). Proso posivne v systemi adaptatsii ahrarnoho vyrobnytstva do hlobalnykh vyklykiv sohodennia [Sown millet in the system of adaptation of agricultural production to today's global challenges]. *Ahrarni innovatsii* [Agrarian innovations]. no. 12, pp. 52–59.

19. Zakonodavstvo u sferi orhanichnoho vyrobnytstva, obihu ta markuvannia orhanichnoyi produkt-

siyi [Legislation in the field of organic production, circulation and labeling of organic products]. Available at: <https://minagro.gov.ua/napryamki/organichne-virobnictvo/zakonodavstvo-u-sferi-organichnogo-virobnictva-obigu-ta-markuvannya-organichnoyi-produkciyi>

20. Ezerkovskiy, A.V. (2018). Efficiency of basic cultivation and fertilization for winter rye organic growing on peat-gley soils in the Left bank of Forest Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. no. 8 (2), pp. 128–133.

Efficiency of auxiliary products in organic millet production

Fedorchenko M., Karpuk L.

Millet is recognized as one of the key crops in Ukrainian agriculture and has numerous advantages that increase its value for the agricultural sector. A particular advantage is its resistance to droughts and high temperatures, which makes it ideal for cultivation in dry regions. At the same time, millet processing products are universal and can be used in various industries, which contributes to the efficient use of resources. The use of millet in human consumption and as animal feed, as well as in industry, makes it extremely versatile. However, the production of vegetable protein remains an urgent problem for Ukraine, and in this context, millet cultivation becomes an important initiative.

Improving the elements of millet cultivation technology is a very relevant area today, as there is no single recommended approach to growing this crop in

organic production in Ukraine. With the adoption of legislation in the field of organic production, circulation and labeling of organic products, the issue of providing seed material for the main agricultural crops arises.

Therefore, the research was aimed at the studying of the influence of auxiliary products approved for use in organic production on the formation of the of millet plants productivity.

The research was conducted during 2022–2023 on the basis of the T.H. Shevchenko PAE (private agricultural enterprise), village Trostinka, Vasylkiv district, Kyiv region. The scheme of the experiment included the study of varietal characteristics of millet («Omriyane» and «Bila Altanka») and the action of biological preparations: «Biocomplex-BTU», «Organic-balance», and the conditions of their use.

The treatment of seeds with auxiliary products («Biocomplex – BTU» and «Organic-Balance») had a significant effect on yield formation; under these conditions the yield indicators were at the level of 2.70–2.79 t/ha, which is 0.20–0.30 t/ha higher compared to the control options.

It was found that the maximum millet yield indicators were obtained under the conditions of the complex application of biological preparations «Biokomplex-BTU» and «Organic-balance» (seed treatment + spraying of plants II, III, VIII stages) – 3.64–3.70 t/ha. Under these conditions the protein accumulation was (10.96–11.24 % on dry weight).

Key words: millet, variety, biological preparations, productivity, organic production.



Copyright: Федорченко М.М., 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/0000-0002-2303-7899>

АГРОНОМІЯ

УДК 57.085.2:57.082.13:634.71

**Використання ДНК-маркерів
у дослідженнях малини (*Rubus* L.): огляд**Димань Н.О. , Карпук Л.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Димань Н.О. nathalie.dyman@gmail.com; Карпук Л.М. lesya_karpuk@ukr.net



Димань Н.О., Карпук Л.М. Використання ДНК-маркерів у дослідженнях малини (*Rubus* L.): огляд. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 67–77.

Dyman N., Karpuk L. The use of DNA markers in raspberry (*Rubus* L.) research: a review. «Agrobiologia», 2023. no. 2, pp. 67–77.

Рукопис отримано: 24.10.2023 р.

Прийнято: 08.11.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-67-77

Малина (*Rubus* L.) належить до найпоширеніших ягідних культур у садівництві, є цінним харчовим продуктом для людини й сировиною для переробних підприємств харчової промисловості. Сортимент малини в Україні налічує понад 30 сортів. Сучасні селекційно-генетичні програми спрямовано на розширення генетичного різноманіття і створення нових сортів малини. Як у фундаментальних, так і прикладних дослідженнях представників роду *Rubus* дедалі ширше використовують молекулярно-генетичні методи. В статті представлено огляд основних типів застосовуваних молекулярних маркерів для вивчення генетичного поліморфізму видів роду *Rubus*.

Зі всього різноманіття наявних ДНК-маркерів найбільш результативними стосовно вирішення проблем, пов'язаних з генотипами, оцінюванням поліморфізму популяцій, генетичним картуванням, філогенетичними дослідженнями малини, виявились такі молекулярні методи аналізу як RAPD, RFLP, AFLP, ISSR, SSR та SNPs. Їх високу ефективність пов'язують з підвищеною роздільною здатністю, відтворюваністю, високою інформативністю, можливістю автоматизації аналізу, швидкістю, простотою та доступністю. Зазначені маркери є зручним інструментом для геномної селекції й дослідження генетичного різноманіття не лише представників роду *Rubus*, а також усіх живих організмів. Стосовно ретротранспозонних маркерів, які становлять основну частину геному еукаріот, наукові праці про їх використання для дослідження представників роду *Rubus*, на відміну від інших культур, нечисленні. Значний прогрес у селекції малини пов'язаний з розвитком сучасних технологій секвенування.

Повногеномне секвенування (*WGS*) дає змогу одночасно генерувати велику кількість SNP-маркерів, які використовують для створення генетичних карт, ідентифікації генів стійкості до патогенів, картування господарсько корисних ознак та ін.

Ключові слова: *Rubus*, малина, ДНК-маркери, поліморфізм, селекція.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Малина (*Rubus* L.) належить до найпоширеніших ягідних культур у садівництві, її виробництво в Європі за останні 50 років зросло майже в чотири рази [17]. Ягода характеризується високим умістом харчових волокон (6,5 г/100 г сирової речовини), цінних нутрієнтів (вітаміну С, магнію, калію, кальцію, заліза тощо) [47], тому є цінним харчовим продуктом для людини і сировиною для переробних підприємств харчової промисловості.

Сучасний сортимент малини в Україні налічує понад 30 сортів [2], 10 з них занесено до Державного реєстру сортів України [1].

У селекційно-генетичних програмах, спрямованих на створення нового покоління сортів ягідних культур, вчені дедалі ширше використовують досягнення молекулярної генетики, біотехнології, геноміки. Класична селекція ягідних культур – це тривалий і витратний процес. Наприклад, тривалість виведення нового сорту малини може сягати 15 років [21].

Використання маркерної селекції може значно прискорити цей процес.

У 80-х роках минулого століття відбулося фундаментальне зрушення у виявленні та моніторингу генетичної мінливості в селекції рослин і генетичних дослідженнях, що пов'язано з відкриттям нових методів аналізу генетичного поліморфізму нуклеїнових кислот: електрофоретичних методів розділення макромолекул, гібридизації, секвенування (визначення первинної нуклеотидної послідовності), полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) та ін. Завдяки цьому став можливим аналіз генетичного поліморфізму на рівні генетичного матеріалу клітини (поліморфізм ДНК). Вивчення генів та їх функцій і практичне втілення наукових розробок у селекційний процес дало змогу молекулярно-біологічним методам швидко поширитися в різних напрямках досліджень живих організмів.

ДНК-маркери мають низку переваг над іншими типами маркерів (біохімічними, білковими). Вони дають змогу маркувати різні ділянки ДНК, зокрема некодувальні. Молекулярні маркери є корисним доповненням до морфологічних і фізіологічних характеристик сортів, оскільки уможливають їх ідентифікацію на ранніх стадіях розвитку рослин, відтак значно підвищують ефективність селекції. Матеріалом для такого маркування можуть слугувати різні тканини і органи незалежно від стадії онтогенезу [20, 46].

Застосування технологій ДНК-маркерного аналізу в роботі з генетичними ресурсами культурних рослин дає змогу значно розширити сферу досліджень – від оцінювання генетичного різноманіття і паспортизації сортів до захисту авторських прав селекціонерів та визначення генетичної чистоти селекційного матеріалу.

ДНК-маркери мають характеризуватися певними властивостями і відповідати низці вимог, зокрема мати високий рівень поліморфізму, кодомінантний прояв успадкування, оптимальну частоту в геномі, рівномірний розподіл за локалізацією в геномі, просте оцінювання параметрів маркера, високу відтворюваність, можливість автоматизації процесів оцінювання та обміну даними між лабораторіями тощо [13, 20, 55].

Для молекулярно-генетичного аналізу видів роду *Rubus* застосовують набір технологій. Серед найпоширеніших методів виявлення поліморфізму послідовностей ДНК виділяють наступні: аналіз поліморфізму довжин рестрикційних фрагментів ДНК (ПДРФ чи RFLP); аналіз поліморфізму за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (RAPD, ISSR, AFLP, SSR).

Найбільш ефективною є технологія з використанням «мікрочіпу» на основі одонуклеотидного поліморфізму SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) [26, 50].

Мета роботи – проаналізувати напрями використання ДНК-маркерів у вивченні генетичного поліморфізму видів роду *Rubus*.

RFLP (restriction fragment length polymorphism – поліморфізм довжин рестрикційних фрагментів, ПДРФ)

RFLP – один із перших методів молекулярного маркування, який базується на процесі розщеплення молекул ДНК, гомологічні ділянки яких різняться, за допомогою специфічних рестрикційних ферментів (ендонуклеаз рестрикції) [6]. ПДРФ-оцінювання можна проводити у різний спосіб, однак найбільш традиційним є метод з використанням блот-гібридизації. Він передбачає виділення ДНК, отримання фрагментів рестрикції, їх електрофоретичне розділення, перенесення на мембрани з подальшою гібридизацією специфічних ДНК-зондів з отриманими фрагментами клонованої ДНК. Гібридизація дає змогу визначати довжини фрагментів, комплементарних пробам. Кожен фрагмент розглядають як окремий алель і використовують у генетичному аналізі. Достатній рівень поліморфізму, кодомінантність, частота й рівномірний розподіл по геному, а також висока відтворюваність сприяли використанню цього методу для вирішення широкого кола проблем генетики [44].

У випадку з представниками роду *Rubus* RFLP-маркери почали застосовувати ще в 90-х роках минулого століття з метою вивчення між- та внутрішньовидового генетичного різноманіття. Як зонди використовували проби чужорідної ДНК. Зокрема, фрагменти ДНК фага M13 [39], проби мінісателітної ДНК гена міоглобіну людини [41], а також проби із бібліотек хлоропластної ДНК томатів [38] було успішно використано для визначення генотипів малини та ожини й аналізу їх родоводів. За використання зазначених зондів досліджували генетичне різноманіття популяцій *R. idaeus*, які росли на забруднених та екологічно чистих територіях [30]; вивчали соматоклональну мінливість сортів малини в культурі *in vitro* [27].

RAPD (random amplification of polymorphic DNA – випадково ампліфікована поліморфна ДНК)

RAPD-аналіз здійснюють за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) з використанням одного декануклеотидного праймера з довільною нуклеотидною послідовністю [45]. RAPD – це полілокусна система, яка уможливорює аналіз одразу значної частки

генотипу, що досить зручно у разі вивчення генетичної структури популяцій, встановлення спорідненості між таксонами, порівняння геномів різних груп організмів [18]. У генетиці рослин метод активно використовують, починаючи з 90-х років минулого століття, передусім для вивчення генетичного різноманіття маловивчених таксономічних груп. Для деяких видів рослин з його допомогою побудовано генетичні карти. Метод швидкий і простий для виконання, універсальний для різних видів й родів живих організмів, має порівняно низьку собівартість [53]. Водночас RAPD-технологія має низку недоліків: внаслідок стохастичної природи ДНК-ампліфікації важливими є оптимізація й підтримання відповідних умов для отримання відтворюваних результатів; RAPD-маркери зазвичай ведуть себе як домінантні і їх гетерозиготний та гомозиготний стани не різняться. Технологію використовують у популяційному аналізі й для ідентифікації генетичних ресурсів, однак точність оцінок порівняно з кодомінантними маркерами знижена [3, 18, 53].

RAPD-маркери були серед перших ПЛР-маркерів, застосованих для малини, зокрема для визначення генотипів та уточнення родоводів селекційних сортів малини звичайної [23, 46], малини західної [51], дикорослих популяцій *R. idaeus* [24]. Корейськими дослідниками RAPD-аналіз було використано для уточнення походження місцевого сорту ожини КСВ (*Korean Cultivated Bramble* – ожина, культивована в Корей). Литовські вчені за допомогою маркерів RAPD-PCR дослідили генетичну структуру 19 популяцій *Rubus idaeus* із різних агрокліматичних зон країни. Всього було проаналізовано 315 зразків малини й підтверджено, що екологічні чинники мають значний вплив на генетичне різноманіття досліджених популяцій [42].

ISSR (inter simple sequence repeats – між-мікросателітні послідовності)

Поліпшення методу RAPD досягають за допомогою підвищення точності випалювання (подовження праймера) і зменшення його «випадковості» – анонімності. Один із таких підходів – використання ISSR-маркерів. У цьому методі, аналогічно RAPD-аналізу, використовують один чи декілька праймерів розміром 15–24 нуклеотиди. Праймери становлять собою тандемні короткі дво-чотирихнуклеотидні повтори, часто з додатковими «якірними» нуклеотидами (1–4) на 3'- чи 5'-кінці. Такі праймери дають змогу ампліфікувати фрагменти ДНК, які знаходяться між двома досить близько розташованими інвертованими мікро-

сателітами. В результаті ампліфікується досить велика кількість фрагментів, представлених на електрофореграмі дискретними смугами (ISSR-фінгерпрінтинг). Метод почав розвиватися в 1994 р. і набув поширення в дослідженнях генофондів різних видів рослин [55]. Аналогічно методам RAPD і AFLP, ISSR-маркери не потребують попереднього розшифровування нуклеотидної послідовності досліджуваної ДНК. Метод характеризується доброю відтворюваністю завдяки високій температурі випалювання й успішно використовується для виявлення міжвидової і внутрішньовидової генетичної мінливості, ідентифікації видів, популяцій, ліній, а іноді й для визначення генотипів окремих індивідумів. ISSR-маркери використовують також для картування геномів і виявлення маркерів господарсько корисних ознак [20].

За використання 15 ISSR-праймерів було проведено аналіз зразків дикорослої малини *R. idaeus*, зібраних у 19 локальностях Чорноморського узбережжя Туреччини. Низка апробованих праймерів (ди- та тринуклеотидних) продемонстрували високий рівень поліморфізму ($PI > 0,3$), довівши свою перспективність для вивчення генетичної мінливості малини [13].

AFLP (amplified fragment length polymorphism – поліморфізм довжин ампліфікованих фрагментів)

Технологія AFLP базується на застосуванні рестрикційного аналізу геномної ДНК з подальшою ампліфікацією зі спеціально сконструйованими праймерами. Як матрицю для ампліфікації використовують фрагменти ДНК, що утворилися внаслідок рестрикції та були ліговані зі специфічними олігонуклеотидними адаптерами. Праймери складаються з фіксованої частини, що містить послідовність, комплементарну адаптеру, сайту рестрикції використаної ендонуклеази і короткого фрагмента (на 3'-кінці) з довільною послідовністю нуклеотидів (2–4 нуклеотиди) [5]. Здатність методу диференціювати індивідуальні відмінності в конкретній популяції обумовила його використання для визначення й уточнення філогенетичних взаємовідносин, генетичного картування та ін. [36].

За допомогою AFLP-маркерів було досліджено внутрішньовидову генетичну мінливість європейських видів *Rubus armeniacus Focke* та *R. bifrons Vest.* [31], генетичне різноманіття культурних і диких видів малини із регіону Центральних Анд Південної Америки – *R. glaucus Benth.*, *R. adenotrichos Schltdl.*, *R. bogotensis Kunth*, *R. robustus C. Presl.*, *R. rosifolius Sm.*, *R. urticifolius Poir.* [35]. Автори

зазначених досліджень дійшли висновку, що рівень поліморфізму рослин залежить передусім від типу їх розмноження (апоміксис чи статеве розмноження).

Турецькі вчені застосували AFLP-маркери для вивчення генетичного різноманіття дикорослих зразків малини *R. idaeus*, зібраних у різних регіонах Туреччини [15]. Японські дослідники їх використали для з'ясування філогенетичних взаємовідносин різних видів роду *Rubus* (як сортів, так і дикорослих популяцій), що ростуть на японських островах Хонсю, Кюсю та Хоккайдо. Автори відмітили високий рівень поліморфізму (95 %) зразків *R. idaeus* var. *aculeatissimus*, зібраних на о. Хоккайдо [37].

Маркери RAPD, ISSR, AFLP одночасно було використано в дослідженнях генетичного різноманіття сортів андської ожини та споріднених видів ягід в Еквадорі. Загалом у цьому дослідженні було проаналізовано 106 зразків рослин. Найбільш інформативними виявилися AFLP-маркери, які дали змогу зробити висновки про можливу інтрогресію диких видів *Rubus* у *R. glaucus* [19].

SSR (simple sequence repeats – прості повторювані послідовності)

SSR – найпоширеніший тип ДНК-маркерних систем, використовуваний під час роботи з генетичними ресурсами рослин, зокрема представників роду *Rubus*. Їх застосовують для вивчення генетичної структури колекцій і видової специфічності, з'ясування ступеня генетичної спорідненості видів і сортів, ідентифікації та ДНК-паспортизації зразків.

Мікросателіти – клас диспергованих у гені тандемних повторів, корові мотиви яких складаються з 2–6 нуклеотидів і можуть повторюватися 5–50 разів, наприклад (CA)₂₉, (CAC)₁₈ або (GACA)₃₂. Для цього типу генетичних маркерів відомо декілька тотожних назв: мікросателіти, STMS (*Sequence Tagged Microsatellite Site*), STR (*Short Tandem Repeat*) та SSR (*Simple Sequence Repeat*) [54]. Мікросателіти присутні як у кодувальних, так і некодувальних ділянках геному, а також у хлоропластному та мітохондріальному геномах [29]. Для ампліфікації SSR-маркерів підбирають унікальні послідовності ДНК, які обмежують кожний індивідуальний локус, що потребує попереднього секвенування. Поліморфізм зумовлений відмінностями за кількістю тандемних повторів, які розміщені між консервативними послідовностями кожного локусу. Високий рівень поліморфізму мікросателітів, відносно рівномірний їх розподіл в еухроматині та кодомінантний тип успадкування сприяли тому, що вони стали досить популярними молекулярно-генетичними маркерами.

Завдяки використанню праймерів завдовжки 18–25 п. н., тобто жорстким умовам проведення ПЛР, для SSR-маркерів характерна висока відтворюваність. Незважаючи на те що аналіз мікросателітів є монолокусною технікою, можливо одночасно ампліфікувати декілька SSR-локусів, якщо молекулярний розмір продуктів ПЛР достатньо різниться [28]. Це дає змогу значно зменшити вартість дослідження. SSR-алелі розділяють у поліакриламідному гелі в денатурувальних умовах та візуалізують нітратом срібла, авторадіографічно (якщо праймери містять радіоактивну мітку) або за допомогою флуоресцентних барвників. У останньому випадку можлива автоматизація аналізу.

Гіперваріабельні мікросателіти є універсальною системою генетичних маркерів для аналізу спадкових змін на рівні ядерної ДНК і широко використовуються в дослідженнях генетичного поліморфізму популяцій людини, рослин і тварин.

Незважаючи на високу популярність SSR-методу, він має певні недоліки. Нерівномірність швидкості мутацій різних мікросателітів ускладнює популяційно-генетичний аналіз. Спостерігаються також певні технічні проблеми, зокрема артефакти під час проведення ПЛР, складнощі в розробленні технологій для автоматичного скринінгу мікросателітних алелів [49].

Перші дослідження SSR-поліморфізму в представників роду *Rubus* було проведено наприкінці 90-х років минулого століття. Мікросателітні ділянки виявляли методом блот-гібридизації за Саузерном, використовуючи як зонд дві синтетичні ДНК-проби з тандемно повторюваними послідовностями GACA та GATA [10].

Першу генетичну карту для червоної малини *R. idaeus* L. було розроблено у 2004 р. [21], для чорної малини *R. occidentalis* – у 2013 р. [7]. Найповніші генетичні карти для червоної малини було отримано за використання GBS (*genotyping-by-sequencing* – генотипування методом секвенування) для генерації SNP-маркерів, доповнених набором SSR в геномі [8, 50].

Сьогодні праймери для SSR-аналізу конструюють базуючись на інформації про ділянки, що фланкують мікросателітні повтори. Для цього проводять пошук повторів у відомих послідовностях чи сиквенсах, отриманих експериментально. Наприклад, за результатами секвенування бібліотек кДНК було розроблено набори SSR-маркерів для *R. idaeus* (сорт Херітейдж) та *R. occidentalis* (сорт Брістоль) – відповідно 131 та 288 пар праймерів [9].

Інший спосіб підбору мікросателітів – використання бібліотек, збагачених SSR-повторами, що не потребує інформації про аналізований геном. Геномну ДНК піддають впливу рестриктаз, після чого фрагменти рестрикції клонують у ВАС-векторах (*BAC* – *bacterial artificial chromosome* – штучна бактеріальна хромосома). Методом гібридизації з олігонуклеотидними пробами проводять скринінг отриманих бібліотек ВАС-клонів. Позитивні ВАС-клони, що містять відповідні мікросателітні ділянки, відбирають, секвенують і, базуючись на інформації про їх послідовності, розробляють SSR-праймери. У низці досліджень малини було застосовано саме такий підхід. Зокрема, методом секвенування клонів із бібліотек, збагачених послідовностями (AC)_n та (AG)_n, було виявлено SSR-ділянки й розроблено відповідні праймери. Їх було апробовано на вибірці із 50 генотипів, що включала сорти малини звичайної та малини західної, сорти ожини, зразки дикорослих видів *R. grabowski*, *R. deliciosus*, а також міжвидові гібриди. У результаті було відібрано десять найбільш інформативних пар праймерів, які уможливили отримання значної кількості (від 7 до 16) поліморфних продуктів [32].

У багатьох лабораторіях було створено набори SSR-маркерів для різних видів малини та ожини: *R. occidentalis* [14], *R. coreanus* [32], *R. glaucus* [34].

Сконструйовані набори SSR-маркерів широко використовують для вивчення генетичного різноманіття та генотипування селекційних сортів малини і ожини. Наприклад, було проведено кластерний аналіз 48 сортів малини і 48 сортів ожини за використання 13 пар SSR-праймерів, одну з яких було розроблено на основі послідовності із Генбанку NCBI (*National Center for Biotechnological Information* – Національний центр біотехнологічної інформації США), а решту – на базі геномних бібліотек сорту малини Мікер і сорту ожини Мерілон [11].

За допомогою зазначеного методу активно досліджують генетичне різноманіття дикорослих популяцій різних видів малини та ожини: *R. idaeus* [24], *R. mollucanus* L. [10], *R. crataegifolius*, *R. fruticosus* L., *R. coreanus* Miq. [32], аборигенних кенійських видів ожини [40].

У результаті дослідження поліморфізму дикорослих популяцій *R. occidentalis*, зібраних у 27 штатах США та двох провінціях Канади, було з'ясовано, що їх генетичне різноманіття нижче порівняно з культурними формами малини західної [14]. Тимчасом аналіз різноманіття дикорослих популяцій *R. idaeus* у

Шотландії, навпаки, виявив високий рівень генетичного різноманіття: 10 пар SSR-праймерів генерували 80 алелів у досліджених зразках 12 популяцій [24].

За допомогою SSR-маркерів оцінювали також генетичну стабільність кріорегенерантів малини та ожини. За використання 10 пар SSR-маркерів та 10 пар AFLP-праймерів дослідники порівнювали молекулярні спектри вихідних рослин, кріорегенерантів та *ex vitro* рослин. SSR-маркери не виявили відмінностей між аналізованими генотипами, тимчасом AFLP-маркери уможливили встановлення поліморфізму в кріорегенерантах [11].

SNP (*single-nucleotide polymorphism* – мононуклеотидний поліморфізм, поліморфізм за одним нуклеотидом)

Маркери цього типу дедалі більше використовують у дослідженнях геному – для вивчення алельного поліморфізму, тестування чистоти насіння, аналізу гаплотипу та родоводів, а також для генотипування та побудови генетичних карт. Метод базується на тому, що в організмах зміни в одному нуклеотиді призводять до точкових мутацій, зумовлюючи поліморфізм за одним нуклеотидом (діалельний тип маркерів). Для створення специфічних праймерів необхідно знати послідовності та фланкуючі ділянки. Відбувається автоматизоване високороздільне генотипування (високотехнологічне секвенування) з одночасним використанням великого масиву SNP-маркерів. Наявність багатьох тисяч проб на чипі уможливорює аналіз досить значної кількості SNPs. Однак відмінності алелів лише за одним нуклеотидом і велика кількість проб не дають змоги створити оптимальні умови гібридизації для всього масиву проб. У ряді випадків відбувається гібридизація аналізованої ДНК з невідповідними пробами. З огляду на це, оцінювання поліморфізму становить проблему [15, 25]. Метод робить генетичний аналіз максимально спеціалізованим, однак у зв'язку з дорожнечою його доступність обмежена.

У дослідженнях видів роду *Rubus* методи високотехнологічного секвенування також використовують. Наявні повногеномні сиквенси двох видів – *R. idaeus* [52] та близькоспорідного *R. occidentalis* [48]. За допомогою технологій секвенування та генетичного аналізу виявлено високий рівень синтенії геномів *R. occidentalis* та суниці лісової *Fragaria vesca* L. [48]. SNP-маркери було використано також для реєстрації мутаційних змін, спричинених впливом гамма-променів, у 14 зразках ожини та гібридів *Boysenberry* [43].

Повногеномне секвенування (*WGS – whole genome sequencing*) дає змогу одночасно генерувати велику кількість SNP-маркерів, які використовують для створення генетичних карт [26, 50], ідентифікації генів стійкості до патогенів, наприклад до *Verticillium* [48], а також для картування господарсько корисних ознак [34].

Ретротранспозонні маркери

Методи RAPD, ISSR, AFLP та SSR слугували основою створення нових молекулярно-генетичних маркерів, які являють собою послідовності ретротранспозонів – мобільних генетичних елементів, широко представлених в геномах рослин. Вони становлять основну частину геному (до 50 %) еукаріот і виявляються у всіх хромосомах [20]. На основі RAPD за використання як праймерів коротких послідовностей ретротранспозонів розроблено метод IRAP (*Inter-Retrotransposon Amplified Polymorphism* – поліморфізм ампліфікованих ділянок між ретротранспозонами). ISSR став основою для методу REMAP (*Retrotransposon-Microsatellite Amplified Polymorphism* – поліморфізм ампліфікованих ділянок між ретротранспозонами та мікросателітами), в якому використовуються обидва варіанти праймерів – із ретротранспозона та мікросателіта. AFLP сприяв створенню більш спеціалізованого методу, оснований на використанні послідовностей ретротранспозонів – SSAP (*Sequence Specific Amplification Polymorphism*). І, нарешті, SSR, поліморфізм мікросателітних локусів, з використанням локус-специфічних праймерів до флангів мікросателітного повтору сприяв розвитку методу RBIP (*Retrotransposon-Based Insertion Polymorphisms*), в якому використовують праймери, що фланкують сайти ретротранспозиції [20].

Стосовно ягідних культур, у ГенБанку (*GenBank*) депоновано деякі послідовності транспозонів малини, зокрема ретротранспозон Cassandra (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/AY860317>). На відміну від інших культур, для представників роду *Rubus* наукові праці про використання ретротранспозонних маркерів нечисленні. Зокрема, Y. Liang з колегами [33], вивчаючи LTR-послідовності (*LTR, long terminal repeat* – довгі кінцеві повтори) у геномі черемхи, розробили 336 пар праймерів, частина з яких була спроможна ампліфікувати ДНК сортів малини та ожини – відповідно 8,6 і 6,5 %.

Висновки. Молекулярно-генетичні методи сьогодні широко використовують як у фундаментальних, так і прикладних дослідженнях представників роду *Rubus*. Зі всього різноманіття наявних ДНК-маркерів найбільш результативними стосовно вирішення про-

блем, пов'язаних з генотипами, оцінюванням поліморфізму популяцій, генетичним картуванням, філогенетичними дослідженнями малини, виявились такі молекулярні методи аналізу як RAPD, RFLP, AFLP, ISSR, SSR та SNPs. Їх високу ефективність пов'язують з підвищеною роздільною здатністю, відтворюваністю, високою інформативністю, можливістю автоматизації аналізу, швидкістю, простотою та доступністю. Зазначені маркери є зручним інструментом для геномної селекції й дослідження генетичного різноманіття не лише представників роду *Rubus*, а також усіх живих організмів. Значний прогрес у селекції малини пов'язаний з розвитком сучасних технологій секвенування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/ua/file-storage/reystir-sortiv-roslin>.
2. Марковський В.С., Бахмат М.І. Ягідні культур в Україні. Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2008. 200 с.
3. Молекулярні маркери для ідентифікації посухостійких генотипів пшениці в умовах змін клімату / С.В. Пикало та ін. Екологічні науки. 2020. 4(31). С. 193–202. DOI: 10.32846/2306-9716/2020.есо.4-31.31
4. Поліщук І.М. Фітохімічне вивчення малини звичайної та створення на її основі нових лікарських засобів: дис. ... доктора філософії. 226 – Фармація, 22 – Охорона здоров'я. Харків, 2020. 256 с.
5. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting / P. Vos et al. *Nucleic Acids Res.* 1995. Vol. 23 (21). P. 4407–4414.
6. Botstein D., White R.L., Skolnick M., Davis R.W. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American Journal of Human Genetics.* 1980. Vol. 32 (3). P. 314–331.
7. QTL involved in the modification of cyanidin compounds in black and red raspberry fruit / J.M. Bushakra et al. *Theoretical and Applied Genetics.* 2013. Vol. 126 (3). P. 847–865. DOI: 10.1007/s00122-012-2022-4.
8. Construction of black (*Rubus occidentalis*) and red (*R. idaeus*) raspberry linkage maps and their comparison to the genomes of strawberry, apple, and peach / J.M. Bushakra et al. *Theor. Appl. Genet.* 2012. Vol. 125(2). P. 311–327. DOI: 10.1007/s00122-012-1835-5.
9. Developing expressed sequence tag libraries and the discovery of simple sequence repeat markers for two species of raspberry (*Rubus* L.) *BMC Plant Biol.* / J.M. Bushakra et al. 2015. Vol. 15. P. 258–269. DOI: 10.1007/s00122-015-2541-x.
10. Bussemeyer D.T., Pelikan S., Kennedy R.S., Rogstad S.H. Genetic diversity of Philippine *Rubus moluccanus* L. (*Rosaceae*) populations examined

with VNTR DNA probes. *Trop. Biol.* 1997. Vol. 14. P. 867–884. DOI: 10.1017/S0266467400011044.

11. Castillo N.R.F., Bassil N.V., Wada S., Reed B.M. Genetic stability of cryopreserved shoot tips of *Rubus* germplasm. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 2010. Vol. 46(3). P. 246–256. DOI: 10.1007/s11627-009-9265-z.

12. Microsatellite markers for raspberry and blackberry / N.R.F. Castillo et al. *Am. Soc. Hortic. Sci.* 2010. Vol. 135. P. 271–278.

13. Cekic C., Calis O., Ozturk E.S. Genetic diversity of wild raspberry genotypes (*Rubus idaeus* L.) in North Anatolia based on ISSR markers. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 2018. Vol. 16(5). P. 6835–6843. DOI: 10.15666/aecr/1605_68356843.

14. Dossett M., Bassil N., Finn C. SSR fingerprinting of black raspberry cultivars shows discrepancies in identification. *Acta Hortic.* 2012. Vol. 946. P. 49–53. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.946.4.

15. Eckert A.J. High-throughput genotyping and mapping of single nucleotide polymorphisms in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Tree Genetics & Genomes.* 2009. Vol. 5(1). P. 225–234.

16. AFLP-based genetic relationships in wild and cultivated raspberry genotypes (*Rubus idaeus* L.) / S. Ercisi et al. *Biotechnol. Biotechnol. Equip.* 2008. Vol. 22(4). P. 907–910.

17. FAO 2018. Statistics Raspberry Europe.

18. Garcia A.A.F., Banchimol L.L., Barbosa A.M.M. Comparison of RAPD, RFLP, AFLP and SSR markers for diversity studies in tropical maize inbred lines. *Genetics and Molecular Biology.* 2004. Vol. 27 (4). 4. P. 579–588.

19. Garrido P., Morillo E., Vásquez-Castillo W. Genetic diversity of the Andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) in Ecuador assessed by AFLP markers. *Plant Genetic Resources.* 2020. Vol. 18(4). P. 243–250. DOI: 10.1017/S1479262120000283

20. Glazko V.I., Dubin A.V., Kalendar R.I., Glazko G.V. Genetic relationships between soybean breeds assessed using ISSR markers. *Cytology and Genetics.* 1999. Vol. 33 (5). P. 47–51.

21. The construction of a genetic linkage map of red raspberry (*Rubus idaeus* subsp *idaeus*) based on AFLPs, genomic-SSR and EST-SSR markers / J. Graham et al. *Theoretical and Applied Genetics.* 2004. Vol. 109. P. 740–749. DOI: 10.1007/s00122-004-1687-8

22. Graham J., Smith K., Woodhead M., Russell J.R. Development and use of simple sequence repeat SSR markers in *Rubus* species. *Mol. Ecol. Notes.* 2002. Vol. 2. P. 250–252.

23. Graham J., Squire B., Marshall B., Harrison R.E. Spatially dependent genetic diversity within and between colonies of wild raspberry *R. idaeus* detected using RAPD markers. *Mol. Ecol.* 1997. Vol. 6. P. 1001–1008.

24. New insight into wild red raspberry populations using simple sequence repeat markers / J. Graham et al. *Am. Soc. Hort. Sci.* 2009. Vol. 134(1). P. 109–119.

25. Current trends in microsatellite genotyping / E. Guichoux et al. *Molecular Ecology Resources.* 2011. Vol. 11. P. 591–611.

26. Enhancement of Glen Moy × Latham raspberry linkage map using GbS to further understand control of development processes leading to fruit ripening / C.A. Hackett et al. *BMC Genetics.* 2018. Vol. 19. 59 p. DOI 10.1186/s12863-018-0666-z.

27. Hoepfner A.S., Nybom H., Carlsson U., Franzen R. DNA fingerprinting useful for monitoring cell line identity in micropropagated raspberries. *Acta Agric. Scand. Sect. B. Soil Plant Sci.* 1993. Vol. 43. P. 53–57.

28. John J.St., Ransler F., Quinn T., Oyler-McCance S. Characterization of microsatellite loci isolated in trumpeter swan (*Cygnus buccinator*). *Mol. Ecol. Notes.* 2006. Vol. 6. P. 1083–1085.

29. Kalia R.K., Rai M.K., Kalia S., Singh R., Dhawan A.K. Microsatellite markers: an overview of the recent progress in plants. *Euphytica.* 2011. Vol. 177. P. 309–334.

30. Keane B., Smith M.K., Rogstad S.H. Genetic variation in red raspberries (*Rubus idaeus* L., Rosaceae) from sites differing in organic pollutants compared with synthetic repeat DNA probes. *Environ. Toxicol. Chem.* 1998. Vol. 17. P. 2027–2034. DOI: 10.1002/etc.5620171019.

31. Kollmann J., Steinger T., Roy B.A. Evidence of sexuality in european *Rubus* (Rosaceae) species based on AFLP and allozyme analysis. *Am. J. Bot.* 2000. Vol. 87(11). P. 1592–1598.

32. Novel microsatellite markers acquired from *Rubus coreanus* Miq. and cross-amplification in other *Rubus* species / G.A. Lee et al. *Molecules.* 2015. Vol. 20. P. 6432–6442. DOI: 10.3390/molecules20046432.

33. Liang Y., Lenz R.R., Dai W. Development of retrotransposon-based molecular markers and their application in genetic mapping in chokecherry (*Prunus virginiana* L.). *Mol. Breed.* 2016. Vol. 36. 109 p. DOI: 10.1007/s11032-016-0535-2.

34. López A., Barrera C., Marulanda M. Evaluation of SSR and SNP markers in *R. glaucus* Benth progenitors' selection. *Rev. Bras. Frutic.* 2019. Vol. 41(1). P. 1–14. DOI: 10.1590/0100-29452019081.

35. Marulanda M., Lopez A., Aguilar S. Genetic diversity of wild and cultivated *Rubus* species in Colombia using AFLP and SSR markers. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 2007. Vol. 7. P. 242–252.

36. McGregor C.E., Treuren R., Hoekstra R., Hintum T.L. Analysis of the wild potato germplasm of the series *Acaulia* with AFLPs: implications for ex situ conservation. *Theor. Appl. Gen.* 2002. Vol. 104. P. 146–156.

37. Miyashita T., Kunitake H., Yotsukura N., Hoshino Y. Assessment of genetic relationships among cultivated and wild *Rubus* accessions using AFLP-markers. *Sci. Hortic.* 2015. Vol. 193. P. 165–173.

38. Moore P.P. Chloroplast DNA diversity in raspberry. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 1993. Vol. 118. P. 371–376.

39. Nybom H., Rogstad S.H., Schaal B.A. Genetic variation detected by use of the M13 'DNA fingerprint' probe in *Malus*, *Prunus* and *Rubus* (Rosaceae). *Theor. Appl. Genet.* 1990. Vol. 79. P. 153–156.

40. Genetic diversity of blackberry (*Rubus* subgenus *Rubus* Watson) in selected counties in Kenya using simple sequence repeats (SSRs) markers / J.A. Ochieng et al. Afr. J. Biotechnol. 2018. Vol. 17(39). P. 1247–1264. DOI: 10.5897/AJB2018.16613.

41. Parent J.G., Pagé D. Identification of raspberry cultivars by sequence characterized amplified region DNA analysis. HortScience. 1998. Vol. 33. P. 140–142.

42. The genetic structure of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) populations in Lithuania / J. Patamsytė et al. Cent. Eur. J. Biol. 2010. Vol. 5(4). P. 496–506. DOI: 10.2478/s11535-010-0034-0.

43. Genotyping-by-sequencing based single nucleotide polymorphisms enabled Kompetitive Allele Specific PCR marker development in mutant *Rubus* genotypes / J. Ryu et al. Electron. J. Biotechnol. 2018. Vol. 35. P. 57–62. DOI: 10.1016/j.ejbt.2018.08.001.

44. Semagn K., Bjornstad Å., Ndjiondjop M.N. An overview of molecular marker methods for plants. African Journal of Biotechnology. 2006. Vol. 5 (25). P. 2540–2568.

45. An effective method for axillary bud culture and RAPD analysis of cloned plants in tetraploid black locust / Q.Y. Shu et al. Plant Cell Report. 2003. Vol. 22 (3). P. 175–180.

46. Simlat M., Ptak A., Kula A., Orzel A. Assessment of genetic variability among raspberry accessions using molecular markers. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus. 2018. Vol. 17(5). P. 61–72. DOI: 10.24326/asphc.2018.5.6.

47. USDA. 2018. Branded Food Products Database. Available at: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>.

48. Sequence and analysis of the black raspberry (*Rubus occidentalis*) genome / R. VanBuren et al. The Genomes of Rosaceous Berries and Their Wild Relatives. Springer, 2018. P. 185–197.

49. Varshney R.K., Graner A., Sorrells M.E. Genetic microsatellite markers in plants: features and applications. TRENDS in Biotechnology. 2005. Vol. 23. P. 48–55.

50. Saturated linkage map construction in *Rubus idaeus* using genotyping by sequencing and genome-independent imputation / J.A. Ward et al. BMC genomics. 2013. Vol. 14 (2). DOI: 10.1186/1471-2164-14-2

51. Weber C.A., Pattison J., Samuelian S. Marker assisted selection for resistance to root rot in red raspberry caused by *Phytophthora fragariae* var. *rubi*. Acta Hort. 2008. Vol. 777. P. 311–316. DOI: 10.17660/ActaHort.2008.777.46.

52. Draft genome assembly and annotation of red raspberry *Rubus idaeus* / H. Wight et al. BioRxiv. 2019. DOI: 10.1101/546135.

53. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers / J.G.K. Williams et al. Nucleic Acids Research. 1990. Vol. 18 (22). P. 6531–6535.

54. Zane L., Bargelloni L., Patarnello T. Strategies for microsatellite isolation: a review. Mol. Ecol. 2002. Vol. 11. P. 1–16.

55. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by sequence repeat (SSR) – anchored polymerase chain reaction amplification. Genomics. 1994. Vol. 20. P. 176–183.

REFERENCES

1. Derzhavnyj rejestr sortiv roslyn, prydatnyh dlja poshyrennja v Ukraïni [State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine]. Ministerstvo agrarnoi' polityky ta prodovol'stva Ukraïny [Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine]. Available at: <https://minagro.gov.ua/ua/file-storage/rejestr-sortiv-roslyn>.

2. Markovs'kyj, V.S., Bahmat, M.I. (2008). Jagidni kul'tury v Ukraïni [Berry crops in Ukraine]. Kamianets-Podilskyi, PP Medobory-2006, 200 p.

3. Pykalo, S.V., Demydov, O.A., Jurchenko, T.V., Homenko, S.O., Gumenjuk, O.V., Harchenko, M.V. (2020). Molekuljarni markery dlja identyfikacii posuhostijkyh genotypiv pshenyци v umovah zmin klimatu [Molecular markers for identification of drought-resistant genotypes of wheat under conditions of climate change]. Ekologichni nauky [Environmental sciences]. no. 4(31), pp. 193–202. DOI: 10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.31

4. Polishchuk, I.M. (2020). Fitohimichne vyvchenja malyny zvyčajnoi' ta stvorenja na ii' osnovi novyh likars'kyh zasobiv: dys. na zdobuttja naukovogo stupenja doktora filosofii'. 226 – Farmacija, 22 – Ohorona zdorov'ja [Phytochemical study of common raspberry and creation of new medicinal products based on it: PhD dissertation. 226 – Pharmacy, 22 – Health care]. Kharkiv, 256 p.

5. Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M. (1995). AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. Nucleic Acids Res. Vol. 23 (21), pp. 4407–4414.

6. Botstein, D., White, R.L., Skolnick, M., Davis, R.W. (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. American Journal of Human Genetics. Vol. 32 (3), pp. 314–331.

7. Bushakra, J.M., Krieger, C., Deng, D., Stephens, M.J., Allan, A.C., Storey, R., Symonds, V.V., Stevenson, D., McGhie, T., Chagne, D., Buck, E.J., Gardiner, S.E. (2013). QTL involved in the modification of cyanidin compounds in black and red raspberry fruit. Theoretical and Applied Genetics. Vol. 126 (3), pp. 847–865. DOI: 10.1007/s00122-012-2022-4.

8. Bushakra, J.M., Stephens, M.J., Atmadja, A.N., Lewers, K.S., Symonds, V.V., Udall, J.A., Chagné, D., Buck, E.J., Gardiner, S.E. (2012). Construction of black (*Rubus occidentalis*) and red (*R. idaeus*) raspberry linkage maps and their comparison to the genomes of strawberry, apple, and peach. Theor. Appl. Genet. Vol. 125(2), pp. 311–327. DOI: 10.1007/s00122-012-1835-5.

9. Bushakra, J.M., Lewers, K.S., Staton, M.E., Zhebentyayeva, T., Saski, C.A. (2015). Developing expressed sequence tag libraries and the discovery of simple sequence repeat markers for two species of raspberry (*Rubus* L.) BMC Plant Biol. Vol. 15, pp. 258–269. DOI: 10.1007/s00122-015-2541-x.

10. Bussemeyer, D.T., Pelikan, S., Kennedy, R.S., Rogstad, S.H. (1997). Genetic diversity of Philippine *Rubus moluccanus* L. (*Rosaceae*) populations examined with VNTR DNA probes. Trop. Biol. Vol. 14, pp. 867–884. DOI: 10.1017/S0266467400011044.

11. Castillo, N.R.F., Bassil, N.V., Wada, S., Reed, B.M. (2010). Genetic stability of cryopreserved shoot tips of *Rubus* germplasm. In *Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* Vol. 46(3), pp. 246–256. DOI: 10.1007/s11627-009-9265-z.
12. Castillo, N.R.F., Reed, B.M., Graham, J., Fernández-Fernández, F., Bassil, N.V. (2010). Microsatellite markers for raspberry and blackberry. *Am. Soc. Hortic. Sci.* Vol. 135, pp. 271–278.
13. Cekic, C., Calis, O., Ozturk, E.S. (2018). Genetic diversity of wild raspberry genotypes (*Rubus idaeus* L.) in North Anatolia based on ISSR markers. *Appl. Ecol. Environ. Res.* Vol. 16(5), pp. 6835–6843. DOI: 10.15666/aecer/1605_68356843.
14. Dossett, M., Bassil, N., Finn, C. (2012). SSR fingerprinting of black raspberry cultivars shows discrepancies in identification. *Acta Hortic.* Vol. 946, pp. 49–53. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.946.4.
15. Eckert, A.J. (2009). High-throughput genotyping and mapping of single nucleotide polymorphisms in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Tree Genetics & Genomes.* Vol. 5(1), pp. 225–234.
16. Ercisli, S., Badjakov, I., Kondakova, V., Atanassov, A., Todorovska, E. (2008). AFLP-based genetic relationships in wild and cultivated raspberry genotypes (*Rubus idaeus* L.). *Biotechnol. Biotechnol. Equip.* Vol. 22(4), pp. 907–910.
17. FAO 2018. Statistics Raspberry Europe.
18. Garcia, A.A.F., Banchimol, L.L., Barbosa, A.M.M. (2004). Comparison of RAPD, RFLP, AFLP and SSR markers for diversity studies in tropical maize inbred lines. *Genetics and Molecular Biology.* Vol. 27 (4), no. 4, pp. 579–588.
19. Garrido, P., Morillo, E., Vásquez-Castillo, W. (2020). Genetic diversity of the Andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) in Ecuador assessed by AFLP markers. *Plant Genetic Resources.* Vol. 18(4), pp. 243–250. DOI: 10.1017/S1479262120000283
20. Glazko, V.I., Dubin, A.V., Kalendar, R.I., Glazko, G.V. (1999). Genetic relationships between soybean breeds assessed using ISSR markers. *Cytology and Genetics.* Vol. 33 (5), pp. 47–51.
21. Graham, J., Smith, K., MacKenzie, K., Jorgenson, L., Hackett, C., Powell, W. (2004). The construction of a genetic linkage map of red raspberry (*Rubus idaeus* subsp. *idaeus*) based on AFLPs, genomic-SSR and EST-SSR markers. *Theoretical and Applied Genetics.* Vol. 109, pp. 740–749. DOI: 10.1007/s00122-004-1687-8
22. Graham, J., Smith, K., Woodhead, M., Russell, J.R. (2002). Development and use of simple sequence repeat SSR markers in *Rubus* species. *Mol. Ecol. Notes.* Vol. 2, pp. 250–252.
23. Graham, J., Squire, B., Marshall, B., Harrison, R.E. (1997). Spatially dependent genetic diversity within and between colonies of wild raspberry *R. idaeus* detected using RAPD markers. *Mol. Ecol.* Vol. 6, pp. 1001–1008.
24. Graham, J., Woodhead, M., Smith, K., Russell, J., Marshall, B., Ramsay, G., Squire, G. (2009). New insight into wild red raspberry populations using simple sequence repeat markers. *Am. Soc. Hort. Sci.* Vol. 134(1), pp. 109–119.
25. Guichoux, E., Lagache, L., Wagner, S., Chaumeil, P., Le. Ger, P., Lepais, O., Lepoittevin, C., Malauza, E., Revardel, E., Salin, F., Petit, R.J. (2011). Current trends in microsatellite genotyping. *Molecular Ecology Resources.* Vol. 11, pp. 591–611.
26. Hackett, C.A., Milne, L., Smith, K., Hedley, P., Morris, J., Simpson, C.J., Preedy, K., Graham, J. (2018). Enhancement of Glen Moy × Latham raspberry linkage map using GbS to further understand control of development processes leading to fruit ripening. *BMC Genetics.* Vol. 19, 59 p. DOI: 10.1186/s12863-018-0666-z.
27. Hoepfner, A.S., Nybom, H., Carlsson, U., Franzen, R. (1993). DNA fingerprinting useful for monitoring cell line identity in micropropagated raspberries. *Acta Agric. Scand. Sect. B. Soil Plant Sci.* Vol. 43, pp. 53–57.
28. John, J. St., Ransler, F., Quinn, T., Oyler-McCance, S. (2006). Characterization of microsatellite loci isolated in trumpeter swan (*Cygnus buccinator*). *Mol. Ecol. Notes.* Vol. 6, pp. 1083–1085.
29. Kalia, R.K., Rai, M.K., Kalia, S., Singh, R., Dhawan, A.K. (2011). Microsatellite markers: an overview of the recent progress in plants. *Euphytica.* Vol. 177, pp. 309–334.
30. Keane, B., Smith, M.K., Rogstad, S.H. (1998). Genetic variation in red raspberries (*Rubus idaeus* L., Rosaceae) from sites differing in organic pollutants compared with synthetic repeat DNA probes. *Environ. Toxicol. Chem.* Vol. 17, pp. 2027–2034. DOI: 10.1002/etc.5620171019.
31. Kollmann, J., Steinger, T., Roy, B.A. (2000). Evidence of sexuality in european *Rubus* (Rosaceae) species based on AFLP and allozyme analysis. *Am. J. Bot.* Vol. 87(11), pp. 1592–1598.
32. Lee, G.A., Song, J.Y., Choi, H.R., Chung, J.W., Jeon, Y.A., Lee, J.R., Ma, K.H., Lee, M.C. (2015). Novel microsatellite markers acquired from *Rubus coreanus* Miq. and cross-amplification in other *Rubus* species. *Molecules.* Vol. 20, pp. 6432–6442. DOI: 10.3390/molecules20046432.
33. Liang, Y., Lenz, R.R., Dai, W. (2016). Development of retrotransposon-based molecular markers and their application in genetic mapping in chokecherry (*Prunus virginiana* L.). *Mol. Breed.* Vol. 36, 109 p. DOI: 10.1007/s11032-016-0535-2.
34. López, A., Barrera, C., Marulanda, M. (2019). Evaluation of SSR and SNP markers in *R. glaucus* Benth progenitors' selection. *Rev. Bras. Frutic.* Vol. 41(1), pp. 1–14. DOI: 10.1590/0100-29452019081.
35. Marulanda, M., Lopez, A., Aguilar, S. (2007). Genetic diversity of wild and cultivated *Rubus* species in Colombia using AFLP and SSR markers. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* Vol. 7, pp. 242–252.
36. McGregor, C.E., Treuren, R., Hoekstra, R., Hintum, T.L. (2002). Analysis of the wild potato germplasm of the series *Acaulia* with AFLPs: implications for ex situ conservation. *Theor. Appl. Gen.* Vol. 104, pp. 146–156.
37. Miyashita, T., Kunitake, H., Yotsukura, N., Hoshino, Y. (2015). Assessment of genetic relationships among cultivated and wild *Rubus* accessions using AFLP-markers. *Sci. Hortic.* Vol. 193, pp. 165–173.

38. Moore, P.P. (1993). Chloroplast DNA diversity in raspberry. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* Vol. 118, pp. 371–376.
39. Nybom, H., Rogstad, S.H., Schaal, B.A. (1990). Genetic variation detected by use of the M13 'DNA fingerprint' probe in *Malus*, *Prunus* and *Rubus* (*Rosaceae*). *Theor. Appl. Genet.* Vol. 79, pp. 153–156.
40. Ochieng, J.A., Oyoo, M.E., Gesimba, R.M., Korir, P.C., Ojwang, P.P.O., Owuoch, J.O. (2018). Genetic diversity of blackberry (*Rubus* subgenus *Rubus* Watson) in selected counties in Kenya using simple sequence repeats (SSRs) markers. *Afr. J. Biotechnol.* Vol. 17(39), pp. 1247–1264. DOI: 10.5897/AJB2018.16613.
41. Parent, J.G., Pagé, D. (1998). Identification of raspberry cultivars by sequence characterized amplified region DNA analysis. *HortScience.* Vol. 33, pp. 140–142.
42. Patamsytė, J., Kleizaitė, V., Čėsniėnė, T., Rancėlis, V., Žvingila, D. (2010). The genetic structure of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) populations in Lithuania. *Cent. Eur. J. Biol.* Vol. 5(4), pp. 496–506. DOI: 10.2478/s11535-010-0034-0.
43. Ryu, J., Kim, W.J., Im, J., Kim, S.H., Lee, K.S., Jo, H.J., Kim, E.Y., Kang, S.Y., Lee, J.H., Ha, B.H. (2018). Genotyping-by-sequencing based single nucleotide polymorphisms enabled Kompetitive Allele Specific PCR marker development in mutant *Rubus* genotypes. *Electron. J. Biotechnol.* Vol. 35, pp. 57–62. DOI: 10.1016/j.ejbt.2018.08.001.
44. Semagn, K., Bjornstad, Å., Ndjiondjop, M.N. (2006). An overview of molecular marker methods for plants. *African Journal of Biotechnology.* Vol. 5 (25), pp. 2540–2568.
45. Shu, Q.Y., Liu, G.S., Qi, D.M., Chu, C.C., Liu, J., Li, H.J. (2003). An effective method for axillary bud culture and RAPD analysis of cloned plants in tetraploid black locust. *Plant Cell Report.* Vol. 22 (3), pp. 175–180.
46. Simlat, M., Ptak, A., Kula, A., Orzel, A. (2018). Assessment of genetic variability among raspberry accessions using molecular markers. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus.* Vol. 17(5), pp. 61–72. DOI: 10.24326/asphc.2018.5.6.
47. USDA. 2018. Branded Food Products Database. Available at: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>.
48. VanBuren, R., Bryant, D., Bushakra, J.M., Vining, K.J., Filichkin, S., Edger, P.P., Rowley, E.R., Priest, H.D., Michael, T.P., Dossett, M., Finn, C.E., Bassil, N.V., Mockler, T.C. (2018). Sequence and analysis of the black raspberry (*Rubus occidentalis*) genome. *The Genomes of Rosaceous Berries and Their Wild Relatives.* Springer. pp. 185–197.
49. Varshney, R.K., Graner, A., Sorrells, M.E. (2005). Genic microsatellite markers in plants: features and applications. *TRENDS in Biotechnology.* Vol. 23, pp. 48–55.
50. Ward, J.A., Bhangoo, J., Fernandez-Fernandez, F., Moore, P., Swanson, J.D., Viola, R., Velasco, R., Bassil, N., Weber, C.A., Sargent, D.J. (2013). Saturated linkage map construction in *Rubus idaeus* using genotyping by sequencing and genome-independent imputation. *BMC genomics.* Vol. 14 (2). DOI: 10.1186/1471-2164-14-2
51. Weber, C.A., Pattison, J., Samuelian, S. (2008). Marker assisted selection for resistance to root rot in red raspberry caused by *Phytophthora fragariae* var. *rubri*. *Acta Hort.* Vol. 777, pp. 311–316. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.777.46.
52. Wight, H., Zhou, J., Li, M., Hannenhalli, S., Mount, S., Liu, Z. (2019). Draft genome assembly and annotation of red raspberry *Rubus idaeus*. *BioRxiv.* DOI: 10.1101/546135.
53. Williams, J.G.K., Kubelik, A.R., Livak, K.J., Rafalski, J.A., Tingey, S.V. (1990). DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Research.* Vol. 18 (22), pp. 6531–6535.
54. Zane, L., Bargelloni, L., Patarnello, T. (2002). Strategies for microsatellite isolation: a review. *Mol. Ecol.* Vol. 11, pp. 1–16.
55. Zietkiewicz, E., Rafalski, A., Labuda, D. (1994). Genome fingerprinting by sequence repeat (SSR) -anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics.* Vol. 20, pp. 176–183.

The use of DNA markers in raspberry (*Rubus* L.) research: a review

Dyman N., Karpuk L.

Raspberry (*Rubus* L.) is one of the most common berry crops in horticulture. It is a valuable food product for humans and a raw material for food processing companies. The assortment of raspberries in Ukraine includes more than 30 varieties. Modern breeding and genetic programs are aimed at expanding genetic diversity and creating new raspberries varieties. Molecular genetic methods are increasingly being used in both fundamental and applied research of *Rubus* species. This article presents an overview of the main types of molecular markers used to study genetic polymorphism of *Rubus* species.

Out of the whole variety of available DNA markers, such molecular methods of analysis as RAPD, RFLP, AFLP, ISSR, SSR and SNPs have proved to be the most effective in solving problems related to genotypes, population polymorphism, genetic mapping, and phylogenetic studies of raspberries. Their high efficiency is associated with increased resolution, reproducibility, high informativeness, the possibility of analysis automatization, speed, simplicity and availability. These markers are a convenient tool for genomic selection and research of genetic diversity of not only the genus *Rubus* representatives, but also of all living organisms. As of retrotransposon mar-

kers, which make up the main part of the eukaryotes genome, there are few scientific papers on their use for the study of representatives of the genus *Rubus*, unlike other crops. Significant progress in raspberry breeding is associated with the development of modern sequencing technologies.

Whole-genome sequencing (WGS) allows simultaneous generation of a large number of SNP markers that are used to create genetic maps, identify pathogen resistance genes, map economically useful traits etc.

Key words: *Rubus*, raspberry, DNA markers, polymorphism, selection.



Copyright: Димань Н.О., 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:

Димань Н.О.

Карпук Л.М.

<https://orcid.org/0000-0003-4087-2957>

<https://orcid.org/0000-0002-2303-7899>

УДК 631.527.5:575.1:633.111"324"(477.4/.7)(4-15)

Особливості успадкування кількості зерен головного колоса пшениці м'якої озимої за гібридизації лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів

Лозінський М.В. , Самойлик М.О. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Самойлик М.О. maiiasamoilyk1983@gmail.com



Лозінський М.В., Самойлик М.О. Особливості успадкування кількості зерен головного колоса пшениці м'якої озимої за гібридизації лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 78–87.

Lozinskyi M., Samoilyk M. Features of inheritance of grains number of the main ear of soft winter wheat during hybridization of forest-steppe, steppe and western European ecotypes. «Agrobiologia», 2023. no. 2, pp. 78–87.

Рукопис отримано: 27.10.2023 р.

Прийнято: 13.11.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-78-87

У статті наведено результати досліджень щодо особливостей успадкування кількості зерен головного колоса в F_1 за гібридизації сортів пшениці м'якої озимої різних екотипів.

Метою досліджень було встановлення формування кількості зерен у головному колосі батьківських форм і гібридів першого покоління для визначення ступеня фенотипового домінування та типу успадкування в F_1 за реципрокних схрещувань сортів пшениці м'якої озимої лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів. Впродовж 2022–2023 рр. проводили дослідження в умовах дослідного поля навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету. Досліджували 30 гібридних комбінацій, створених за гібридизації сортів: Зорепад білоцерківський, Квітка полів – лісостеповий екотип; Ластівка одеська, Знахідка одеська – степовий екотип; Мулан, Фіделіус – західноєвропейський екотип.

Високі показники кількості зерен (55,4–74,2 шт.) у 2022 р. формували гібриди: ♀ Квітка полів / ♂ Зорепад білоцерківський; Зорепад білоцерківський ↔ Ластівка одеська; Зорепад білоцерківський ↔ Знахідка одеська; Зорепад білоцерківський ↔ Фіделіус; Знахідка одеська ↔ Фіделіус; Ластівка одеська ↔ Фіделіус. У 2023 р. за кількістю зерен (51,8–64,9 шт.) кращими були: ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Квітка полів; Квітка полів ↔ Ластівка одеська; ♀ Знахідка одеська / ♂ Мулан; ♀ Знахідка одеська ↔ Фіделіус; ♀ Ластівка одеська / ♂ Мулан.

Позитивне наддомінування у 2022–2023 рр. встановили у 19 з 30 комбінацій схрещування, серед яких за високим стабільним проявом кількості зерен у колосі виділились: Квітка полів ↔ Ластівка одеська; Зорепад білоцерківський ↔ Фіделіус; Знахідка одеська ↔ Фіделіус; Знахідка одеська ↔ Мулан; Мулан ↔ Фіделіус. Отже, високі показники кількості зерен формувались в F_1 , отриманих за реципрокних схрещувань: лісостепового екотипу із степовим, лісостепового із західноєвропейським, степового із західноєвропейським, західноєвропейського із західноєвропейським.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, сорт, батьківські форми, гібриди, кількість зерен у головному колосі, тип успадкування.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Зерно пшениці озимої (*T. aestivum* L.), як сировина для виробництва продуктів харчування, має потенційний комерційний попит в Україні та для експорту в інші країни. Тому зростання його виробництва з відмінними показниками якості є важливим завданням сільськогосподарських виробників рослинницької продукції [1–3].

Важливим чинником підвищення врожайності польових культур є сортові ресурси, що підтверджується дослідженнями багатьох вчених [4–7]. Сучасні сорти для поширення у виробництві мають поєднувати в генотипі якомога більшу кількість господарсько цінних ознак, що сприятиме формуванню високих врожаїв відповідної якості [8, 9].

Гібридизація є важливою складовою практичної селекційної роботи з пшеницею [10–12]. За вдалого підбору батьківських пар схрещування в популяціях відбувається формотворчий процес за господарсько цінними ознаками і властивостями [13–15]. Водночас, вихідний матеріал різного генетичного і географічного походження є важливим джерелом цінних ознак і властивостей [16, 17].

Підбір вихідного матеріалу для гібридизації залишається досить важливою складовою в селекційній роботі, хоча значна кількість принципів добору батьківських компонентів схрещування: концепція сорту; концепція ознаки; концепція гена [18]; еколого-географічний принцип [19, 20]; добір батьківських пар за елементами продуктивності [21]; добір пар для гібридизації за тривалістю окремих фаз вегетації [22]; добір батьківських пар за стійкістю до хвороб [23] опрацьована багатьма вченими.

Залучення до гібридизації екологічно і географічно віддалених форм пшениці є одним з ефективних напрямів розширення генетичної мінливості. За таких умов майбутні сорти здатні ефективно пристосовуватись до конкретного регіону, проявляти толерантність до умов навколишнього середовища і забезпечувати досить високу реалізацію генетичного потенціалу продуктивності агрофітоценозу [24, 25].

У процесі селекції пшениці м'якої озимої у різних установах реалізуються подібні завдання, однак створені ними сорти мають істотні відмінності, які обумовлені багатьма чинниками, основними з яких є: генетичні особливості використаного в селекції вихідного матеріалу, методи селекції, особливості екологічних умов ведення добору, досвід і професійний рівень селекціонерів [24].

За екологічним принципом сорти поділяють на три екотипи: степовий, лісостеповий і західноєвропейський. Сорти цих екотипів створюють в установах, розташованих у відповідних агрокліматичних зонах. Маючи відмінності за господарськими характеристиками, морфотипом рослин сорти різних екотипів мають особливості пристосування до конкретних екологічних умов [24].

Для успішного виконання селекційних програм необхідно вдосконалювати методи створення вихідного матеріалу і сортів пшениці м'якої озимої, адаптованих до конкретного регіону [26].

Враховуючи, що врожайність пшениці є інтегральним показником науковці досліджують успадкування структурних ознак, які впливають на її формування [27]. Важливим є виявлення впливу метеорологічних умов і

підбору батьківських пар гібридизації на прояв успадкування досліджуваної кількісної ознаки [28–29].

Одним із основних показників продуктивності пшениці є кількість зерен у колосі. З метою створення сортів пшениці м'якої озимої з більшою озерненістю колоса [30] необхідно досліджувати прояв й успадкування цієї ознаки для застосування в селекційній роботі з пшеницею в умовах Лісостепу України.

Метою дослідження було виявлення особливостей формування кількості зерен у головному колосі у батьківських форм й гібридів першого покоління для визначення ступеня фенотипового домінування та типу успадкування в F_1 за реципрокних схрещувань сортів лісостепового, степового й західноєвропейського екотипів пшениці м'якої озимої.

Матеріал і методи дослідження. В умовах дослідного поля науково-виробничого центру Білоцерківського НАУ у 2022–2023 рр. досліджували 30 гібридних комбінацій, створених за гібридизації сортів: Зорепад білоцерківський (Зор. бц.), Квітка полів (Кв. полів) – лісостеповий екотип; Ластівка одеська (Ласт. од.), Знахідка одеська (Знах. од.) – степовий екотип; Мулан, Фіделіус – західноєвропейський екотип.

Насіння F_1 висівали ручною сівалкою за схемою: ♀ (материнська форма) – F_1 – ♂ (чоловіча форма). У період вегетації проводили фенологічні спостереження. Біометричний аналіз досліджуваного селекційного матеріалу проводили за середнім зразком 25 рослин у триразовій повторності [31]. Агротехніка загальноприйнята для зони вирощування. Попередник – гірчиця на зерно.

Для визначення ступеня фенотипового домінування (h_r) використовували методику В. Griffing [32]. Отримані дані класифікували за G. M. Beil, R. E. Atkins [33]: позитивне наддомінування (гетерозис) $h_r > +1$; часткове позитивне домінування $+0,5 < h_r \leq +1$; проміжне успадкування $-0,5 \leq h_r \leq +0,5$; часткове від'ємне успадкування $-1 \leq h_r < -0,5$; від'ємне наддомінування (депресія) $h_r < -1$.

Результати досліджень та обговорення. Кількість зерен у головному колосі батьківських форм у 2022 р. становила 33,2–54,4 шт. (табл. 1, 2). Усі гібриди отримані за гібридизації лісостепового екотипу зі степовим, формуючи кількість зерен у головному колосі на рівні 42,4–65,3 шт., перевищували вихідні форми. Найбільшу кількість зерен за схрещування лісостепового екотипу з лісостеповим формували: ♀ Квітка полів / ♂ Зорепад білоцерківський (55,4 шт.); лісостепового екотипу зі степовим

– ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Ластівка одеська (57,9 шт.), ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Знахідка одеська (59,0 шт.); степового екотипу з лісостеповим – ♀ Ластівка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський (56,5 шт.), ♀ Знахідка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський (65,3 шт.) (табл. 1).

Визначені показники ступеня фенотипового домінування у 2022 р. ($h_p = 1,4-8,4$) свідчать, що успадкування кількості зерен із головного колоса в усіх комбінаціях схрещування відбувалося за позитивним наддомінуванням.

У разі залучення до гібридизації сортів західноєвропейського екотипу більшу кількість зерен у головному колосі встановили в F_1 , отриманих за реципрокних схрещувань: Зорепад білоцерківський ↔ Фіделіус, Знахідка

одеська ↔ Фіделіус, Ластівка одеська ↔ Фіделіус із показниками від 59,9 шт. ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Фіделіус до 74,2 шт. – ♀ Знахідка одеська / ♂ Фіделіус. Також високе формування кількості зерен (62,0 шт.) дослідили за гібридизації сортів західноєвропейського екотипу ♀ Фіделіус / ♂ Мулан (табл. 2).

Проведеним аналізом показників ступеня фенотипового домінування встановлено, що майже в усіх гібридів успадкування кількості зерен із колоса відбувалося за позитивним наддомінуванням ($h_p = 1,2-4,5$). Часткове позитивне домінування визначили за реципрокного схрещування Квітка полів ↔ Фіделіус.

Кількість зерен у головному колосі батьківських форм у 2023 р. була на рівні 43,0–47,8 шт. (табл. 3, 4).

Таблиця 1 – Кількість зерен у головному колосі й ступінь фенотипового домінування (h_p) у F_1 , отриманих за схрещування лісостепового та степового екотипів, 2022 р.

Батьківські форми та комбінація схрещування	2022 р.				
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$, шт.	Lim, шт.		hp	Тип успадкування
		min	max		
лісостеповий екотип / лісостеповий екотип					
♀ Зор. бц.	50,3±0,68	39,0	70,0	-	-
Зор. бц. / Кв. полів	52,1±1,58	46,0	61,0	1,4	ПНД
♂ Кв. полів	39,8±0,68	31,0	55,0	-	-
Кв. полів / Зор. бц.	55,4±1,29	51,0	61,0	2,0	ПНД
лісостеповий екотип / степовий екотип					
Зор. бц. / Ласт. од.	57,9±3,39	43,0	81,0	1,9	ПНД
♂ Ласт. од.	33,2±0,81	20,0	53,0	-	-
Кв. полів / Ласт. од.	48,7±2,25	40,0	62,0	3,4	ПНД
Зор. бц. / Знах. од.	59,0±1,15	55,0	65,0	2,3	ПНД
♂ Знах. од.	36,9±0,58	22,0	49,0	-	-
Кв. полів / Знах. од.	42,4±2,01	35,0	47,0	2,8	ПНД
степовий екотип / лісостеповий екотип					
Ласт. од. / Зор. бц.	56,5±2,03	49,0	64,0	1,7	ПНД
Ласт. од. / Кв. полів	46,6±0,75	43,0	50,0	8,4	ПНД
Знах. од. / Зор. бц.	65,3±6,11	54,0	75,0	3,1	ПНД
Знах. од. / Кв. полів	50,5±2,35	41,0	60,0	3,3	ПНД
степовий екотип / степовий екотип					
Знах. од. / Ласт. од.	47,1±1,62	38,0	58,0	6,5	ПНД
Ласт. од. / Знах. од.	50,0±1,13	48,0	55,0	8,1	ПНД

Примітка: ПНД – позитивне наддомінування (гетерозис).

Таблиця 2 – Кількість зерен у головному колосі й ступінь фенотипового домінування (hp) у F₁, отриманих за схрещування лісостепоного, степового та західноєвропейського екотипів, 2022 р.

Батьківські форми та комбінація схрещування	2022 р.				
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$, шт.	Lim, шт.		hp	Тип успадкування
		min	max		
лісостеповий екотип / західноєвропейський екотип					
Зор. бц. / Мулан	52,9±1,78	44,0	66,0	2,1	ПНД
♂ Мулан	45,5±0,95	31,0	65,0	-	-
Зор. бц. / Фіделіус	59,9±1,31	53,0	65,0	3,4	ПНД
♂ Фіделіус	54,4±1,14	26,0	74,0		-
Кв. полів / Мулан	50,9±3,62	38,0	63,0	2,9	ПНД
Кв. полів / Фіделіус	53,8±3,06	40,0	82,0	0,9	ЧПД
західноєвропейський екотип / лісостеповий екотип					
Мулан / Зор. бц.	58,1±1,83	52,0	67,0	4,3	ПНД
Фіделіус / Зор. бц.	61,5±1,61	54,0	70,0	4,5	ПНД
Мулан / Кв. полів	-	-	-	-	-
Фіделіус / Кв. полів	54,2±1,84	45,0	67,0	1,0	ЧПД
степовий екотип / західноєвропейський екотип					
Знах. од. / Мулан	52,0±1,83	46,0	59,0	2,5	ПНД
Знах. од. / Фіделіус	74,2±1,70	64,0	79,0	3,3	ПНД
Ласт. од. / Мулан	50,0±4,00	46,0	54,0	1,7	ПНД
Ласт. од. / Фіделіус	62,2±2,39	45,0	82,0	1,7	ПНД
західноєвропейський екотип / степовий екотип					
Мулан / Знах. од.	-	-	-	-	-
Фіделіус / Знах. од.	61,7±3,43	50,0	79,0	1,8	ПНД
Мулан / Ласт. од.	-	-	-	-	-
Фіделіус / Ласт. од.	62,6±1,17	60,0	66,0	1,8	ПНД
західноєвропейський екотип / західноєвропейський екотип					
Мулан / Фіделіус	55,2±2,63	47,0	66,0	1,2	ПНД
Фіделіус / Мулан	62,0±3,21	43,0	76,0	2,7	ПНД

Примітки: ПНД – позитивне наддомінування (гетерозис),
ЧПД – часткове позитивне домінування.

За схрещування лісостепоного екотипу зі степовим 6 із 12 гібридів за кількістю зерен у колосі перевищили батьківські форми, серед яких виділились: ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Квітка полів (51,8 шт.); ♀ Квітка полів / ♂ Ластівка одеська (63,4 шт.); ♀ Ластівка одеська / ♂ Квітка полів (59,3 шт.) (табл. 3).

За показниками ступеня фенотипового домінування (hp = 2,7–15,3) кількості зерен із головного колоса в F₁ у 2023 р. позитивне

наддомінування виявили у шести: ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Квітка полів; ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Знахідка одеська; ♀ Ластівка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський; ♀ Знахідка одеська / ♂ Квітка полів; Квітка полів ↔ Ластівка одеська з 12 гібридів. Детермінація ознаки за частковим від'ємним успадкуванням відбувалась у ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Ластівка одеська, проміжним успадкуванням – ♀ Квітка полів / ♂ Знахідка

одеська, від'ємним наддомінуванням – Знахідка одеська ↔ Ластівка одеська і ♀ Знахідка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський.

У 2023 р. гібриди отримані схрещуванням лісостепоного, степового і західноєвропейського екотипів формували кількість зерен у колосі від 37,2 шт. ♀ Квітка полів / ♂ Фіделіус до 64,9 шт. ♀ Знахідка одеська / ♂ Фіделіус й переважною більшістю перевищували вихідні форми (табл. 4).

Найбільші показники кількості зерен у головному колосі в F_1 формувались за гібридизації ♀ степовий екотип / ♂ західноєвропейський

екотип (59,9–64,9 шт.) і ♀ західноєвропейський екотип / ♂ степовий екотип (58,0–62,3 шт.). Також виділились гібриди ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Фіделіус і ♀ Мулан / ♂ Зорепад білоцерківський із кількістю зерен 57,8 і 57,3 шт. відповідно.

Успадкування кількості зерен із головного колоса у 16 з 18 гібридів ($h_p = 1,2-75,0$) відбувалось за позитивним наддомінуванням. За схрещування ♀ Квітка полів / ♂ Фіделіус успадкування кількості зерен відбувалось за від'ємним наддомінуванням ($h_p = -5,5$), а ♀ Фіделіус / ♂ Квітка полів – проміжним ($h_p = 0,5$).

Таблиця 3 – Кількість зерен у головному колосі й ступінь фенотипового домінування (h_p) у F_1 , отриманих за схрещування лісостепоного та степового екотипів, 2023 р.

Батьківські форми та комбінація схрещування	2023 р.				
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$, шт.	Lim, шт.		hp	Тип успадкування
		min	max		
лісостеповий екотип / лісостеповий екотип					
♀ Зор. бц.	47,8±1,20	39,0	57,0	-	-
Зор. бц. / Кв. полів	51,8±2,25	43,0	60,0	2,7	ПНД
♂ Кв. полів	43,0±1,74	28,0	58,0	-	-
Кв. полів / Зор. бц.	47,8±1,36	45,0	53,0	1,0	ЧПД
лісостеповий екотип / степовий екотип					
Зор. бц. / Ласт. од.	45,8±2,25	30,0	52,0	-0,7	ЧВУ
♂ Ласт. од.	45,5±1,60	30,0	57,0	-	-
Кв. полів / Ласт. од.	63,4±4,91	47,0	84,0	15,3	ПНД
Зор. бц. / Знах. од.	49,6±2,95	37,0	64,0	4,6	ПНД
♂ Знах. од.	46,8±1,20	31,0	58,0	-	-
Кв. полів / Знах. од.	45,0±2,86	36,0	55,0	0,1	ПУ
степовий екотип / лісостеповий екотип					
Ласт. од. / Зор. бц.	52,8±1,98	44,0	60,0	5,4	ПНД
Ласт. од. / Кв. полів	59,3±3,03	47,0	80,0	12,0	ПНД
Знах. од. / Зор. бц.	41,0±1,30	38,0	45,0	-12,6	ВНД
Знах.од. / Кв. полів	53,4±3,08	35,0	61,0	4,5	ПНД
степовий екотип / степовий екотип					
Знах. од. / Ласт. од.	41,8±2,38	33,0	48,0	-6,7	ВНД
Ласт. од. / Знах. од.	41,9±4,73	17,0	57,0	-6,5	ВНД

Примітки: ПНД – позитивне наддомінування (гетерозис);

ЧПД – часткове позитивне домінування;

ПУ – проміжне успадкування;

ЧВУ – часткове від'ємне успадкування;

ВНД – від'ємне наддомінування (депресія).

Таблиця 4 – Кількість зерен у головному колосі та ступінь фенотипового домінування у F_1 , отриманих за схрещування лісостепоного, степового й західноєвропейського екотипів, 2023 р.

Батьківські форми та комбінація схрещування	2023 р.				
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$, шт.	Lim, шт.		hp	Тип успадкування
		min	max		
лісостеповий екотип / західноєвропейський екотип					
Зор. бц. / Мулан	48,2±6,71	22,0	60,0	1,2	ПНД
♂ Мулан	44,2±0,96	35,0	51,0	-	-
Зор. бц. / Фіделіус	57,8±1,80	53,0	31,0	10,9	ПНД
♂ Фіделіус	45,7±1,78	28,0	57,0	-	-
Кв. полів / Мулан	48,1±1,59	40,0	55,0	7,5	ПНД
Кв. полів / Фіделіус	37,2±3,50	30,0	50,0	-5,5	ВНД
західноєвропейський екотип / лісостеповий екотип					
Мулан / Зор. бц.	57,3±3,59	47,0	68,0	6,3	ПНД
Фіделіус / Зор. бц.	52,5±3,42	36,0	64,0	5,3	ПНД
Мулан / Кв. полів	53,4±2,61	46,0	64,0	16,3	ПНД
Фіделіус / Кв. полів	44,9±1,27	37,0	51,0	0,5	ПУ
степовий екотип / західноєвропейський екотип					
Знах. од. / Мулан	59,9±4,24	37,0	71,0	11,1	ПНД
Знах. од. / Фіделіус	64,9±2,37	56,0	75,0	31,2	ПНД
Ласт. од. / Мулан	60,3±3,89	50,0	74,0	23,8	ПНД
Ласт. од. / Фіделіус	49,3±3,50	41,0	58,0	75,0	ПНД
західноєвропейський екотип / степовий екотип					
Мулан / Знах. од.	58,9±2,02	54,0	70,0	10,3	ПНД
Фіделіус / Знах.од.	62,3±4,09	45,0	75,0	26,8	ПНД
Мулан / Ласт. од.	58,0±3,66	40,0	70,0	20,2	ПНД
Фіделіус / Ласт. од.	49,0±2,63	37,0	58,0	69,0	ПНД
західноєвропейський екотип / західноєвропейський екотип					
Мулан / Фіделіус	52,3±4,00	39,0	71,0	10,6	ПНД
Фіделіус / Мулан	51,1±2,44	38,0	60,0	8,9	ПНД

Примітки: ПНД – позитивне наддомінування (гетерозис);

ПУ – проміжне успадкування;

ВНД – від'ємне наддомінування (депресія).

Висновки. Успадкування кількості зерен головного колоса за реципрокних схрещувань сортів пшениці м'якої озимої лісостепоного, степового й західноєвропейського екотипів переважно відбувалося за позитивним наддомінуванням. Показники ступеня фенотипового домінування F_1 у 2022–2023 рр. змінювались залежно як від підбору пар гібридизації, так й умов року.

Високі показники кількості зерен у головному колосі (55,4–74,2 шт.) формували гібриди: ♀ Квітка полів / ♂ Зорепад білоцерківський; ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Ластівка одеська; ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Знахідка одеська; ♀ Ластівка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський; ♀ Знахідка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський; Зорепад білоцерківський ↔ Фіделіус; Знахідка одеська ↔

Фіделіус; Ластівка одеська ↔ Фіделіус у 2022 р. й ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Квітка полів; ♀ Квітка полів / ♂ Ластівка одеська; ♀ Ластівка одеська / ♂ Квітка полів; ♀ Знахідка одеська / ♂ Мулан; ♀ Знахідка одеська / ♂ Фіделіус; ♀ Ластівка одеська / ♂ Мулан; ♀ Фіделіус / ♂ Знахідка одеська (51,8–64,9 шт.) – 2023 р.

Позитивне наддомінування у 2022–2023 рр. виявили у 19 з 30 комбінацій схрещування, серед яких за високим стабільним проявом кількості зерен у колосі виділились: Квітка полів ↔ Ластівка одеська; Зорепад білоцерківський ↔ Фіделіус; Знахідка одеська ↔ Фіделіус; Знахідка одеська ↔ Мулан; Мулан ↔ Фіделіус. Отже, високі показники кількості зерен формувались у F_1 , отриманих за реципрокних схрещувань лісостепового екотипу зі степовим, лісостепового із західноєвропейським, степового із західноєвропейським, західноєвропейського із західноєвропейським.

На відміну від 2022 р., в якому переважно не виявлено впливу цитоплазми з більшою кількістю зерен у колосі на формування високих показників, то у F_1 в 2023 р. дослідили вплив материнської форми з вищим проявом ознаки на формування більшої кількості зерен у гібридів першого покоління.

Перспективою подальших досліджень є проведення доборів у популяції F_2 й оцінка одержаних рекомбінантів за комплексом цінних господарських ознак із метою створення нового вихідного матеріалу для селекції пшениці м'якої озимої з високим рівнем продуктивності і адаптивності до умов Лісостепу України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Бурденюк-Тарасевич Л. А., Лозінський М. В., Дубова О. А. Особливості формування довжини стебла у селекційних номерів пшениці озимої залежно від їх генотипів та умов вирощування. *Агробіологія*. 2015. № 1. С. 11–15.
- Egamov I. U., Siddikov R. I., Rakhimov T. A., Yusupov N. K. Creation of high-yielding winter wheat varieties with high yield and grain quality suitable for irrigated Conditions. *International Journal of Modern Agriculture*. 2021. No 10 (2). P. 2491–2506.
- Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight / M. Lozinskiy et al. *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19. No 2. P. 540–551. DOI: 10.15159/ar.21.071.
- Nazarenko M., Mykolenko S., Okhmat P. Variation in grain productivity and quality of modern winter wheat varieties in northern Ukrainian Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. No 10 (4). P. 102–108. DOI: 10.15421/2020_175.
- Detection of molecular markers associated with yield and yield components in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum Desf.) under drought conditions / S. Dura et al. *Crop Pasture Sci*. 2013. Vol. 64. P. 957–964.
- Analysis of gluten proteins composition during grain filling in two durum wheat cultivars submitted to two water regoms / M.M. Giuliani et al. *Ital. J. Agron*. 2014. Vol. 90 (1). P. 15–19.
- Любич В.В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 95. С. 146–161.
- Heritability of Valuable Economic Traits in the Hybrid Generations of Bread Wheat / D.T. Juraev et al. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. 2021. P. 2008–2019.
- Литвиненко М.А. Реалізація генетичного потенціалу. Проблеми продуктивності та якості зерна сучасних сортів озимої пшениці. *Насінництво*. 2010. № 6. С. 1–6.
- Базалій В.В., Базалій Г.Г., Марченко О.В. Особливості формування і характер мінливості ознак продуктивності озимої пшениці за різних умов вирощування. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2006. № 3. С. 174–176.
- Лозінський М.В., Варнава Н.С. Детермінація кількості колосків головного колосу реципрокними гібридами пшениці озимої. *Агробіологія*. 2010. № 4 (80). С. 69–72.
- Мазур О.В., Мазур О.В., Лозінський М.В. Селекція та насінництво польових культур: навч. посіб. Вінниця: ТВОРИ, 2020. 348 с.
- Дубовик Н.С., Гуменюк О.В., Кириленко В.В., Вологдіна Г.Б. Успадкування елементів продуктивності та їх трансгресивна мінливість у гібридів пшениці м'якої озимої, створених схрещуванням сортів-носіїв пшенично-житніх транслокацій. *Миронівський вісник*. 2018. № 7. С. 26–38.
- Власенко В.А., Бакуменко О.М. Генетична оцінка елементів продуктивності гібридів F_1 , F_2 пшениці м'якої озимої, створених за участі носіїв інтрогресованих компонентів. *Миронівський вісник*. 2017. № 4. С. 88–101.
- Генетичний контроль і рекомбінація ознак стійкості до вилягання у гібридів пшениці озимої за різних умов вирощування / В. Базалій та ін. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 87–93.
- Панкова О.В., Пузік В.К., Лисиченко М.Л. Вплив електромагнітного випромінювання на рослини: монографія. Харків: ТОВ «Планета-Прінт», 2021. 159 с.
- Хоменко С.О., Солоня В.Й., Зварун Т.В. Особливості селекції пшениці ярої в умовах Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2011. № 100. С. 181–191.
- Бороевич С. Принципы и методы селекции растений / пер. с сербохорв. В.В. Иноземцева; под ред. и с предисл. А.К. Федорова. Москва: Колос, 1984. 344 с.
- Бугайов В.Д., Васильківський С.П., Власенко В.А. Спеціальна селекція польових культур: навч. посібник / за ред. М. Я. Молоцького. Біла Церква, 2010. 368 с.
- Литвиненко М.А., Волкодав В.В. Наукові основи формування сортового складу зернових культур в Україні. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2005. № 1. С. 28–36.

21. Васильківський С.П., Кочмарський В.С. Селекція і насінництво польових культур: підручник. Біла Церква: Миронівська друкарня, 2016. 376 с.
22. Лифенко С., Наконечний М., Нарган Т. Особливості селекції сортів пшениці м'якої озимої степового екотипу у зв'язку зі змінами клімату в умовах півдня України. Вісник аграрної науки. 2021. № 99(3). С. 53–62.
23. Базалій Г., Усик Л., Жупина А., Лавриненко Ю. Успадкування стійкості до фітопатогенів гібридами пшениці м'якої озимої в умовах зрошення півдня України. Аграрні інновації. 2020. № 2. С. 5–11.
24. Литвиненко М.А. Реалізація потенціалу пшеничного поля. Насінництво. 2011. № 6. С. 1–7.
25. Криворученко Р.В. Структурно-функціональна організація системи донорно-акцепторних відносин у генотипів пшениці різного походження. Вісник ХНАУ. 2013. № 2(29). С. 72–82.
26. Гуменюк О.В. Створення вихідного селекційного матеріалу озимої пшениці з використанням світової колекції: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.06. Київ, 2016. 25 с.
27. Орлюк А.П. Генетика пшениці з основами селекції: монографія. Херсон: Айлант, 2012. 436 с.
28. Ларченко К.А., Моргун Б.В. Ознаки якості зерна пшениці та методи їх поліпшення. Физиология и биохимия культурных растений. 2010. Т. 42. № 6. С. 463–474.
29. Лозінський М.В., Устинова Г.Л. Успадкування в F_1 і трансгресивна мінливість в F_2 довжини головного колосу за схрещування різних за скоростиглістю сортів пшениці м'якої озимої. Агробіологія. 2020. № 2. С. 70–78.
30. Орлюк А.П., Гончарова К.В. Адаптивний і продуктивний потенціал пшениці: монографія. Херсон: Айлант, 2002. 276 с.
31. 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.
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. No 39. P. 3.
3. Lozinskiy, M., Burdenyuk-Tarasevych, L., Grabovskyi, 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. Vol. 19 (2), pp. 540–551. DOI: 10.1515/ar.21.071.
4. Nazarenko, M., Mykolenko, S., Okhmat, P. (2020). Variation in grain productivity and quality of modern winter wheat varieties in northern Ukrainian Steppe. Ukrainian Journal of Ecology. 10 (4), pp. 102–108. DOI: 10.15421/2020_175
5. Dura, S., Mahmud, A. (2013). Detection of molecular markers associated with yield and yield components in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum Desf.) under drought conditions Crop Pasture Sci. Vol. 64, pp. 957–964.
6. Giuliani, M.M., Pompa, M., Giuzio, L. (2014). Analysis of gluten proteins composition during grain filling in two durum wheat cultivars submitted to two water regoms. Ital. J. Agron. Vol. 90 (1), pp. 15–19.
7. Liubych, V.V. (2017). Produktivnist sortiv i linii pshenyts zalezhno vid abiotychnykh i biotychnykh chynnykiv [Productivity of wheat varieties and lines depending on abiotic and biotic factors]. Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria [Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region]. no. 95, pp. 146–161.
8. Juraev, D.T., Amanov, O.A., Dilmurodov, S.D., Meyliev, A.K., Boysunov, N.B., Kayumov, N.S., Ergashev, Z.B. (2021). Heritability of Valuable Economic Traits in the Hybrid Generations of Bread Wheat. Annals of the Romanian Society for Cell Biology. pp. 2008–2019.
9. Lytvynenko, M.A. (2010). Realizatsiia heneitychnoho potentsialu. Problemy produktyvnosti ta yakosti zerna suchasnykh sortiv ozymoi pshenytsi [Realization of genetic potential. Problems of productivity and grain quality of modern winter wheat varieties]. Nasinnystvo [Seed production]. no. 6, pp. 1–6.
10. Bazalii, V.V., Bazalii, H.H., Marchenko, O.V. (2006). Osoblyvosti formuvannia i kharakter minlyvosti oznak produktyvnosti ozymoi pshenytsi za riznykh umov vyroshchuvannia [Peculiarities of formation and character of variability of winter wheat productivity traits under different growing conditions]. Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmv [Factors of experimental evolution of organisms]. no. 3, pp. 174–176.
11. Lozinskiy, M.V., Varnava, N.S. (2010). Determinatsiia kilkosti koloskiv holovnoho kolosu retsyproknymy hibrydamy pshenytsi ozymoi [Determination of the number of spikelets of the main ear by reciprocal hybrids of winter wheat]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no. 4 (80), pp. 69–72.
12. Mazur, O.V., Mazur, O.V., Lozinskiy, M.V. (2020). Seleksiia ta nasinnystvo polovykh kultur: navch. posib. [Selection and seed production of field crops]. Vinnytsia, TVORY, 348 p.
13. Dubovyk, N.S., Humeniuk, O.V., Kyrlyenko, V.V., Volohdina, H.B. (2018). Uspadkuvannia elementiv produktyvnosti ta yikh transhresyvna minlyvist u hibrydiv pshenytsi miakoi ozymoi, stvorenykh skhreshchuvanniam sortiv-nosiiv pshenychno-zhytnikh translokatsii [Inheritance of productivity elements

REFERENCES

1. Burdeniuk-Tarasevych, L.A., Lozinskiy, M.V., Dubova, O.A. (2015). Osoblyvosti formuvannia dovzhyny stebly u selektsiinykh nomeriv pshenytsi ozymoi zalezhno vid yikh henotypiv ta umov vyroshchuvannia [Peculiarities of stem length formation in selection numbers of winter wheat depending on their genotypes and growing conditions]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no. 1, pp. 11–15.
2. Egamov, I.U., Siddikov, R.I., Rakhimov, T.A., Yusupov, N.K. (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.

and their transgressive variability in soft winter wheat hybrids created by crossing varieties carrying wheat-rye translocations]. *Myronivskyi visnyk* [Myronivsky herald]. no. 7, pp. 26–38.

14. Vlasenko, V.A., Bakumenko, O.M. (2017). *Henetychna otsinka elementiv produktyvnosti hibrydiv F_1 , F_2 pshenytsi miakoi ozymoi, stvorenykh za uchasti nosiiv introhresovanykh komponentiv* [Genetic evaluation of elements of productivity of hybrids F_1 , F_2 of soft winter wheat, created with the participation of carriers of introgressed components]. *Myronivskyi visnyk* [Myronivsky herald]. no. 4, pp. 88–101.

15. Bazalii, V., Domaratskyi, E., Boichuk, I., Teteruk, O., Kozlova, O., Bazalii, H. (2020). *Henetychnyi kontrol i rekombinatsiia oznak stiikosti do vyliahannia u hibrydiv pshenytsi ozymoi za riznykh umov vyroshchuvannia* [Genetic control and recombination of lodging resistance traits in winter wheat hybrids under different growing conditions]. *Ahrarni innovatsii* [Agrarian innovations]. no. 4, pp. 87–93.

16. Pankova, O.V., Puzik, V.K., Lysychenko, M.L. (2021). *Vplyv elektromahnitnoho vyprominiuvannia na roslyny: monohrafiia* [Influence of electromagnetic radiation on plants]. Kharkiv, Planeta-Print, 159 p.

17. Khomenko, S.O., Solona, V.Y., Zvarun, T.V. (2011). *Osoblyvosti selektsii pshenytsi yaroï v umovakh Lisostepu Ukrainy* [Peculiarities of spring wheat selection in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine]. *Selektsiia i nasinnystvo* [Breeding and seed production]. no. 100, pp. 181–191.

18. Boroevych, S. (1984). *Pryntsypy y metody selektsyy rastenyi* [Principles and methods of selection of plants]. Kolos, 344 p.

19. Buhaiov, V.D., Vasylykivskyi, S.P., Vlasenko, V.A. (2010). *Spetsialna selektsiia polovykh kultur: navchalnyi posibnyk* [Special selection of field crops]. Bila Tserkva, 368 p.

20. Lytvynenko, M.A., Volkodav, V.V. (2005). *Naukovi osnovy formuvannia sortovoho skladu zernovykh kultur v Ukraini* [Scientific basis of formation of varietal composition of grain crops in Ukraine]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn* [Varietal research and protection of rights to plant varieties]. no. 1, pp. 28–36.

21. Vasylykivskyi, S.P., Kochmarskyi, V.S. (2016). *Selektsiia i nasinnystvo polovykh kultur: pidruchnyk* [Breeding and seed production of field crops]. Bila Tserkva, Myronivska printing house, 376 p.

22. Lyfenko, S., Nakonechnyi, M., Narhan, T. (2021). *Osoblyvosti selektsii sortiv pshenytsi miakoi ozymoi stepovoho ekotypu u zviazku zi zminamy klimatu v umovakh pivdnia Ukrainy* [Peculiarities of selection of soft winter wheat varieties of the steppe ecotype in connection with climate changes in southern Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Herald of Agrarian Science]. no. 99 (3), pp. 53–62.

23. Bazalii, H., Usyk, L., Zhupyna, A., Lavrynenko, Yu. (2020). *Uspadkuvannia stiikosti do fitopatoheniiv hibrydamy pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh zroshennia pivdnia Ukrainy* [Inheritance of resistance to phytopathogens by hybrids of soft winter wheat under irrigation conditions of southern Ukraine]. *Ahrarni innovatsii* [Agrarian innovations]. no. 2, pp. 5–11.

24. Lytvynenko, M.A. (2011). *Realizatsiia potentsialu pshenychnoho polia* [Realization of the potential of a wheat field]. *Nasinnystvo* [Seed production]. no. 6, pp. 1–7.

25. Kryvoruchenko, R.V. (2013). *Strukturno-funktsionalna orhanizatsiia systemy donorno-aktseptornykh vidnosyn u henotypiv pshenytsi riznoho pokhodzhennia* [Structural and functional organization of the system of donor-acceptor relations in wheat genotypes of different origins]. *Visnyk KhNAU* [KHNAU Bulletin]. no. 2 (29), pp. 72–82.

26. Humeniuk, O.V. (2016). *Stvorennja vyhidnogo selekciynogo materialu ozymoi' pshenytsi z vykorystannjam svitovoi' kolekcii'*: avtoref. dys ... kand. s.-g. nauk: 06.01.06 [Creation of initial selection material of winter wheat using the world collection: abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences: 06.01.06.]. Kyiv, 25 p.

27. Orliuk, A.P. (2012). *Henetyka pshenytsi z osnovamy selektsii: monohrafiia* [Genetics of wheat with those of selection]. Kherson, Ailant, 436 p.

28. Larchenko, K.A., Morhun, B.V. (2010). *Oznaky yakosti zerna pshenytsi ta metody yikh polipshennia* [Signs of wheat grain quality and methods of their improvement]. *Fyzyolohiia y byokhymia kulturnykh rastenyi* [Physiology and biochemistry of cultivated plants]. Vol. 42 (6), pp. 463–474.

29. Lozinskyi, M.V., Ustynova, H.L. (2020). *Uspadkuvannia v F_1 i transhresyvnna minlyvist v F_2 dovzhyny holovnoho kolosu za skhreshchuvannia riznykh za skorostyhlishtiuv sortiv pshenytsi miakoi ozymoi* [Inheritance in F_1 and transgressive variability in F_2 of the length of the main spike in crosses of varieties of soft winter wheat with different precocity]. *Ahrobiologhiia* [Agrobiology]. no. 2, pp. 70–78.

30. Orliuk, A.P., Honcharova, K.V. (2002). *Adaptyvnyi i produktyvnyi potentsial pshenytsi: monohrafiia* [Adaptive and productive potential of wheat]. Kherson, Ailant, 276 p.

31. Volkodav, V.V. (2003). *Metodyka derzhavnoho vyprovuvannia sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini: zah. chast* [Methodology of state testing of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine]. *Okhorona prav na sorty roslyn: ofitsiyni biuleten* [Protection of plant variety rights]. Kyiv, Alefa, Vol. 1 (3), 106 p.

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 p.

Features of inheritance of grains number of the main ear of soft winter wheat during hybridization of forest-steppe, steppe and western European ecotypes

Lozinskyi M., Samoilyk M.

The article presents the results of research on the features inheritance of the number of grains of the main ear in F_1 by hybridization of varieties soft winter wheat of various ecotypes.

The purpose of the research was to establish the formation of grains number in the main ear of parental forms and hybrids of the first generation for determination of the degree of phenotypic dominance and the inheritance type in F_1 by reciprocal crosses of wheat varieties of soft winter forest-steppe, steppe and western European ecotypes. During 2022–2023 the research was conducted in the conditions of the experimental field of the educational and production center of Bila Tserkva National Agrarian University. We studied 30 hybrid combinations created by varieties hybridization: «Zorepad bilotserkivskyi», «Kvitka poliv» – forest-steppe ecotype; «Lastivka odes'ka», «Znahidka odes'ka» – steppe ecotype; «Mulan», «Fidelius» – western European ecotype.

High indicators of the number of grains (55.4–74.2 pcs.) in 2022 the following hybrids were formed: ♀ «Kvitka poliv» / ♂ «Zorepad bilotserkivskyi»; «Zorepad bilotserkivskyi» ↔ «Lastivka odes'ka»; «Zorepad bilotserkivskyi» ↔ «Znahidka odes'ka»; «Zorepad bilotserkivskyi» ↔ «Fidelius»; «Znahidka odes'ka» ↔ «Fidelius»; «Lastivka odes'ka» ↔

«Fidelius». In 2023 in terms of the grains number (51.8–64.9 pcs.) the best hybrids were the following: ♀ «Zorepad bilotserkivskyi» / ♂ «Kvitka poliv»; «Kvitka poliv» ↔ «Lastivka odes'ka»; ♀ «Znahidka odes'ka» / ♂ «Mulan»; ♀ «Znahidka odes'ka» ↔ «Fidelius»; ♀ «Lastivka odes'ka» / ♂ «Mulan».

Positive overdominance in 2022–2023 was found in 19 out of 30 crossbreeding combinations, among which, based on the high stable manifestation of the grains number in the main ear, the following varieties stood out: «Kvitka poliv» ↔ «Lastivka odes'ka»; «Zorepad bilotserkivskyi» ↔ «Fidelius»; «Znahidka odes'ka» ↔ «Fidelius»; «Znahidka odes'ka» ↔ «Mulan»; «Mulan» ↔ «Fidelius». Thus, high rates of grains number were formed in F_1 , obtained by reciprocal crosses: forest-steppe ecotype with steppe, forest-steppe with western European, steppe with western European, western European with western European.

Key words: soft winter wheat, variety, parental forms, hybrids, number of grains number in main ear, inheritance type.



Copyright: Лозінський М.В., Самойлик М.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:

Лозінський М.В.

Самойлик М.О.

<https://orcid.org/0000-0002-6078-3209>

<https://orcid.org/0000-0001-8576-5368>

УДК 631.527: 633.491: 631.558 (477.83)

Вивчення гібридного потомства картоплі за проявом кількісних і якісних ознак

Писаренко Н.В.¹ , Сидорчук В.І.¹ , Захарчук Н.А.² , Фурдига М.М.² 

¹ Поліське дослідне відділення ІК НААН України

² Інститут картоплярства НААН України

 vs_potato@meta.ua



Писаренко Н.В., Сидорчук В.І., Захарчук Н.А., Фурдига М.М. Вивчення гібридного потомства картоплі за проявом кількісних і якісних ознак. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 88–99.

Pysarenko N., Sydoruk V., Zakharchuk N., Furdyha M. Study of hybrid potato offspring based on the manifestation of quantitative and qualitative traits. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 88–99.

Рукопис отримано: 11.09.2023 р.

Прийнято: 26.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-88-99

Основний напрям селекційної роботи установи – це створення високопродуктивних сортів картоплі на основі якісного селекційного вихідного матеріалу, який характеризується вищим проявом господарсько цінних ознак та стабільністю їх вираження незалежно від зовнішніх умов. Метою досліджень є вивчення особливостей прояву господарсько цінних ознак в гібридних комбінаціях, створених від міжсортного схрещування з наступним відбором цінних генотипів для покращення селективних ознак в нових перспективних сортах картоплі. У дослідженнях використано польові, лабораторні, вимірювально-ваговий, органолептичні, математично-статистичні методи. Дослідження проведені в 2020–2022 рр. в умовах Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН України згідно із загальноприйнятими методиками у картоплярстві. Предметом досліджень використано міжсортні гібриди, створені за участю кращих вітчизняних сортів. За результатами досліджень виявлено, що отримання високопродуктивного потомства спостерігається за поєднання у схрещуванні батьківських форм за стиглістю: ранній/середньоранній, надранній/ранній, середньостиглий/середньоранній, середньостиглий/надранній і середньоранній/ранній. Виявлено значний потенціал в окремих генотипах комбінацій, що демонструють перевищення врожайності у 2–2,5 рази до батьківської форми. Виділено комбінації, в яких спостерігається зростання у 1,5–2 рази середньої маси бульб, порівняно з сортом. Водночас зазначимо, що 100 % частка генотипів у комбінаціях у перевазі до батьківської форми становить за: продуктивністю 48 %, середньою масою бульб 13 %, вмістом крохмалю 13 % і смаковими якостями 22 %. Із 23 досліджуваних комбінацій 10 проявило низький вміст крохмалю на рівні 14,3–16,0 % та 13 варіантів із середнім у межах від 16,1 до 18,0 %. За результатами досліджень виділено гібридні комбінації: Взірець/Світана, Вектар/Взірець, Світана/Межирічка 11 та Богач/Вігода, в яких наявні форми з високим вмістом крохмалю 20,1–20,6 %. Визначено, що за смаковими якостями частка потомства з позитивним зростанням ознаки до батьківської форми становить 87 %. Виділено найбільш результативні комбінації з найвищим дегустаційним балом. Виявлено, що у досліджуваного потомства між урожайністю та середньою масою бульб спостерігається позитивно висока й середня кореляційна залежність.

Ключові слова: картопля, селекція, сорт, потомство, тип схрещування, стиглість, урожайність, середня маса бульби, вміст крохмалю, смакові якості, коефіцієнт кореляції.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Картопля є найважливішою продовольчою (із незернових) культурою в світі, яка загалом є нежирною та корисною їжею, що збагачує раціон людини важливими поживними речовинами [1]. Бульби картоплі містять значну кількість вуглеводів, вітаміну С, незамінних амінокислот і мінеральних речовин. Якість картоплі визначається: біологічними властивостями (наприклад, білки, вуглеводи та мінеральні речовини); сенсорними ознаками (такі як смакові якості, текстура); промисловими ознаками (форма бульби, вміст редуруючих цукрів, сухих речовин та якість крохмалю). Оскільки більшість господарсько цінних ознак контролюється генетично, селекційна робота може забезпечити високу якість бульб картоплі та задовольнити потреби мінливого й вимогливого світу [2]. Для отримання нових конкурентоспроможних сортів картоплі селекційні дослідження з картоплярства спрямовані до безперервного пошуку нових генів і алельного різноманіття в генофонді *Solanum tuberosum* [3].

Традиційна селекція картоплі передбачає схрещування гетерозиготних тетраплоїдних клонів [4] і отримання насіння, що містить нові комбінації алелів, які можуть бути кращі за батьківські форми [5]. Найважливішим рішенням для селекціонера картоплі є те, яких батьків використовувати в схрещуваннях. Складність полягає в тому, що кожна ознака або властивість батьківських організмів не передається безпосередньо їхнім нащадкам. В гібридному організмі по-різному поєднуються ознаки і властивості батьківських форм, їх можна рекомбінувати у кожному генотипі окремо [6]. Ґрунтуючись на багаторічному досвіді, вчені обирають батьківські форми, які сприяють отриманню бажаного потомства. Прогноз батьківської цінності можна отримати за допомогою візуального оцінювання бульб кількох комбінацій, що створені за участі цих батьківських форм [7, 8]. Окрім конкретних батьківських комбінацій, частка бажаних фенотипів у гібридному потомстві залежить від типу схрещування, що оцінюється [9]. Найчастіше в селекційній практиці використовують схрещування всередині одного виду *S. tuberosum* [10]. Проте, вирішити численні проблеми у картоплярстві вдалося завдяки поширенню міжвидової гібридизації, що дозволило значно розширити генофонд картоплі, зокрема створити різноманіття вихідного селекційного матеріалу [11]. Зауважимо, що значна кількість вітчизняних сортів, які на сьогодні занесені до Реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні, певною мірою є між-

видовими гібридами: Дніпрянка, Подолянка, Околиця, Скарбниця, Щедрик, Слаута, Княгиня, Мирослава, Фотинія, Солоха, Хортиця, Медя, Містерія, Марфуша та ін. [12].

Генотип рослини картоплі досить пластичний (мінливий у середовищі) щодо низки ознак, які цікавлять селекціонерів. Вплив зовнішнього середовища на такі ознаки як врожайність, кількість бульб, маса бульби, питома вага та якість ознак, є проблемою, яку важко подолати [3, 13, 14]. Це потребує тестування гібридів впродовж декількох років [15]. Потомство різних батьківських форм відрізняється за основними господарсько цінними ознаками і проявляється у вигляді варіаційного ряду, ліміти якого виходять за межі вираження показника у компонентів схрещування [16, 17]. Процес гібридизації сприяє отриманню гетерозисного потомства, що позитивно впливає в подальшому на підвищення продуктивності нових сортів картоплі [16].

З огляду на зазначене, вегетативний спосіб розмноження сортів картоплі дозволяє зберегти гетерозисний ефект у поколіннях, проте отримати форми з високим його проявом досить складно. Тому, важливо мати високоякісний вихідний матеріал з широкою генотиповою мінливістю за основними цінними господарськими ознаками.

Мета досліджень – дослідити особливості прояву цінних господарських ознак в перспективному гібридному потомстві картоплі з наступним відбором господарсько цінних генотипів для покращення селективних ознак у нових перспективних сортах картоплі.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено у польовій сівозміні лабораторії селекції картоплі Поліського дослідного відділення, впродовж 2020–2022 рр. Земельна ділянка, на якій проводили польові досліді, знаходиться в зоні Полісся й характеризується дерново-слабопідзолистими та глинисто-піщаними ґрунтами, сформованими за участі піску чи глинистого піску. Як одну із батьківських форм використано сорти української селекції: ранні – Взірець, Радомисль, Світана, Вигода, Бажана; середньоранні – Фанатка, Нагорода, Левада, Межирічка 11, Партнер; середньостиглий – Альянс та 23 гібридні комбінації, які отримано від різних типів схрещування за групою стиглості сортів (табл. 1).

Оцінено 215 перспективних вихідних форм основних селекційних розсадників. Дослідження проводили в лабораторних й польових умовах згідно з методичними підходами, які використовують у міжнародній практиці відповідно до вимог ISO та методик наведених у книзі «Картоплярство: методика дослідної справи» [18].

Таблиця 1 – Тип схрещувань за стиглістю у досліджуваних комбінаціях картоплі

№ комбінації	Походження комбінації		Тип схрещування	
	♀	♂		
19.16	Взірець	Світана	надранній	ранній
19.15	Радомисль	Світана		
19.76	Радомисль	Bellarossa		
19.82	Палац	Взірець	ранній	надранній
19.83	Богач	Вигода	ранній	ранній
19.13	Вигода	Світана		
20.84	П.09.88/1	Бажана		
19.12	Світана	Межирічка 11	ранній	середньоранній
19.33	Світана	Роставиця	ранній	середньостиглий
17.19	П.13.54-2	Взірець	середньоранній	надранній
19.18	П.10.10/35	Світана	середньоранній	ранній
19.30	Межирічка 11	Сонцедар	середньоранній	середньоранній
19.47	Фанатка	Джавеліна	середньоранній	середньостиглий
19.34	Нагорода	Роставиця		
19.32	Левада	Роставиця		
19.26	10.10/35	Альянс		
19.54	Межирічка 11	Дорогинь	середньоранній	середньопізній
17.29	Вектар	Взірець	середньостиглий	надранній
17.38	Вектар	Радомисль		
19.52	Альянс	Вигода	середньостиглий	ранній
19.11	Джавеліна	Партнер	середньостиглий	середньоранній
19.81	Іванківська рання	Альянс	середньостиглий	середньостиглий
18.75	Чарунка	Альянс		

Примітка: ♀ – материнська форма, ♂ – батьківська форма.

Садіння бульбового покоління здійснено у першій декаді травня. Вага бульб 35–45 г. Схема посадки 0,35х0,70 см. Кількість кущів у дворядкових ділянках 40 шт. Густота рослин 40,8 тис. шт./га. Облік загального врожаю визначали ваговим методом, зазначаючи структуру врожаю й товарність. Вміст крохмалю (відсоток крохмалю) визначали відбираючи неущкожені бульби середнього розміру в дворядовій повторюваності, використовуючи принцип зважування зануренням на основі питомої ваги [19]. Питому вагу визначали за контрольованої температури води 17,5 °С:

вага у воді × (вага у повітрі – вага у воді).

Загальна вага проби становила 5,0 кг. Принцип зважування зануренням використовують у стандартизованих гідростатичних вагах Реймана-Парова згідно з Eckert (1975) [20]. Доведено, що наявна стійка кореляція між питомою вагою бульб картоплі та вмістом крохмалю, а принцип зважування зануренням є загальноприйнятим методом для визначення вмісту крохмалю [21, 22]. Для визначення смакових якостей відбирали 5–10 середніх за розміром здорових бульб. Бульби кожного сорту варили в окремому посуді, доки в них вільно не входила

виделка. Зразки оцінювали в гарячому вигляді без приправ та додаткових ароматизаторів. Смакові якості оцінювали органолептичним методом за 9-бальною шкалою, де 9 – найвище вираження ознаки [23].

Експериментальні дані обробляли на комп'ютері з використанням програми «Microsoft Excel».

Результати дослідження та обговорення.

У результаті проведеного аналізу щодо прояву кількісних й якісних показників у потомстві картоплі, отриманого від схрещування батьківських форм різних типів стиглості встановлено, що найвище значення врожайності (>23,0 т/га, 1–5 ранг) отримано у разі залучення в гібридизацію наступних комбінацій: середньоранній/надранній, середньостиглий/середньостиглий, середньоранній/середньопізній, надранній/ранній і надранній/ранній. Схрещування: ранній/середньоранній, середньостиглий/ранній, середньостиглий/середньоранній, надранній/ранній і ранній/середньостиглий. Це сприяло формуванню потомства з вищим показником середньої маси бульб, а саме 81; 82; 83; 85 і 100 г та ранговою оцінкою від 1 до 5. Встановлено, що нащадки з підвищеним вмістом крохмалю

(>16,0 %) у досліджуваних комбінаціях отримано за типу схрещування: ранній/надранній (16,5 %), ранній/ранній (16,6 %), ранній/середньоранній (17,1 %), середньоранній/ранній (17,1 %), середньостиглий/середньоранній (17,1 %), середньостиглий/надранній (17,2 %). Високий прояв смакових якостей ($\geq 8,5$ бали) демонструє потомство від поєднання в гібридизації батьківських форм: середньоранній/середньоранній, середньостиглий/надранній, середньоранній/ранній і ранній/середньоранній. Загальна рангова оцінка чотирьох досліджуваних параметрів господарських ознак свідчить про ефективність отримання високопродуктивного потомства (ранг від 1 до 5) за участю в гібридизації батьківських форм зі стиглістю: ранній/середньоранній, надранній/ранній, середньостиглий/середньоранній, середньостиглий/надранній і середньоранній/ранній (табл. 2).

За детального аналізу особливостей прояву окремих показників господарсько цінних ознак у досліджуваних гібридних комбінаціях картоплі виявлено наступне: у переважній більшості отриманого потомства спостеріга-

ється позитивне зростання середнього показника врожайності та середньої маси бульби, порівняно з батьківськими формами (табл. 3).

Окремі генотипи з комбінацій демонструють перевищення урожайності у 2–2,5 рази до батьківської форми. Зокрема, 48 % гібридних популяцій характеризуються 100 % наявністю перспективних форм, що переважають за продуктивністю сорт. Найвище значення показника продуктивності визначено у варіантах схрещувань: П.13.54-2/Взірець (35,9), Іванківська рання/Альянс (36,3), П.10.10/35/Альянс (41,4), П.09.88/1/Бажана (42,1), Радомисль/Світана (43,0 т/га). Зростання в 1,5–2 рази середньої маси бульб до батьківської форми відзначено у генотипах комбінацій: П.13.54-2/Взірець (114), Радомисль/Світана (116), Фанатка/Джавеліна (116), П.09.88/1/Бажана (116), Іванківська рання/Альянс (125), Альянс/Вигода (128), Радомисль/Bellarossa (132), Вигода/Світана (135), Візірець/Світана (139), Світана/Роста-виця (143 г). Лише 13 % гібридних комбінацій показали стовідсоткову частку генотипів з вищим проявом до сорту за середньою масою бульб.

Таблиця 2 – Прояв середнього показника господарсько цінних ознак у потомстві залежно від типу схрещування за стиглістю (2020–2022 рр.)

Тип схрещування	Середнє значення ознак / ранг (Р)								Загальний ранг, Р
	урожайність		маса бульб		вміст крохмалю		смакові якості		
	т/га	Р	г	Р	%	Р	бал	Р	
Надранній/ранній	24,3	2	85	2	16,0	7	8,3	7	2
Ранній/надранній	19	13	67	12	16,5	6	8,4	5	11
Ранній/ранній	21,1	9	74	8	16,6	5	8,4	5	6
Ранній/середньоранній	25,4	1	81	5	17,1	2	8,6	1	1
Ранній/середньостиглий	21,9	7	100	1	15,2	12	8,1	13	10
Середньоранній/надранній	23,7	5	73	9	15,1	13	8,2	10	13
Середньоранній/ранній	18,8	14	73	9	17,1	2	8,6	1	5
Середньоранній/середньоранній	23,1	6	65	13	15,9	8	8,5	3	7
Середньоранній/середньостиглий	20,3	11	76	7	15,9	8	8,2	10	11
Середньоранній/середньопізній	24,2	3	70	11	15,7	10	8,3	7	8
Середньостиглий/надранній	21,6	8	65	13	17,2	1	8,5	3	4
Середньостиглий/ранній	19,2	12	82	4	14,3	14	8,1	13	14
Середньостиглий/середньоранній	21,1	9	83	3	17,1	2	8,3	7	3
Середньостиглий/середньостиглий	23,9	4	80	6	15,6	11	8,2	10	8

Таблиця 3 – Особливості прояву кількісних ознак у гібридних комбінаціях картоплі, порівняно з батьківською формою (середнє 2020–2022 рр.)

Походження комбінації/ батьківська форма	Урожайність, т/га				Середня маса бульби, г			
	Min-max	X, середнє	+/- до батьківської форми	% генотипів > батьківської форми	Min-max	X, середнє	+/- до батьківської форми	% генотипів > батьківської форми
Палац/Взірець*	13,2–27,8	19,0	+4,1	83	43–100	67	+16	92
Взірець*/Світана	17,0–30,7	24,2	+9,3	100	56–139	81	+30	100
П.13.54-2/Взірець*	16,8–35,9	23,7	+8,8	100	50–114	73	+14	92
Вектар/Взірець*	18,3–33,7	23,4	+8,5	100	50–78	65	+14	83
Взірець*	14,9				51			
Радомисль*/Світана	13,3–43,0	25,4	+10	96	47–116	81	+19	75
Вектар/Радомисль*	11,4–26,0	19,8	+4,4	79	49–108	64	+2	42
Радомисль*/Bellarossa	17,8–31,9	23,4	+8	100	60–132	92	+30	71
Радомисль*	15,4				62			
Світана*/Роста́вця	18,2–28,7	21,9	+2,7	62	59–143	100	+3	62
Світана*/Межирічка 11	19,2–32,8	25,4	+6,2	83	61–104	81	–18	17
П.10.10/35/Світана*	14,8–26,9	18,8	–0,4	25	56–102	73	–24	37
Світана*	19,2				97			
Альянс/Вигода*	11,9–30,8	19,2	+5,1	70	50–128	82	+14	40
Бога́ч/Вигода*	12,3–17,6	16,4	+2,3	60	51–81	63	–5	40
Вигода*/Світана	17,6–27,7	22,4	+8,3	100	58–135	78	+10	33
Вигода*	14,1				68			
Фанатка*/Джавелі́на	7,2–23,2	14,0	–3,8	23	36–116	75	+6	35
Фанатка*	17,8				69			
П.09.88/1/Бажа́на*	13,5–42,1	24,4	+11,6	100	59–116	82	+14	60
Бажа́на*	12,8				68			
Нагоро́да*/Роста́вця	11,8–28,4	20,4	+9,3	100	54–87	74	+7	50
Нагоро́да*	11,1				81			
Лева́да*/Роста́вця	13–31,4	23,9	+16,1	100	65–109	86	+37	100
Лева́да*	7,8				49			
Межирічка11*/Сонцедар	15,8–33,0	23,1	+8,4	100	50–89	65	+3	45
Межирічка11*/Дороги́нь	17,6–34,7	24,2	+9,5	100	56–93	70	+8	71
Межирічка 11*	14,7				62			
Джавелі́на/Партнер*	15,6–25,2	21,1	+5,3	75	72–96	83	+16	100
Партнер*	15,8				67			
П.10.10/35/Алья́нс*	13,2–41,4	22,9	+7,1	71	56–91	68	+1	43
Іва́нківська рання/Алья́нс*	18,2–36,3	28,3	+12,5	100	57–125	88	+21	62
Ча́рунка/Алья́нс*	14,4–26,9	19,5	+3,7	60	52–94	71	+4	40
Алья́нс*	15,8				67			

Примітка: *батьківська форма.

За середнім показником врожайності сорту Взірець – 14,9 т/га й середньою масою бульб 51 г перевищення у генотипів картоплі, створених за участі цього сорту становить:

- Палац/Взірець, відповідно – на 4,1 т/га (83 % нащадків проявили вище значення продуктивності) і на 16 г (92 % генотипів за масою бульб);

- Вектар/Взірець – на 8,5 т/га (100 % зразків) і 14 (83 % гібридів);

- Взірець/Світана – на 9,3 т/га (100 %) і 30 г (100 %);

- П.13.54-2/Взірець – на 8,8 т/га (100 %) та 14 г (92 % генотипів проявили вище значення до батьківської форми).

Комбінації: Вектар/Радомисль, Радомисль/Bellarossa, Радомисль/Світана демонструють позитивне значення середнього показники до сорту Радомисль (15,4 т/га і 62 г) на 4,4 т/га (79 % генотипів перевищили батьківську форму за врожайністю) і 2 г (42 % зразків за середньою масою бульби); 8,0 т/га (100 %) і 30 г (71 %); 10,0 т/га (96 %) та 19 г (75 %).

Встановлено, що вище значення середнього показника за обома підрахованими параметрами (врожайності та середньої маси бульби) до батьківської форми Світана (19,2 т/га і 97 г) спостерігали у генотипів комбінації Світана/Ростаविця на 2,7 т/га (перевага в 62 % генотипів) і 3 г (62 %). У варіанті схрещування Світана/Межирічка 11 позитивне значення виявлено лише за продуктивністю на 6,2 т/га (83 % зразків). Гібридне потомство з походженням П.10.10/35/Світана характеризувалося негативним значенням досліджуваних показників у порівнянні до батьківської форми.

Серед наступних досліджуваних комбінацій спостерігали позитивне зростання ознак до сорту Вигода (14,1 т/га і 68 г), а саме: Альянс/Вигода вища середня урожайність на 5,1 т/га (70 % генотипів) і середня маса бульб 14 г (40 % гібридів); Вигода/Світана – на 8,3 т/га (100 %) та 10 г (33 %); Богач/Вигода – на 2,3 т/га (60 %) та зниження за середньою масою бульб на 5 г.

Потомство від варіанта схрещувань Фанатка/Джавеліна, отримане за участю однієї з батьківських форм Фанатка (17,8 т/га і 69 г) поступилося за середнім значенням врожайності на 3,8 т/га (лише в 23 % генотипів спостерігали перевищення показника до батьківської форми), проте вони характеризувалися вищою ознакою за масою бульб на 6 г (у 35 % сортозразків). Тимчасом нащадки комбінації П.09.88/1/Бажана перевищили за продуктивністю сорт Бажана (12,8 т/га і 68 г) на 11,6 т/га (100 %) та середньою масою бульб на 14 г (в 60 % селекційних форм).

Визначено, що середнє значення вивчених показників продуктивності сорту Межирічка 11 становить 14,7 т/га і 62 г, тимчасом у потомстві комбінацій, отриманих за його участі спостерігається позитивне зростання ознак урожайності й маси бульб на: в Межирічка 11/Сонцедар – 8,4 т/га (100 % генотипів) і 3 г (45 %) та Межирічка 11/Дорогинь – до 9,5 т/га (100 %) і 8 г (71 % форм).

Отримані нащадки від варіантів схрещувань: Чарунка/Альянс, П.10.10/35/Альянс, Іванківська рання/Альянс переважали за середнім значенням кількісних ознак батьківську форму Альянс (15,8 т/га; 67 г) відповідно за урожайністю на: 3,7 т/га (60 %); 7,1 т/га (71 %); 12,5 т/га (100 % генотипів) та середньою масою бульб – 4 г (40 %); 1 г (43 %); 21 г (62 % сортозразків).

Зазначимо, що потомство комбінації Нагорода/Ростаविця характеризувалося вищим позитивним значенням за врожайністю на 9,3 т/га (100 % генотипів), порівняно до сорту Нагорода (11,1 т/га; 81 г) та зниженням середньої маси бульб на 7 г.

Високий прояв продуктивності (приріст до 16,1 т/га (100 %)) мали генотипи комбінації Левада/Ростаविця до батьківської форми Левада (7,8 т/га; 49 г) та значне підвищення маси бульб на 37 г (в 100 % сортозразків).

У варіанті схрещування Джавеліна/Партнер відмічено вищий позитивний середній показник за врожайністю на 5,3 т/га (75 % зразків) й масою бульб на 16 г (100 %), порівняно до сорту Партнер (15,8 т/га; 67 г).

У результаті вивчення гібридного потомства за вмістом крохмалю виявлено, що з 23-х досліджуваних комбінацій 10 характеризувались низьким вмістом на рівні 14,3–16,0 % та 13 варіантів – середнім у межах від 16,1 до 18,0 %. Серед 11-ти оцінених батьківських форм лише сорти Левада, Взірець й Бажана продемонстрували підвищений вміст крохмалю на рівні 16,1–17,0 %. Встановлено, що показник 100 % частки генотипів з вищим проявом за цією ознакою до батьківської форми зустрічається серед 13 % досліджуваних популяцій.

За смаковими якостями частка потомства з позитивним зростанням ознаки до батьківської форми становить 87 % (від 0,1 до 1,3 бала). Лише у 22 % комбінацій генотипи проявили найвище значення (100 %), порівняно до сорту. Високим проявом смакових якостей серед батьківських форм характеризувалися сорти: Фанатка (8,1 бал), Бажана (8,1), Вигода (8,2), Партнер (8,2), Левада (8,3) і Межирічка 11 (8,3) (табл. 4).

Таблиця 4 – Прояв якісних ознак у гібридних комбінаціях картоплі, порівняно з батьківською формою (середнє 2020–2022 рр.)

Походження комбінації / батьківська форма	Вміст крохмалю, %				Смакові якості, бал			
	Min-max	X, середнє	+/- до батьківської форми	% генотипів > батьківської форми	Min-max	X, середнє	+/- до батьківської форми	% генотипів > батьківської форми
Палац/Взірець*	14,7–19,5	16,5	+0,1	50	7,7–9	8,4	+0,5	92
Взірець*/Світана	11,2–20,6	16,6	+0,2	43	7,0–9	8,1	+0,2	71
П.13.54-2/Взірець*	12,9–17,0	15,1	-1,3	8	7,5–8,7	8,2	+0,3	83
Вектар/Взірець*	16,4–19,4	18,0	+1,6	83	8,2–9	8,6	+0,7	100
Взірець*	16,4				7,9			
Радомисль*/Світана	10,0–18,9	16,1	+2,2	92	7,2–9	8,4	+0,7	87
Вектар/Радомисль*	12,9–19,4	16,3	+2,4	89	7,9–9	8,4	+0,7	100
Радомисль*/Bellarossa	12,4–18,0	15,2	+1,3	57	7,7–9	8,4	+0,7	86
Радомисль*	13,9				7,7			
Світана*/Роставиця	12–17,3	15,2	+2,8	75	7,7–8,5	8,1	+0,8	100
Світана*/Межирічка 11	13,9–20,6	17,1	+4,9	100	8,2–9	8,6	+1,3	100
П.10.10/35/Світана*	14,9–18,9	17,1	+4,9	100	7,7–9	8,4	+1,1	89
Світана*	12,4				7,3			
Альянс/Вигода*	9,1–17,5	14,3	+0,9	60	7–8,7	8,1	-0,1	20
Богач/Вигода*	11,5–20,1	16,5	+3,1	80	7,8–8,7	8,3	+0,1	40
Вигода*/Світана	14,4–19,5	17,7	+4,3	100	8–8,7	8,4	+0,2	83
Вигода*	13,4				8,2			
Фанатка*/Джавеліна	12,2–18,0	15,6	+1,5	94	7,7–8,7	8,1	0	47
Фанатка*	14,1				8,1			
П.09.88/1/Бажана*	13,9–17,8	15,6	-1,4	8	7,7–8,7	8,3	+0,2	80
Бажана*	17				8,1			
Нагорода*/Роставиця	13,4–17,8	15,2	+0,4	50	7,7–8,8	8,0	+1,1	100
Нагорода*	14,8				6,9			
Левада*/Роставиця	14,4–19,4	16,9	+0,8	67	8,0–9	8,5	+0,2	67
Левада*	16,1				8,3			
Межирічка11*/Сонцедар	12,9–18,6	15,9	+1,0	64	8,0–9	8,5	+0,2	55
Межирічка11*/Дорогинь	12,9–19,3	15,7	+0,8	43	7,7–9	8,3	0	43
Межирічка 11*	14,9				8,3			
Джавеліна/Партнер*	15,4–19,0	17,1	+1,6	75	7,7–8,5	8,3	+0,1	60
Партнер*	15,5				8,2			
П.10.10/35/Альянс*	10,5–18,5	15,8	+1,2	71	7,2–9	8,2	+0,3	86
Іванківська рання/Альянс*	12,9–17,8	16,0	+1,4	87	7,7–9	8,2	+0,3	62
Чарунка/Альянс*	12,9–17,3	15,2	+0,6	80	7,7–9	8,2	+0,3	60
Альянс*	14,6				7,9			

Примітка: *батьківська форма.

Дані таблиці 4 свідчать про те, що в гібридних комбінаціях: Взірець/Світана, Вектар/Взірець, Світана/Межирічка 11, Богач/Вигода виділяються окремі форми з високим вмістом крохмалю 20,1–20,6 %.

Найвищий бал (9) за смаковими якостями проявили гібриди у варіантах схрещування: Палац/Взірець, Взірець/Світана, Вектар/Взірець, Радомисль/Світана, Вектар/Радомисль, Радомисль/Bellarossa, Світана/Межирічка 11, П.10.10/35/Світана, Левада/Роставиця, Межирічка 11/Сонцедар, Межирічка 11/Дорогинь, П.10.10/35/Альянс, Іванківська рання/Альянс і Чарунка/Альянс.

За значним позитивним числовим вираженням оцінених якісних ознак (вміст крохмалю й смакові якості), порівняно з батьківською формою виділили комбінації: Вектар/Взірець (+1,6 %; +0,7 бала), Радомисль/Світана (+2,2; +0,7), Вектар/Радомисль (+2,4; +0,7), Світана/Межирічка 11 (+4,9; +1,3), П.10.10/35/Світана (+4,9; +1,1), Вигода/Світана (+4,3; +0,2), Межирічка 11/Сонцедар (+1,0; +0,2), Іванківська рання/Альянс (+1,4; +0,3) і П.10.10/35/Альянс (+1,2; +0,3).

У результаті проведеного кореляційного аналізу встановлено, що:

- між врожайністю й середньою масою бульби спостерігається висока позитивна пряма залежність серед потомства ($r = +0,706-0,976$): Іванківська рання/Альянс, Радомисль/Світана, Радомисль/Bellarossa, Фанатка/Джавеліна, П.13.54-2/Взірець, Вектар/Взірець, П.10.10/35/Альянс, П.09.88/1/Бажана, Чарунка/Альянс і Нагорода/Роставиця та батьківських форм ($r = +0,679-0,994$): Нагорода, Світана, Фанатка, Взірець, Альянс, Вигода, Межирічка 11, Партнер і Бажана; середня позитивна в гібридних комбінаціях ($r = +0,396-0,587$): Взірець/Світана, Левада/Роставиця, Богач/Вигода, Палац/Взірець, П.10.10/35/Світана, Межирічка 11/Сонцедар, Межирічка 11/Дорогинь, Вигода/Світана (табл. 5);

- між врожайністю й вмістом крохмалю високий позитивний прояв кореляції відмічено лише у потомстві від варіантів схрещувань Вектар / Взірець ($r = +0,698$) і Богач/Вигода ($r = +0,828$); середній позитивний лише в батьківських формах: Левада ($r = +0,451$), Нагорода ($r = +0,481$) і Взірець ($r = +0,510$); середній обернений взаємозв'язок ($r = -0,441-0,594$) простежується у: Фанатка/Джавеліна, Радомисль/Bellarossa, Світана/Межирічка 11, П.09.88/1/Бажана і Іванківська рання/Альянс; сильно обернений: Вигода/Світана ($r = -0,674$) й Джавеліна/Партнер ($r = -0,716$);

- зв'язок між середньою масою бульб й вмістом крохмалю позитивно високий та середній відмічений лише в сортів Нагорода ($r = +0,817$), Фанатка ($r = +0,376$) та нащадках популяції Палац/Взірець ($r = +0,428$). Більшість батьківських форм і гібридних комбінацій характеризувалися обернено низьким кореляційним зв'язком, проте в деяких генотипах спостерігається висока негативна залежність: Альянс/Вигода ($r = -0,718$), Межирічка 11/Дорогинь ($r = -0,751$), Радомисль/Bellarossa ($r = -0,791$), Світана/Роставиця ($r = -0,812$), Світана/Межирічка 11 ($r = -0,876$), Вигода/Світана ($r = -0,898$);

- кореляція між врожайністю та смаковими якостями у переважній більшості селекційного матеріалу спостерігається низька позитивна чи негативна, проте окремі комбінації та батьківські форми демонструють позитивно високу і середню: Богач/Вигода ($r = +0,843$), Чарунка/Альянс ($r = +0,665$), Левада ($r = +0,603$), Взірець ($r = +0,585$), Вигода/Світана ($r = +0,377$), Світана/Межирічка 11 ($r = +0,370$);

- досить складно поєднуються у досліджуваних комбінаціях й сортах ознаки середньої маси бульб зі смаковими якостями. Позитивна середня та висока пряма ($r = +0,541$), Радомисль ($r = +0,553$), Взірець ($r = +0,634$), Богач/Вигода ($r = +0,689$), Межирічка 11/Дорогинь ($r = +0,765$);

- між вмістом крохмалю й смаковими якостями у досліджуваних генотипів картоплі виявлено $\pm$ слабку низьку і середню пряму залежність. Проте, окремі гібридні комбінації та батьківські форми проявили: позитивно середню й високу кореляцію: Межирічка 11 ($r = +0,360$), Богач/Вигода ($r = +0,434$), Партнер ($r = +0,434$), Джавеліна/Партнер ($r = +0,450$), Світана ($r = +0,490$), Фанатка/Джавеліна ($r = +0,554$), Альянс ($r = +0,568$), Левада ($r = +0,614$), Межирічка 11/Сонцедар ($r = +0,667$), П.10.10/35/Альянс ($r = +0,814$), Нагорода ($r = +0,873$); середню обернену: Нагорода/Роставиця ($r = -0,435$), Межирічка 11/Дорогинь ($r = -0,550$) і Чарунка/Альянс ($r = -0,571$).

Висновки. Аналіз узагальненої рангової оцінки чотирьох досліджуваних параметрів господарських ознак свідчить про ефективність отримання високопродуктивного потомства за участю у гібридизації батьківських форм зі стиглістю: ранній/середньоранній, надранній/ранній, середньостиглий/середньоранній, середньостиглий/надранній і середньоранній/ранній.

Таблиця 5 – Кореляційний зв'язок між досліджуваними кількісними й якісними ознаками у потомстві та батьківських формах (2020–2022 рр.)

Комбінація	Кореляційна залежність											
	врожайність і середня маса бульб		врожайність і вміст крохмалю		середня маса бульб і вміст крохмалю		врожайність і смакові якості		середня маса бульб і смакові якості		вміст крохмалю і смакові якості	
	потомство	батьківська форма*	потомство	батьківська форма*	потомство	батьківська форма*	потомство	батьківська форма*	потомство	батьківська форма*	потомство	батьківська форма*
Палац/Взірець*	0,475		-0,026		0,428		-0,158		-0,356		0,003	
Взірець*/Світана	0,396		-0,157	0,510	-0,186		-0,337		-0,149	0,634	-0,127	
13.54-2/Взірець*	0,789		0,126		-0,309	0,269	0,271	0,585	0,309		0,004	0,278
Вектар/Взірець*	0,811		0,698		0,298		-0,801		-0,735		-0,453	
Радомисль*/Світана	0,709		-0,245		-0,200		0,355		0,346		0,258	
Вектар/Радомисль*	0,146	0,292	-0,153	-0,019	-0,216	-0,103	0,355	0,316	0,346	0,553	0,258	0,282
Радомисль*/Велароса	0,729		-0,501		-0,791		-0,412		-0,095		-0,231	
Світана*/Ростація	0,210		0,098		-0,812		0,098		0,126		0,045	
Світана*/Межирічка 11	0,374	0,862	-0,588	0,141	-0,876	-0,095	0,370	-0,261	-0,114	-0,464	-0,361	0,490
10.10/35/Світана*	0,493		-0,289		-0,520		0,270		0,431		0,168	
Альянс/Вигода*	0,249		-0,293		-0,718		0,093		0,537		-0,314	
Богац/Вигода*	0,425	0,926	0,828	-0,139	-0,096	-0,162	0,843	0,117	0,689	0,035	0,434	-0,198
Вигода*/Світана	0,587		-0,674		-0,898		0,377		0,166		-0,338	
09.88/1/Бажана*	0,867	0,994	-0,585	-0,198	-0,118	-0,180	-0,048	0,337	0,221	0,331	0,286	0,142
Нагорода*/Ростація	0,976	0,679	-0,155	0,481	0,049	0,817	-0,820	0,239	-0,910	0,541	-0,435	0,873
Фанатка*/Джавеліна	0,778	0,920	-0,441	0,305	-0,560	0,376	-0,186	-0,261	-0,354	-0,319	0,554	0,196
Левада*/Ростація	0,404	0,226	-0,137	0,451	-0,228	-0,384	-0,232	0,603	-0,555	0,053	-0,215	0,614
Межирічка 11*/Сонцедар	0,506	0,945	-0,254	-0,160	0,034	-0,174	-0,138	0,089	-0,056	-0,043	0,667	0,360
Межирічка 11*/Дорогинь	0,514		-0,357		-0,751		0,304		0,765		-0,550	
Джавеліна/Партнер*	0,115	0,989	-0,716	-0,231	-0,476	-0,250	0,075	-0,369	0,165	-0,387	0,450	0,434
10.10/35/Альянс*	0,832		0,027		0,032		0,113		-0,100		0,814	
Іванківська рання/Альянс*	0,706	0,922	-0,594	0,223	-0,618	0,005	-0,519	-0,035	-0,255	-0,116	0,190	0,568
Чарунка/Альянс*	0,928		0,086		0,179		0,665		0,461		-0,571	

Примітка: *батьківська форма.

У результаті проведених досліджень щодо особливостей прояву кількісних й якісних ознак відзначено у більшості перспективних гібридів підвищення показників за всіма вивченими господарсько цінними ознаками, порівняно з батьківськими формами. Встановлено, що окремі генотипи комбінацій: П.13.54-2/Взірець, Іванківська рання/Альянс, П.10.10/35 / Альянс, П.09.88/1/Бажана, Радомисль/Світана демонструють перевищення врожайності у 2–2,5 рази до батьківської форми. Спостерігається зростання у 1,5–2 рази середньої маси бульб у декількох гібридів від варіантів схрещувань: П.13.54-2/Взірець, Радомисль/Світана, Фанатка/Джавеліна, П.09.88/1/Бажана, Іванківська рання/Альянс, Альянс/Вигода, Радомисль/Bellarossa, Вигода/Світана, Візірець/Світана, Світана/Роставиця. Встановлено, що за середнім показником вмісту крохмалю з 23-х досліджуваних комбінацій 10 мали низький вміст на рівні 14,3–16,0 % та 13 варіантів із середнім – у межах від 16,1 до 18,0 %. Водночас виділено гібридні комбінації, а саме: Візірець/Світана, Вектар/Взірець, Світана/Межирічка 11 та Богач/Вигода, в яких наявні форми з високим вмістом крохмалю від 20,1 до 20,6 %. За смаковими якостями частка потомства з позитивним зростанням ознаки до батьківської форми становить 87 %. Найвищим балом (9) за смаковими якостями характеризувались гібриди у варіантах схрещування: Палац/Взірець, Візірець/Світана, Вектар/Взірець, Радомисль/Світана, Вектар/Радомисль, Радомисль/Bellarossa, Світана/Межирічка 11, П.10.10/35/Світана, Левада/Роставиця, Межирічка 11/Сонцедар, Межирічка 11/Дорогинь, П.10.10/35/Альянс, Іванківська рання/Альянс і Чарунка/Альянс.

Спостерігається середній та високий позитивний кореляційний зв'язок між кількісними та якісними ознаками в окремих комбінаціях й батьківських форм. Враховуючи отриманий високий та середній позитивний кореляційний зв'язок у генотипах картоплі між врожайністю та середньою масою бульб наявний тісний зв'язок між двома ознаками, отже за збільшення середньої маси бульб зростає й врожайність. Коефіцієнти кореляцій за: врожайністю й вмістом крохмалю, середньою масою бульб й вмістом крохмалю, врожайністю та смаковими якостями, середньою масою бульб й смаковими якостями, вмістом крохмалю й смаковими якостями залежно від комбінацій схрещувань були різні, переважною більшістю слабкі позитивні, обернено низькі, середні й високі, що вказує на незалежне успадкування цих ознак.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Global food security, contributions from sustainable potato agri-food systems. The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Human-kind / A. Devaux et al. H. Campos, O. Ortiz (Eds.). Cham (Switzerland). Springer, Cham., 2020. P. 3–35. DOI: 10.1007/978-3-030-28683-5_1
2. Kumari M., Kumar M., Solankey S.S. Breeding Potato for Quality Improvement. 148 p. DOI: 10.5772/intechopen.71482
3. Bradshaw J.E. A Brief History of the Impact of Potato Genetics on the Breeding of Tetraploid Potato Cultivars for Tuber Propagation. *Potato Res.* 2022. Vol. 65, Issue 3. P. 461–501. DOI: 10.1007/s11540-021-09517-w
4. Bradshaw J.E., Mackay G.R. Breeding strategies for clonally propagated potatoes. *Potato genetics.* 1994. P. 467–497.
5. Bethke P.C., Jansky S.H. Genetic and Environmental Factors Contributing to Reproductive Success and Failure in Potato. *Am. J. Potato Res.* 2021. Vol. 98, Issue 1. P. 24–41. DOI: 10.1007/s12230-020-09810-3
6. Захарчук Н.А. Можливості клітинної селекції та соматональної варіабельності генотипів картоплі для створення сортів стійких до фузаріозу. *Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету.* 2014. № 2(42), Т. 1. С. 125–130. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/2711>
7. Назар С.Г., Осипчук А.А. Результативність селекції картоплі при використанні складного міжвидового гібрида 77.583/16 та простого міжсортного гібрида 79.534/61. *Картоплярство: міжвід. темат. наук. зб. ІК НААН.* 2010. Вип. 39. С. 3–12.
8. Analysis of potato source material-main stage of selection work / R. Ilchuk et al. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2021. Vol. 11(10). P. 70–76. DOI: 10.15421/2021_321
9. Jansky S. Chapter 2–Breeding, Genetics, and Cultivar Development. In *Advances in Potato Chemistry and Technology.* Academic Press: San Diego, CA, USA. 2009. P. 27–62. DOI: 10.1016/B978-0-12-374349-7.00002-7
10. Осипчук А.А. Методи селекції картоплі. *Картопля / за ред. В.В. Кононученка, М.Я. Молоцького.* Київ, 2002. Т. 1. С. 212–218.
11. Подгаєцький А.А., Кравченко Н.В., Крючко Л.В., Гнітецький М.О. Прояв серед потомства першого бульбового покоління гібридів від внутрішньовидових і міжвидових схрещувань середньої маси бульб. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія та біологія.* 2022. Т. 44. № 2. С. 51–57. DOI: 10.32845/agrobio.2021.2.7
12. Подгаєцький А.А., Кравченко Н.В., Крючко Л.В., Борівський А.Ф. Генеалогія сортів картоплі, створених за участю міжвидових гібридів і їхня селекційна та практична цінність. *Картоплярство: міжвід. темат. наук. зб. ІК НААН.* 2014. Вип. 42. С. 25–33.
13. Вплив зовнішніх умов на прояв середньої кількості бульб у кущі серед міжвидових гібридів картоплі, їх зворотних схрещувань /

А.А. Подгаєцький та ін. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія та біологія. 2019. № 1–2(35–36). С. 26–32. DOI: 10.32845/agrobio.2019.1-2.4

14. Drought Stress-Induced Changes in Starch Yield and Physiological Traits in Potato / K. Rudack et al. J. Agron. Crop Sci. 2017. Vol. 203. Issue 6. P. 494–505. DOI: 10.1111/jac.12224

15. Bradshaw J.E. Review and Analysis of Limitations in Ways to Improve Conventional Potato Breeding. Potato Res. 2017. Vol. 60. Issue 2. P. 171–193. DOI: 10.1007/s11540-017-9346-z

16. Sheik R., Hopfe A. Die Zuchtung der Kartoffel. In: Die Kartoffel. Handbuch. Bd. II. Berlin: Veb Dtsch. Landwirtschaft. 1962. 1462 p.

17. Ortiz R., Mihovilovich E. Genetics and Cytogenetics of the Potato / H. Campos, O. Ortiz (Eds.). The Potato Crop. Springer, Cham, 2020. P. 219–247. DOI: 10.1007/978-3-030-28683-5_7

18. Картоплярство: методика дослідної справи / А.А. Бондарчук та ін.; за ред. А.А. Бондарчука, В.А. Колтунова. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 625 с.

19. Nissen M. The Weight of Potatoes in Water. Am. Potato J. 1955. Vol. 32. Issue 9. P. 332–339. DOI: 10.1007/BF02898423

20. Eckert K. Kartoffelstärke-Waage Mit Einem Korb. Kartoffelbau. 1975. 26. P. 232–233.

21. Effects of Drip Irrigation Regimes on Potato Tuber Yield and Quality under Plastic Mulch in Arid Northwestern China / F.-X. Wang et al. Field Crops Res. 2011. Vol. 122. Issue 1. P. 78–84. DOI: 10.1016/j.fcr.2011.02.009.

22. Yield and Quality Characteristics of Popular Processing Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Cultivars in Two Contrasting Soil Types under Grower Management in Hokkaido, Japan / R.L. Gondwe et al. Potato Res. 2020. Vol. 63, Issue 3. P. 385–402. DOI: 10.1007/s11540-019-09446-9.

23. Методичні рекомендації з формування колекцій зразків генофонду картоплі / Р.О. Бондус та ін. Устимівка: Християнська Зоря, 2020. 67 с.

REFERENCES

1. Devaux, A., Goffart, J.P., Petsakos, A., Kromann, P., Gatto, M., Okello, J., Hareau, G. (2020). Global food security, contributions from sustainable potato agri-food systems. In H. Campos, & O. Ortiz (Eds.). The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind. Cham (Switzerland). Springer, Cham, pp. 3–35. DOI: 10.1007/978-3-030-28683-5_1

2. Kumari, M., Kumar, M., Solankey, S.S. (2018). Breeding Potato for Quality Improvement. 148 p. DOI: 10.5772/intechopen.71482

3. Bradshaw, J.E. (2022). A Brief History of the Impact of Potato Genetics on the Breeding of Tetraploid Potato Cultivars for Tuber Propagation. Potato Res. Vol. 65, Issue 3, pp. 461–501. DOI: 10.1007/s11540-021-09517-w

4. Bradshaw, J.E., Mackay, G.R. (1994). Breeding strategies for clonally propagated potatoes. Potato genetics. pp. 467–497.

5. Bethke, P.C., Jansky, S.H. (2021). Genetic and Environmental Factors Contributing to Reproductive Success and Failure in Potato. Am. J. Potato Res. Vol. 98, Issue 1, pp. 24–41. DOI: 10.1007/s12230-020-09810-3

6. Zakharchuk, N.A. (2014). Mozhlyvosti klitynnoi selektsii ta somaklonalnoi variabelnosti henotypiv kartopli dlia stvorennia sortiv stiikykh do fuzariozu [Possibilities of cellular selection and somaclonal variability of potato genotypes for creating varieties resistant to Fusarium wilt]. Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu [Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University]. Vol. 1, no. 2, pp. 125–130. Available at: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/2711>

7. Nazar, S.G., Osypchuk, A.A. (2010). Rezultatyvni selektsii kartopli pry vykorystanni skladnoho mizhvydovoho hibryda 77.583/16 ta prostoho mizhsortovoho hibryda 79.534/61 [Potato breeding efficiency using complex interspecific hybrid 77.583/16 and intervarietal hybrid 79.534/61]. Kartopliarstvo: mizhvid. temat. nauk. zb. IK NAAN [Potato growing]. Issue 39, pp. 3–12.

8. Ilchuk, R., Ilchuk, Yu., Koval, A., Mialkovskyi, R., Holovatiuk, R. (2021). Analysis of potato source material-main stage of selection work. Ukrainian Journal of Ecology. Vol. 11, pp. 70–76. DOI: 10.15421/2021_321

9. Jansky, S. (2009). Chapter 2—Breeding, Genetics, and Cultivar Development. In Advances in Potato Chemistry and Technology; Singh, J., Kaur, L.B.T. (Eds.). Academic Press: San Diego, CA, USA, pp. 27–62. DOI: 10.1016/B978-0-12-374349-7.00002-7

10. Osypchuk, A.A. (2002). Metody selektsii kartopli [Methods of potato selection]. Kartoplya [Potato]. Kyiv, Vol. 1, pp. 212–218.

11. Podgaetsky, A.A., Kravchenko, N.V., Kryuchko, L.V., Gnitetsky, M. O. (2022). Proiav sered potomstva pershoho bulbovoho pokolinnia hibrydiv vid vnutrishnovydovykh i mizhvydovykh skhreshchuvan serednoi masy bulb [Manifestation among the offsprings of the first tuber generation of hybrids from intraspecies and interspecies crossings of the middle mass of tubers]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu. Ahronomiia ta biolohiia. [Bulletin of Sumy National Agrarian University. Agronomy and Biology]. Vol. 44, no. 2, pp. 51–57. DOI: 10.32845/agrobio.2021.2.7

12. Podgaetsky, A.A., Kravchenko, N.V., Kruchko, L.W., Boriwskyi, A.F. (2014). Henealohiia sortiv kartopli, stvorenykh za uchastiu mizhvydovykh hibrydiv i yikhnia selektsiina ta praktychna tsinnist [Genealogy varieties potato, created with the participation of interspecific hybrids and their selectionnaya and practical value]. Kartopliarstvo: mizhvid. temat. nauk. zb. IK NAAN [Potato growing]. Issue 42, pp. 25–33.

13. Podhaietskiy, A., Kravchenko, N., Gordienko, V., Bondus, R., Muchoid, T. (2019). Vplyv zovnishnikh umov na proiav serednoi kilkosti bulb u kushchi sered mizhvydovykh hibrydiv kartopli, yikh zvorotnykh skhreshchuvan [Influence of external conditions on the manifestation of the average number of tubers in the

bush among interspecific hybrids of potatoes, their backcrosses]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia ta biolohiia. [Bulletin of Sumy National Agrarian University. Agronomy and Biology]. no. 1–2(35–36), pp. 26–32. DOI: 10.32845/agrobio.2019.1-2.4

14. Rudack, K., Seddig, S., Sprenger, H., Kohl, K., Uptmoor, R., Ordon, F. (2017). Drought Stress-Induced Changes in Starch Yield and Physiological Traits in Potato. *J. Agron. Crop Sci.* Vol. 203, Issue 6, pp. 494–505. DOI: 10.1111/jac.12224

15. Bradshaw, J.E. (2017). Review and Analysis of Limitations in Ways to Improve Conventional Potato Breeding. *Potato Res.* Vol. 60, Issue 2, pp. 171–193. DOI: 10.1007/s11540-017-9346-z

16. Shcik, R., Hopfe, A. (1962). Die Zuchtung der Kartoffel. In: *Die Kartoffel. Handbuch. Bd. II.* Berlin: Veb Dtsch. Landwirtsch. 1462 p.

17. Ortiz, R., Mihovilovich, E. (2020). Genetics and Cytogenetics of the Potato. *The Potato Crop*. Springer, Cham. pp. 219–247. DOI: 10.1007/978-3-030-28683-5_7

18. Bondarchuk, A.A., Koltunov, V.A., Oliynyk, T.M., Furdyga, M.M., Vishnevskaya, O.V., Osypchuk, A.A., Zakharchuk, N.A. (2019). Kartopliarstvo: metodyka doslidnoi spravy [Potato growing: methodology research case]. Vinnytsia, TOV Tvory, 652 p.

19. Nissen, M. (1955). The Weight of Potatoes in Water. *Am. Potato J.* Vol. 32, Issue 9, pp. 332–339. DOI: 10.1007/BF02898423

20. Eckert, K. (1975). Kartoffelstärke-Waage Mit Einem Korb. *Kartoffelbau.* no. 26, pp. 232–233.

21. Wang, F.-X., Wu, X.-X., Shock, C.C., Chu, L.-Y., Gu, X.-X., Xue, X. (2011). Effects of Drip Irrigation Regimes on Potato Tuber Yield and Quality under Plastic Mulch in Arid Northwestern China. *Field Crops Res.* Vol. 122, Issue 1, pp. 78–84. DOI: 10.1016/j.fcr.2011/02/009

22. Gondwe, R.L., Kinoshita, R., Suminoe, T., Aichi, D., Palta, J.P., Tani, M. (2020). Yield and Quality Characteristics of Popular Processing Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Cultivars in Two Contrasting Soil Types under Grower Management in Hokkaido, Japan. *Potato Res.* Vol. 63, Issue 3, pp. 385–402. DOI: 10.1007/s11540-019-09446-9

23. Bondus, R.O., Kharchenko, Yu.V., Riabchun, V.K., Bohuslavskiy, R.L., Zadorozhna, O.A., Dokukina, K.I., Hordienko, O.V. (2020). Metodichni rekomendatsii z formuvannia koleksii zrazkiv henofondu kartopli [Methodical recommendations for the formation of potato gene pool sample collections]. Ustymivka, Christian Zorya, 67 p.

Study of hybrid potato offspring based on the manifestation of quantitative and qualitative traits

Pysarenko N., Sydoruk V., Zakharchuk N., Furdyha M.

The main focus of the institution's breeding work is the creation of highly productive potato varieties based on high-quality breeding material characterized by a higher manifestation of economically valuable traits and stability of their expression regardless of external conditions. The aim of the research is to study the peculiarities of manifestation of economically valuable traits in hybrid combinations created from intervarietal crosses with subsequent selection of valuable genotypes to improve selective traits in new promising potato varieties. Field, laboratory, measuring and weighing, organoleptic, mathematical and statistical methods were used in the research. The research was conducted in 2020–2022 in the Polissya Research Department of the Institute of Potato Growing of the National Academy of Sciences of Ukraine according to generally accepted methods in potato growing. The object of the research is intervarietal hybrids created with the participation of the best domestic varieties. According to the research results, it was found that highly productive offspring are obtained by combining parental forms by maturity: early/medium early, super early/early, mid-season/medium early, mid-season/super early and mid-season/early. Significant potential was found in some genotypes of combinations that demonstrate a 2–2.5 times higher yield than the parental form. Combinations have been identified in which an increase of 1.5–2 times the average weight of tubers is observed compared to the variety. At the same time, it should be noted that the 100 % share of genotypes in the combinations in preference to the parental form is as follows: productivity 48 %, average tuber weight 13 %, starch content 13 % and taste 22 %. Of the 23 combinations studied, 10 showed low starch content at the level of 14.3–16.0 % and 13 variants with an average ranging from 16.1 % to 18.0 %. Based on the research results, hybrid combinations were identified: «Vzierts» / «Svitana», «Vektar» / «Vzierts», «Svitana» / «Mezhyrichka 11» and «Bohach» / «Vyhoda», which contain forms with a high starch content of 20.1–20.6 %. It should be noted that in terms of taste, the proportion of offspring with a positive increase in the trait to the parental form is 87 %. The most effective combinations with the highest tasting score have been selected. It was found that in the studied offspring, a positively high and medium correlation was observed between yield and average tuber weight.

Key words: potato, selection, variety, offspring, type of crossing, maturity, crop productivity, average tuber weight, starch content, taste qualities, correlation coefficient.



Copyright: Писаренко Н.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:

Писаренко Н.В.

Сидорчук В.І.

Захарчук Н.А.

Фурдига М.М.

<https://orcid.org/0000-0001-6299-2170>

<https://orcid.org/0000-0001-6334-8643>

<https://orcid.org/0000-0002-8194-2491>

<https://orcid.org/0000-0002-9398-0487>

УДК 631.454

Вплив систем удобрення на масу рослинних решток агрофітоценозів короткоротаційної сівозміни, баланс ґрунтового гумусу і екологізацію рільництва

Примак І.Д. , Єзерковська Л.В. , Войтовик М.В., Караульна В.М. ,Панченко О.Б., Качан Л.М. , Ображій С.В. *Білоцерківський національний аграрний університет*

Примак І.Д., Єзерковська Л.В., Войтовик М.В., Караульна В.М., Панченко О.Б., Качан Л.М., Ображій С.В. Вплив систем удобрення на масу рослинних решток агрофітоценозів короткоротаційної сівозміни, баланс ґрунтового гумусу і екологізацію рільництва. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 100–111.

Prymak I., Yezerkovska L., Voitovyk M., Karaulna V., Panchenko O., Kachan L., Obrazhyi S. The influence of fertilizer systems on plant residues mass of agrophyto-coenoses of short-term crop rotation, the balance of soil humus and ecologization of agriculture. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 100–111.

Рукопис отримано: 09.10.2023 р.

Прийнято: 24.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-100-111

Трирічними (2020–2022) дослідженнями на чорноземі типовому дослідного поля Білоцерківського НАУ встановлено, що на неудо-бренних варіантах, удобрених 6 т/га гною + $N_{64}P_{54}K_{58}$, 6 т/га гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$ і 6 т/га гною + $N_{126}P_{82}K_{116}$ за використання нетоварної продукції агрофітоценозів як органічного добрива суха маса кореневих решток становила відповідно 2,64; 3,89; 4,64 і 5,13 т, рослинних – 3,63; 5,25; 6,24 і 6,84 т, продуктивність сівозміни – 1,98; 3,42; 4,40 і 4,83 т сухої маси основної та 4,48; 7,84; 10,22 і 11,43 т основної і побічної продукції культур на гектарі ріллі.

Із збільшенням норм внесення добрив приріст товарної продукції агрофітоценозів вищий, ніж рослинних решток. Зокрема зростає співвідношення сухої маси основної і побічної продукції сільсько-господарських рослин до маси їх кореневих і рослинних решток, а також частка їх нетоварної продукції.

Додатний баланс ґрунтового гумусу зафіксований лише у полях гірчиці білої і гречки, під рештою агрофітоценозів він від’ємний. На неудо-бренних ділянках, удобрених 6 т гною + $N_{64}P_{54}K_{58}$, 6 т гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$ і 6 т гною + $N_{126}P_{82}K_{116}$ за використання побічної продукції агрофітоценозів як органічного добрива баланс гумусу в орному шарі чорнозему типового додатний і становив відповідно 0,34; 0,63; 0,55 і 0,60 т на гектар сівозміни. За вилучення з полів нетоварної продукції рослинництва цей показник від’ємний на всіх варіантах досліджу.

Загалом у сівозміні частка гумусу, що утворився з гною, рослинних решток, зеленого добрива й нетоварної продукції рільництва, становила відповідно 0, 36, 31 і 33 % на неудо-бренних ділянках; 10, 30, 27 і 33 % – удобрених 6 т/га гною + $N_{64}P_{54}K_{58}$; 8, 29, 27 і 36 % – 6 т/га гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$; 7,29, 26 і 38 % – удобрених 6 т/га гною + $N_{126}P_{82}K_{116}$.

За показником коефіцієнта екологізації рільництва нульова система удобрення (без внесення гною й мінеральних добрив) відповідає біологічному землеробству, перша – екологічному, друга й третя – екологізації галузі.

Агротехнічно ефективним є використання побічної продукції агрофітоценозів як органічного добрива та проведення оранки лише під просапну культуру п’ятипільної сівозміни.

Ключові слова: система удобрення, рослинні рештки, гумус, агрофітоценози, сівозміна, екологізація, побічна (нетоварна) продукція, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Пріоритетним завданням вітчизняного сільськогосподарського виробництва має стати збереження і відтворення ґрунтової родючості, інтегральним показником якої, на думку абсолютної більшості українських вчених, є вміст і якість гумусу. Завдяки унікальному ґрунтовому покриву, в складі якого понад 60 % становлять чорноземи, Україна посідає провідні позиції в експорті зерна і насіння соняшнику на світовому ринку [1, 2].

На сьогодні Україна за площею чорноземних ґрунтів (27,8 млн га) посідає четверте місце в світі. Вона займає лише 4 % світової площі суходолу, проте володіє запасами 6–8 % світових і 13–14 % європейських чорноземних ґрунтів. Серед 13 видів поширених в Україні деградаційних процесів домінуючою, на думку аграріїв, є дегуміфікація, що супроводжується щорічними втратами з кожного гектара ріллі чорноземного ґрунту понад однієї тонни гумусу. Впродовж 133 років (1882–2015 рр.) вміст гумусу зменшився в ґрунтах держави на 1,01 %, Лісостепу – 1,3 % [3–5], Київській області – 1,2 % вихідного вмісту [6]. За 1961–2015 рр. загалом по Україні і Київській області абсолютне зниження вмісту гумусу становило відповідно 0,4 і 0,5 %, відносно – 11,4 і 15,2 % [6]. В Україні залежно від регіону зменшення вмісту гумусу за останні 100 і 50 років становило відповідно 0,4–1,1 і 0,2–0,7 % в абсолютному та 14–27 і 9–20 % відносному вимірах [6]. Щорічні втрати його на орних землях впродовж 1986–2005 рр. становили майже 29 млн т, що еквівалентно 5,7 млрд доларів США [7]. На сьогодні середньозважений вміст гумусу становить: в середньому в Україні 3,14 %, у Поліссі – 2,24, Лісостепу 3,19, Степу – 3,40 % [6].

Упродовж останніх трьох десятиліть у державі домінує незбалансована дефіцитна система рільництва з поступовим виснаженням ґрунтово-ресурсного потенціалу й погіршенням екологічного стану ґрунтового покриву, наслідком чого є дегуміфікація і трансформація найродючіших у світі чорноземів у ґрунти середнього рівня родючості. Науковці систематично констатують, що ґрунт, як «природно-історичне тіло», має якомога швидше стати не лише об'єктом використання, а також об'єктом права, захисту на законодавчому та нормативно-правовому рівнях [1].

Слід зазначити, що за проєктування й впровадження сучасних систем рільництва згідно з біосферною парадигмою природокористування (замість антропоцентричної ідеології) і законом ноосфери В.І. Вернадського насамперед

враховують екологічні функції ґрунту, пов'язані із регулюванням газообміну, теплообміну, вологообміну в біосфері, інтенсивністю і напрямом біохімічних процесів, підтриманням необхідного біорізноманіття й забезпечення життєвих потреб суспільства. Усвідомлення проблеми дегуміфікації ґрунтів у вітчизняному рільництві проявляється у вигляді активізації робіт з використання побічної продукції землеробства як добрива, мульчування ґрунту рослинними рештками, сидерації, розширення посівів бобових культур й багаторічних трав тощо [8].

За гостродефіцитного балансу ґрунтового гумусу та щорічних втрат його з кожного гектара ріллі у кількості одна тонна альтернативною гною, норма внесення якого на сьогодні не перевищує 0,5 т/га (тимчасом у 1985 р. цей показник був у 18 разів вищим), має стати побічна продукція рослинництва, проміжні посіви на зелене добриво тощо [9].

У Лісостепу України вчені рекомендують вносити на кожний гектар ріллі сівоzmіни: чорнозему опідзоленого (за ГТК 1,1) 6 т гною + $N_{36}P_{24}K_{32}$ або ж мінеральні туки з використанням побічної продукції агрофітоценозів як органічного добрива; чорнозему типового вилугуваного (за ГТК 1,3) – 9 т гною + $N_{50}P_{66}K_{66}$. Застосування 9 т гною + $N_{50}P_{66}K_{66}$ на чорноземі типовому вилугуваному забезпечило зростання вмісту гумусу наприкінці третього ротаційного періоду зернобурякової сівоzmіни, порівняно з неудобреними ділянками (контролем), на 0,25–0,31 %, на чорноземі опідзоленому за внесення 6 т гною + $N_{36}P_{24}K_{32}$ – на 0,16–0,33 % [10].

У типовій польовій зернопросапній сівоzmіні дослідного поля НУБіП України щорічне внесення впродовж шести років на гектар ріллі 12 т гною + 6 т побічної продукції агрофітоценозів і сидератів післязливних культур (у перерахунку на гній) + $N_{46}P_{49}K_{55}$ підвищило вміст гумусу в орному (0–30 см) шарі чорнозему типового малогумусного середньосуглинкового на 1 т/га [11].

За достатнього зволоження у зернобуряковій сівоzmіні норма мінеральних добрив $N_{46}P_{51}K_{59}$ призводить до зменшення вмісту ґрунтового гумусу в орному й підорному шарах чорнозему типового вилугуваного відповідно на 0,09 і 0,03 %. Стабілізація його у зазначених шарах ґрунту на рівні відповідно 4,32 і 3,96 % відбувається за норми 12 т гною + $N_{46}P_{51}K_{59}$. За внесення лише мінеральних туків нормою $N_{46}P_{51}K_{59}$ запас гумусу в орному шарі сівоzmін з бобовими культурами і без них зменшився відповідно на 5,28 і 2,98 т/га [12].

На неудобрених ділянках чорнозему опідзоленого важкосуглинкового дослідного поля ДП ДГ «Граківське» ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» за трирічний (2015–2017) період досліджень баланс гумусу від’ємний, а втрати його через мінералізацію досягли 0,88 т/га. Органічні добрива забезпечили додатний баланс гумусу: 0,13; 0,19 і 0,10 т/га за внесення відповідно курячого посліду, посліду з соломою пшениці (компосту) й посліду з лушпинням соняшнику (компосту) [13].

У польовій п’ятипільній зернопросапній стаціонарній сівоzmіні науковцями Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції встановлено функціональний зв’язок між вмістом гумусу і показниками кислотності (актуальної, гідролітичної) та суми вбирних основ метрового шару чорнозему опідзоленого, причому він більш виражений (тісніший) за органічної, ніж інтенсивної системи удобрення. Урожайність зернових культур упродовж всього періоду досліджень (2011–2022 рр.) стабільніша за органічної системи удобрення [14].

Вчені цієї наукової установи вказують, що для забезпечення простого й розширеного відтворення гумусу необхідно щороку впродовж 42 років проведення стаціонарного польового дослідження вносити на гектар ріллі відповідно 15–18 і 18–20 т гною, що практично нереально в сучасному вітчизняному землеробстві. Використання нетоварної продукції агрофітоценозів п’ятипільних стаціонарних сівоzmін компенсує витрату азоту і фосфору з ґрунту на 70–75, а калію – 100 %. У середньому за дві ротації п’ятипільної сівоzmіні з горохом нетоварна продукція становила: на неудобрених ділянках 28,5 т/га, удобрених $N_{31}P_{33}K_{41}$ – 56,9 т/га, а кореневі рештки відповідно 4,2 і 8,3 т/га [15].

На чорноземі південному важкосуглинковому Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції з чотирьох досліджуваних п’ятипільних сівоzmін, три поля в яких (60 %) під пшеницею озимою, одне – під вівсом (20 %), баланс гумусу у середньому за три роки (2015–2017) від’ємний (0,3 т/га) лише у першій сівоzmіні з чорним паром. У другій, третій й четвертій сівоzmінах цей показник додатний і становив відповідно 11 т/га (із сидеральним паром, зайнятим викою озимою), 7,7 т/га (із сидеральним паром, зайнятим сумішкою гороху з гірчицею) і 1,0 т/га (із горохом на зерно) завдяки використанню нетоварної рослинницької продукції як органічного добрива [16].

У перерахунку на гумус 3,7 т соломи еквівалентно внесенню 27 т зеленого добрива або 10 т напівперепрілого підстилкового гною [17].

За 100 років зростання потужності гумусового шару становить до 3,5–4 мм. Щоб підвищити вміст ґрунтового гумусу на 0,1 % знадобиться не менше 15–20 років. Середньорічні втрати його на чорноземах України становлять 0,5–0,7 т/га [18,19].

На чорноземі вилугуваному розширене відтворення ґрунтового гумусу в плодoзмінній сівоzmіні досягається за сорокарічного внесення на гектар ріллі 8,3 т гною + (NPK)₄₃ [20].

На чорноземі типовому глибокому мало-гумусному плодoзмінній сівоzmіні внесення 40 т/га гною, використання нетоварної продукції землеробства і зеленої маси гірчиці білої як органічного добрива забезпечило за 10 років (дві ротації) утворення 2,07 т і мінералізацію 1,64 т гумусу; додатний баланс ґрунтового гумусу у всіх полях п’ятипільної сівоzmіні за середнього значення 0,42 т/га [21].

Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція ім. М.І. Вавилова на чорноземі типовому важкосуглинковому у різноротаційних сівоzmінах пропонує застосовувати 10 т/га гною + $N_{53}P_{60}K_{60}$ + побічна рослинницька продукція + компенсаційна доза мінерального азоту для забезпечення розширеного відтворення ґрунтового гумусу [22].

У підзоні нестійкого зволоження Лісостепу України у господарствах з слабкорозвиненим тваринництвом чи за відсутності його рекомендується на добриво використовувати всю побічну продукцію рільництва разом з оптимальними нормами мінеральних туків. У зернопросапній сівоzmіні з часткою просапних 40 й бобових культур 10 % за внесення на гектар ріллі 9 т гною + $N_{50}P_{66}K_{66}$ щорічні втрати ґрунтового гумусу досягали 0,21 т, а застосування $N_{50}P_{66}K_{66}$ у поєднанні з нетоварною продукцією зменшило цей показник до 0,12 т. У плодoзмінній сівоzmіні використання всієї побічної продукції на добриво й мінеральних туків у нормі $N_{43-50}P_{43}K_{43-50}$ забезпечило зростання щорічних запасів гумусу на 0,12–0,20 т/га [23].

Внесення гною за орґано-мінеральної та орґанічної систем удобрення підвищувало вміст рухомих гумусових речовин та інтенсивність новоутворення гумінових кислот. За мінеральної системи удобрення зростає в орґанічній речовині ґрунту вміст фульвокислот. На фоні вапнування найбільш сприятливі умови гумусоутворення в орґанічному шарі ґрунту за орґано-мінеральної системи удобрення, за якої вміст гумусу підвищився на 28,6 %, порівняно з контролем (без добрив). За внесення орґанічних і мінеральних добрив цей показник зростання становив відповідно 14,3 і 12,6 % [24].

Мета дослідження – виявити зміни балансу ґрунтового гумусу в орному (0–30 см) шарі чорнозему типового залежно від систем удобрення п’ятипільної спеціалізованої сівозміни, а також можливість й доцільність використання нетоварної продукції рілляництва у поєднанні з мінеральними та зеленими добривами і гноєм для забезпечення розширеного відтворення гумусу ґрунту й продуктивності гектара ріллі на рівні 4,0–4,5 т/га сухої речовини основної продукції агрофітоценозів.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведені впродовж 2020–2022 рр. на чорноземі типовому глибокому малогумусному середньосуглинковому дослідного поля Білоцерківського НАУ у стаціонарній польовій п’ятипільній сівозміні, де вивчали чотири

рівні (системи) удобрення (табл. 1): нульовий – без внесення гною й мінеральних добрив, перший – 6 т/га гною + $N_{64}P_{54}K_{58}$, другий – 6 т/га гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$, третій – 6 т/га гною + $N_{126}P_{82}K_{116}$.

Повторність в досліді триразова. Повторення й варіанти розміщені суцільно та послідовно, в один ярус. Площа посівної ділянки – 684, облікової – 504 м². Під кукурудзу орали плугом на 25–27 см, горох та гречку – ґрунт розпушували чизелем ГР – 3,4 відповідно на 18–20 і 10–12 см, під пшеницю озиму й гірчицю білу – дискували бороною БДВ – 3,0 відповідно на 6–8 і 10–12 см. Із органічних добрив застосовували гній, побічну продукцію агрофітоценозів, зелену масу гірчиці білої, з мінеральних – аміачну селітру, гранульований суперфосфат, калійну сіль.

Таблиця 1 – Системи удобрення під культури першої сівозміни

№ поля	Культура сівозміни	Рівень удобрення	Гній, т/га	Мінеральні добрива, кг/га д.р.									
				Всього			Основне удобрення		Під перед-посівну культивування	Рядкове удобрення			Підживлення (2–3 рази)
				N	P	K	P	K	N	N	P	K	N
1	Горох	0											
		1		30					30				
		2		30	30	30	30	30	30				
		3		30	30	50	30	50	30				
2	Пшениця озима	0											
		1		60	60	60	60	60					60
		2		90	60	90	60	90					90
		3		120	60	90	60	90					120
	Гірчиця біла на сидерат	0											
		1		30	30	30	30	30	30				
		2		60	30	60	30	60	60				
		3		80	60	80	60	80	80				
3	Кукурудза	0											
		1	30	60	60	60	50	50	50	10	10	10	
		2	30	90	90	90	75	75	75	15	15	15	
		3	30	110	110	110	90	90	90	20	20	20	
4	Гречка	0											
		1		30	30	30	30	30	30				
		2		50	30	50	30	50	50				
		3		70	30	70	30	70	70				
5	Пшениця озима	0											
		1		80	60	80	60	80					80
		2		110	60	80	60	80					110
		3		140	60	100	60	100					140
	Гірчиця біла на сидерат	0											
		1		30	30	30	30	30	30				
		2		60	30	60	30	60	60				
		3		80	60	80	60	80	80				

Втрати ґрунтового гумусу розраховували за виносом азоту ґрунту агрофітоценозами сівозміни, який приймали за 100 %. Вважали, що 60 % його припадає на азот гумусу, решта (40 %) – на азот органічних і мінеральних добрив; азот, що надходить з опадами, рослинними рештками і завдяки азотфіксації. Величину вмісту азоту в гумусі приймали за 5 %, а коефіцієнт використання азоту ґрунту рослинами – 70 %. До виносу азоту агрофітоценозами використані поправочні коефіцієнти: для гранулометричного складу ґрунту (середній суглинок) – 0,8; гороху, пшениці озимої, гречки – 1,2; післяжнивної гірчиці білої – 1,0; кукурудзи – 1,8. Фіксація азоту бульбочковими бактеріями прийнята в розмірі 50 % загальноного виносу азоту урожаєм гороху.

Масу рослинних решток агрофітоценозів визначали за методикою Н.З. Станкова [25], баланс гумусу – Г.Я. Чесняка [26], коефіцієнти екологізації рільництва – за методикою кафедри землеробства та гербології НУБП України [8, 9, 11, 27]. Коефіцієнти гуміфікації наступні: рослинних решток гороху 0,23; пшениці озимої, кукурудзи і гречки – 0,20; гірчиці білої – 0,15; нетоварної продукції всіх зернових культур – 0,20; гною – 0,054; зеленої маси гірчиці білої – 0,15.

Результати досліджень та обговорення. За розрахунків балансу ґрунтового гумусу на чорноземних ґрунтах вітчизняні науковці й виробничники у більшості випадків для визначення маси рослинних решток користуються рівняннями регресії, встановленими Г.Я. Чесняком за врожаєм основної продукції [26]. Проте, як показують дослідження, цей показник значно варіює не лише від величини врожаю, а також від технології вирощування, ґрунтової відміни чорнозему, погодних й екологічних умов тощо. Найбільш простим, доступним і точним є метод Н.З. Станкова [25], проте він досить трудомісткий. Якщо у нашому досліді маса кореневих решток за урожайності пшениці озимої 2,66; 4,84; 6,25 і 6,87 т/га становила відповідно 1,98; 2,99; 3,78 і 4,26 т/га (табл. 2), то за рівнянням регресії Г.Я. Чесняка ($y = 0,71x + 10$, де y – урожайність) ці показники були б значно вищими – відповідно 2,89; 4,44; 5,44 і 5,88 т/га.

Щодо основних сільськогосподарських культур Лісостепу України ці дані досить суперечливі, що позбавляє об'єктивно розрахувати баланс гумусу. Проте відомо, що у ґрунт у типових сівозмінах надходить органічної речовини більше з рослинними рештками, ніж з органічними добривами. Підземна маса культур за даними одних науковців більша,

за іншими даними – менша наземної [28]. Як показують наші дослідження, за нульової, першої, другої й третьої систем удобрення та продуктивності гектара ріллі сівозміни відповідно 1,98; 3,42; 4,40 і 4,83 т сухої маси основної та 4,48; 7,84; 10,22 і 11,43 т основної і побічної продукції кількість корневих решток становила відповідно 2,64; 3,89; 4,64 і 5,13, а рослинних – 3,63; 5,25; 6,24 і 6,84 т. Отже, абсолютно суха маса корневих решток більша, ніж основної продукції (табл. 2). Частка корневих решток становить 73–75 % загальної маси рослинних решток.

Встановлено, що з підвищенням рівня внесених добрив приріст товарної продукції рільництва вищий, ніж рослинних решток агрофітоценозів сівозміни. Зокрема, за першої, другої і третьої систем удобрення, порівняно з нульовою, приріст товарної продукції гороху становив відповідно 36, 58 і 71 %, корневих решток – 21, 36 і 55 %, рослинних – 16, 32 і 48 %; зерна пшениці озимої в ланці з горохом – 82, 135 і 158 %, корневих решток – 51, 91 і 115 %, рослинних – 34, 58 і 65 %; зерна кукурудзи – 81, 120 і 164 %, корневих решток – 62, 98 і 122 %, рослинних – 52, 81 і 99 %; зерна гречки – 60, 99 і 120 %, корневих решток – 38, 69 і 85 %, рослинних – 31, 61 і 80 %; зерна пшениці озимої в ланці з гречкою – 90, 153 і 181 %, корневих решток – 60, 99 і 122 %, рослинних – 45, 66 і 72 %; зеленої маси гірчиці білої в ланці з бобовою культурою – 45, 70 і 81 %, корневих решток – 38, 56 і 67 %, а в ланці з круп'яною рослиною відповідно 60, 88 і 101 та 51, 70 і 82 %. Загалом у сівозміні суха маса основної продукції агрофітоценозів сівозміни підвищилася відповідно на 73, 122 і 144 %, корневих решток – на 47, 76 й 94 %, рослинних – 45,72 і 88 %. Отже, темпи приросту від систем удобрення вищі товарної продукції, ніж рослинних решток взагалі і корневих зокрема.

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення загалом по сівозміні співвідношення сухої маси основної продукції до корневих решток становило відповідно 0,75; 0,88; 0,95 і 0,94, а товарної продукції до рослинних решток 0,55; 0,65; 0,71 0,71. Отже, за внесення на гектар ріллі 6 т гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$ спостерігається стабілізація цих показників.

На неудобрених, удобрених першою, другою й третьою нормами ділянках сівозміни співвідношення сухої маси основної і побічної продукції до корневих решток становило відповідно 1,70; 2,02; 2,20 і 2,23, а до рослинних – 1,23; 1,49; 1,64 і 1,67.

Таблиця 2 – Продуктивність і суха маса рослинних решток агрофітоценозів сівозміни за різних систем удобрення, т/га

№ поля	Агрофітоценози сівозміни	Система удобрення	Урожайність основної продукції	Вихід побічної продукції	Маса рослинних решток		
					кореневих	після-збиральних	всього
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Горох	0	2,16	2,53	1,67	0,60	2,27
		1	2,94	3,74	2,02	0,70	2,72
		2	3,41	4,49	2,27	0,79	3,06
		3	3,69	5,25	2,59	0,89	3,48
		НІР _{0,05}	0,31	0,55	0,20	0,06	
2	Пшениця озима	0	2,66	3,22	1,98	1,48	3,46
		1	4,84	5,93	2,99	1,99	4,98
		2	6,25	7,82	3,78	2,34	6,12
		3	6,87	8,74	4,26	2,44	6,70
		НІР _{0,05}	0,48	0,83	0,36	0,18	
2	Гірчиця біла на сидерат	0	10,45		2,18		2,18
		1	15,16		3,01		3,01
		2	17,78		3,40		3,40
		3	18,89		3,64		3,64
		НІР _{0,05}	0,91		0,33		
3	Кукурудза	0	3,18	4,39	2,64	0,68	3,32
		1	5,77	8,35	4,27	1,03	5,30
		2	7,64	11,39	5,22	1,23	6,45
		3	8,39	12,90	5,87	1,35	7,22
		НІР _{0,05}	0,88	1,18	0,48	0,06	
4	Гречка	0	1,23	2,92	1,01	0,90	1,91
		1	1,97	4,82	1,39	1,18	2,57
		2	2,45	6,29	1,71	1,45	3,16
		3	2,70	7,21	1,87	1,62	3,49
		НІР _{0,05}	0,26	0,53	0,22	0,07	
5	Пшениця озима	0	2,24	2,81	1,66	1,31	2,97
		1	4,26	5,39	2,65	1,90	4,55
		2	5,66	7,23	3,30	2,17	5,47
		3	6,29	8,10	3,68	2,25	5,93
		НІР _{0,05}	0,52	0,91	0,32	0,22	
5	Гірчиця біла на сидерат	0	9,78		2,06		2,06
		1	15,61		3,11		3,11
		2	18,36		3,50		3,50
		3	19,61		3,75		3,75
		НІР _{0,05}	1,04		0,36		

Із підвищенням норм внесення добрив спостерігається зростання частки нетоварної продукції агрофітоценозів сівозміни. За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення співвідношення основної до побічної рослинницької продукції становило відповідно 1,17; 1,27; 1,32 і 1,42 – у гороху, 1,21; 1,23; 1,25 і 1,27 – пшениці озимої після бобового попередника, 1,38; 1,45; 1,49 і 1,54 – кукурудзи, 2,38; 2,45;

2,57 і 2,67 – гречки, 1,26; 1,27; 1,28 і 1,29 – пшениці озимої після круп'яного попередника.

Перша система удобрення, порівняно з нульовою, забезпечила зростання сухої маси зерна загалом по сівозміні на 73 %, друга, порівняно з першою – 50 %, третя, порівняно з другою – 22 %. Стосовно сухої маси основної і побічної продукції, то цей показник підвищився відповідно на 75, 53 і 27 %.

Таблиця 3 – Баланс гумусу в орному шарі залежно від систем удобрення агрофітоценозів сівозмінні за використання побічної продукції на добриво, кг/га

№	ВГОП	Агрофітоценози сівозміни	Системи удобрення	Винос азоту з урожаєм, всього	Винос азоту з урахуванням гра- нулометричного складу і виду агрофітоценозу	Винос врожаєм азоту гумусу	Спожито азоту з ґрунту	Мінералізовано гумусу	Утворилося гумусу із:				Баланс азоту	
									гною	рос- линних решток	сидераль- них добрив	побічної продукції		всього
1		Горих	0	143	69	41	59	1180		522		506	1028	-152
			1	194	93	56	80	1600		626		748	1374	-226
			2	225	108	65	93	1860		704		898	1602	-258
			3	244	117	70	100	2000		800		1050	1850	-150
2		Пшениця озима	0	93	89	53	76	1520		692		644	1336	-184
			1	169	162	97	139	2780		996		1186	2182	-598
			2	219	210	126	180	3600		1224		1564	2788	-812
			3	240	230	138	197	3940		1340		1748	3088	-852
2		Гірчиця біла на сидерат	0	29	23	14	20	400		327	1568		1895	+1495
			1	42	34	20	28	560		451	2274		2725	+2165
			2	50	40	24	34	680		510	2667		3177	+2497
			3	53	42	25	36	720		546	2834		3380	+2660
3		Кукурудза	0	108	155	93	133	2660	-	664		878	1542	-1118
			1	196	282	169	241	4820	1620	1060		1670	4350	-470
			2	260	374	224	320	6400	1620	1290		2278	5188	-1212
			3	285	410	246	351	7020	1620	1444		2580	5644	-1376
4		Гречка	0	37	35	21	30	600		382		584	966	+666
			1	59	57	34	48	960		514		964	1478	+518
			2	73	70	42	60	1200		632		1258	1890	+690
			3	81	78	47	67	1340		698		1442	2140	+800
5		Пшениця озима	0	78	75	45	64	1285		594		562	1156	-129
			1	149	143	86	123	2451		910		1078	1988	-463
			2	198	190	114	163	3257		1094		1446	2540	-717
			3	220	211	127	181	3617		1186		1620	2806	-811
			0	27	22	13	19	370		309	1467		1776	+1406
			1	44	35	21	30	603		467	2341		2808	+2205
		Гірчиця біла на сидерат	2	51	41	24	35	699		525	2754		3279	+2580
			3	55	44	26	38	754		563	2941		3504	+2750

Додатний баланс ґрунтового гумусу лише під агрофітоценозами гірчиці білої і гречки. На решті полів він від'ємний, причому під пшеницею озимою він зростає з підвищенням норм внесених добрив (табл. 3).

Отримані дані вкотре переконують у необхідності застосування проміжної сидерації: за нульової, першої, другої і третьої норм добрив зелена маса й коріння гірчиці білої забезпечили щорічний додатний баланс гумусу в значенні відповідно 1,5; 2,2; 2,5 і 2,7 т/га. Без сидерального добрива баланс гумусу загалом у сівозміні від'ємний і становив відповідно 270; 297; 530 та 551 кг/га.

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення, використання на добриво зеленої маси післязбирної гірчиці білої і нетоварної продукції агрофітоценозів баланс гумусу загалом у сівозміні додатний і становив відповідно 337; 626; 554 і 604 кг/га, тобто на удобрених ділянках він перевищував пів тонни на кожний гектар ріллі. Щорічна мінералізація ґрунтового гумусу становила відповідно 1603; 2755; 3539 і 3878 кг/га, тобто закономірно зростала з підвищенням продуктивності сівозміни, яка становила відповідно 4,48; 7,84; 10,22 і 11,43 т/га сухої речовини, 3,60; 6,29; 8,17 і 9,05 т/га кормових одиниць, 0,256; 0,427; 0,542 і 0,599 т/га перетравного протеїну основної і побічної продукції рільництва.

За відчуження нетоварної продукції з полів баланс гумусу під всіма основними культурами від'ємний на всіх варіантах дослідів. Загалом у сівозміні за нульової, першої, другої і третьої систем удобрення він зростає і становив відповідно 298, 503, 935 і 1084 кг/га. Отже, навіть за внесення на гектар ріллі 6 т ґною + $N_{126}P_{82}K_{116}$ мінеральних і 7,7 т зелених добрив та продуктивності сівозміни 4,8 т/га сухої маси зерна без використання побічної продукції рільництва як органічного добрива неминучі щорічні втрати гумусу в кількості понад 1 т/га, для усунення яких необхідно було б додатково вносити майже 19 т/га ґною, що нереально на сьогодні і в найближчому майбутньому.

Структура джерел утворення гумусу засвідчує, що найбільша частка його надходить у агрофітоценозах капустяної рослини з зеленою масою – 83–84 %, круп'яної – нетоварною продукцією (60–67 %), решта з рослинними рештками (відповідно 16–17 і 33–40 %).

В агрофітоценозах гороху, пшениці озимої, гречки за підвищення норм внесення добрив зменшується частка новоутвореного гумусу з рослинних решток і зростає з побічної продукції. Зокрема, за нульової, першої, другої і третьої систем удобрення частка гумусу завдяки

гуміфікації соломи становила відповідно 49,3; 54,4; 56,1 і 56,8 у гороху, 48,2; 54,4; 56,1 і 56,6 – пшениці озимої в ланці з горохом, 60,5; 65,2; 66,6 і 67,4 – гречки, 48,6; 54,2; 56,9 і 57,7 % у пшениці озимої в ланці з гречкою.

На удобрених ділянках агрофітоценозу кукурудзи частка гумусу, що утворився з ґною, рослинних решток і нетоварної продукції, становила відповідно 37,2; 24,4; і 38,4 % за внесення під неї 30 т/га ґною + (NPK)₆₀; 31,2; 24,9 і 43,9 – 30 т/га ґною + (NPK)₉₀; 28,7; 25,6; і 45,7 % за 30 т/га ґною + (NPK)₁₁₀. Отже, якщо на удобрених варіантах просапної культури частка гумусу з рослинних решток майже на постійному рівні, то на неудобрених – вища в 1,7 рази, досягаючи 43 %. З побічної продукції цієї рослини утворюється 57 % всієї кількості гумусу.

Загалом у сівозміні частка гумусу з ґною, рослинних решток, сидератів й побічної продукції рільництва становила відповідно 9,6; 29,7; 27,3 і 33,4 % за першої системи удобрення; 7,9; 29,2; 26,5 і 36,4 % – другої; 7,2; 29,3; 25,8; і 37,7 % за третьої системи удобрення. На неудобрених ділянках сівозміни з рослинних решток утворюється 36,0 % всієї маси гумусу, зеленого добрива – 31,3, нетоварної продукції – 32,7 %.

Підсумовуючи викладений вище експериментальний матеріал, можна констатувати, що у спеціалізованій зернопросапній сівозміні третина всієї кількості гумусу утворюється з рослинних решток (на неудобрених варіантах навіть дещо більше), близько третини – із сидеральної маси і дещо більше третини – із побічної продукції агрофітоценозів, які беруть активну участь у розширеному відтворенні ґрунтової родючості.

Екологізація рільництва передбачає застосування трьох груп заходів: 1 – резерви органічних добрив (солома, стебла, гичка, мул ставків, деревна кора, сапропелі, сидерати тощо); 2 – заходи щодо створення оптимальної реакції ґрунтового середовища; 3 – заходи щодо забезпечення оптимального співвідношення між органічними й мінеральними добривами [29].

Доведено, що оптимальне співвідношення органічних й мінеральних добрив передбачає внесення не більше 15 кг діючої речовини туків на одну тону органічних добрив. Для оцінки рівня екологізації рільництва використовують два показники: 1 – норми внесення органічних добрив, 2 – індекс екологізації, який розраховують діленням суми діючої речовини мінеральних добрив (NPK) в кг/га на норму органічних добрив у т/га. Науковці Національного університету біоресурсів і природокористування

України для забезпечення стану екологічного рільництва рекомендують у сівозміні вносити щорічно на гектар ріллі 24 т органічних добрив, з яких 12 т гною, 6 т зеленого добрива капустяних культур, 6 т нетоварної продукції і $N_{61}P_{37}K_{52}$ мінеральних туків, що забезпечує індекс екологізації 6,2. Для досягнення біокліматично обґрунтованої продуктивності агрофітоценозів у сівозмінах пропонують оранку (краще ярусними плугами) раз на 4–5 років під просапну рослину (буряки цукрові тощо) й безпліщеве розпушування (плоскорізами тощо) та дисковий обробіток під решту культури в інтервалі між оранками [8, 11].

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення до чорнозему типового надійшло відповідно 10, 22, 25 і 27 т/га органічної маси, зокрема 0; 6; 6 і 6 т/га гною, 3,6; 5,3; 6,2 і 6,8 т/га рослинних решток, 2,5; 4,4; 5,8 і 6,6 т/га побічної продукції, 4,1; 6,1; 7,2 і 7,7 т/га зеленого добрива. Отже, індекс екологізації рільництва становив відповідно 10; 8; 10 і 12.

За показником коефіцієнта екологізації рільництва [30] нульова система удобрення відповідає біологічному землеробству, перша – екологічному, друга й третя – біологізації галузі.

За екологічною класифікацією систем землеробства [8] перша й друга системи удобрення сівозміні відповідають наростаючому, а третя – інтенсивному рівню стану екологічного рільництва.

Висновки. 1. На неудообрених варіантах, удообрених 6 т/га гною + $N_{64}P_{54}K_{58}$, 6 т/га гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$ і 6 т/га гною + $N_{126}P_{82}K_{116}$ за використання нетоварної продукції агрофітоценозів як органічного добрива суха маса кореневих решток становила відповідно 2,64; 3,89; 4,64 і 5,13 т, рослинних – 3,63; 5,25; 6,24 і 6,84 т, а продуктивність сівозміні – 1,98; 3,42; 4,40 і 4,83 т сухої маси основної та 4,48; 7,84; 10,22 і 11,43 т основної і побічної продукції агрофітоценозів сівозміні.

2. Із підвищенням норм внесення добрив приріст товарної продукції агрофітоценозів вищий, ніж рослинних решток. Зокрема зростає співвідношення сухої маси основної і побічної продукції сільськогосподарських рослин до маси їх кореневих і рослинних решток, а також частка їх нетоварної продукції.

3. Додатний баланс ґрунтового гумусу зафіксований лише на полях гірчиці білої і гречки, під рештою агрофітоценозів він від'ємний. На неудообрених ділянках, удообрених 6 т гною + $N_{64}P_{54}K_{58}$, 6 т гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$ і 6 т гною + $N_{126}P_{82}K_{116}$ за використання побічної продукції агрофітоценозів як органічного добрива

баланс гумусу в орному шарі чорнозему типового додатний і становив відповідно 0,34; 0,63; 0,55 і 0,60 т на гектар сівозміні. За вилучення з полів нетоварної продукції рослинництва цей показник від'ємний.

4. Загалом у сівозміні частка гумусу, що утворився з гною, рослинних решток, зеленого добрива і нетоварної продукції рільництва становила відповідно 0; 36; 31 і 33 % на неудообрених ділянках, 10; 30; 27 і 33 % – удообрених 6 т/га гною + $N_{64}P_{54}K_{58}$; 8; 29; 27 і 36 % – 6 т/га гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$; 7,29; 26 і 38 % – удообрених 6 т/га гною + $N_{126}P_{82}K_{116}$.

5. За показником коефіцієнта екологізації рільництва нульова система удобрення (без внесення гною і мінеральних добрив) відповідає біологічному землеробству, перша – екологічному, друга і третя – екологізації галузі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Балюк С.А., Медведєв В.В., Момот Г.Ф., Левін А.Я. Підтримуйте ґрунт живим, захищайте його біорізноманіття. Вісник аграрної науки. 2020. № 12. С. 12–17.
2. Балюк С.А., Даниленко А.С., Фурдичко О.І. Звернення до керівництва держави щодо подолання кризової ситуації у сфері охорони земель. Вісник с.-г. науки. 2017. № 11. С. 5–8.
3. Періодична доповідь. Про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України / за ред. І.П. Яцука. Київ, 2015. 118 с.
4. Землеробство: підручник / І.Д. Примака та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. С. 3–5.
5. Яцук І.П., Моклячук Л.І. Екологічні індикатори зеленого зростання сільського господарства: монографія. Київ: ДІА, 2018. 159 с.
6. Кузін Н.В. Реабілітація деградованих і малопродуктивних земель сільськогосподарського призначення: монографія. Суми: видавничо-виробниче підприємство «Мрія-1», 2016. С. 35–36, 47 с.
7. Попова О.Л. Оцінка суспільних збитків і розміру відшкодування за погіршення якості сільськогосподарських земель. Економіка України. 2013. № 3 (616). С. 47–56.
8. Еволюція систем землеробства в Україні: монографія / І.Д. Примака та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2022. С. 433–453, 469–479.
9. Наукові основи сучасних систем вітчизняного землеробства: навчальний посібник / І.Д. Примака та ін. Вінниця: «ТВОРИ», 2022. С. 280–292, 308–313.
10. Зарішняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. Київ: Аграрна наука, 2015. С. 48–49, 185 с.
11. Танчик С.П., Цюк О.А., Центило Л.В. Наукові основи систем землеробства: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. С. 97–98, 253–258, 274.
12. Цвей Я.П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2014. С. 78–87, 331.

13. Скрильник Є.В., Гетманенко В.А., Кутова А.М., Товстий Ю.М. Баланс гумусу в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під впливом курячого посліду і компостів на його основі. Вісник аграрної науки. 2020. № 4. С. 21–27.

14. Демиденко О.В. Родючість чорнозему опідзоленого за різних систем удобрення в агроценозі Центрального Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2022. № 3. С. 5–12.

15. Сівозміни та родючість чорнозему Лівобережного Лісостепу: монографія / О.В. Демиденко та ін. Сміла, 2019. С. 253–255, 397–398, 402.

16. Кривенко А.І. Агробіологічні основи технологій вирощування озимих зернових культур у Південному Степу України: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2018. С. 63–65, 106–108.

17. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А. Зміни органічної речовини чорноземів під впливом тривалого сільськогосподарського використання. Посібник українського хлібороба. 2016. Т. 1. С. 121–123.

18. Богданович Р.П., Олійник В.С. Вплив надходження рослинних решток культур короткоротаційної сівозміни на вміст рухомих гумусових речовин в чорноземі типовому легкосуглинковому Правобережного Лісостепу. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2014. Вип. 21. С. 20–24.

19. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / М.В. Присяжнюк та ін. Київ, 2010. 112 с.

20. Цвей Я.П., Іваніна Р.В., Дубовий Ю.О. Стан гумусу чорнозему вилюгованого та післядія добрив за тривалого їх застосування у зернових ланках сівозміни. Новітні агротехнології. 2019. 7 с.

21. Войтовик М.В. Накопичення післязливних решток у ґрунті короткоротаційних сівозмін. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво: міжвід. темат. наук. зб. 2023. Вип. 73. Ч. 1. С. 42–56.

22. Гангур В.В. Агробіологічні основи формування сівозмін різної ротації в Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Чабани, 2019. 54 с.

23. Іваніна В.В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2016. С. 63–82, 282–283.

24. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А., Герасименко Я.О. Вплив різних систем удобрення на кількість і якісний склад гумусу дерново-підзолистого ґрунту. Вісник аграрної науки. 2020. № 8. С. 14–19.

25. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костоґриз П.В., Опришко П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 227 с.

26. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті / О.О. Бацула та ін. Київ: Урожай, 1987. С. 77–90, 103–106.

27. Екологічна система землеробства в Лісостепу України: методичні рекомендації для впровадження у виробництво / С.П. Танчик та ін. Київ, 2011. С. 3–30.

28. Танчик С.П., Прима І.Д., Літвінов Д.В., Центилю Л.В. Сівозміни: підручник. Київ: ЦП Компринт, 2019. С. 108–110.

29. Добри́ва в органічному землеробстві: історія, теорія, практика / І.Д. Прима та ін. Вінниця: «ТВОРИ», 2023. 262 с.

30. Шикіла М.К. Концепція біологічного землеробства на чорноземних ґрунтах. Науковий вісник НАУ. 2005. № 81. С. 262–278.

REFERENCES

1. Baliuk, S.A., Medvediev, V.V., Momot, H.F., Levin, A.Ia. (2020). Pidtrymuite hrunt zhyvym, zachyshchaite yoho bioriznomanittia [Keep the soil alive, protect its biodiversity] Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of agricultural science]. no. 12, pp. 12–17.

2. Baliuk, S.A., Danylenko, A.S., Furdychko, O.I. (2017). Zvernennia do kerivnytstva derzhavy shchodo podolannia kryzovoi sytuatsii u sferi okhorony zemel [Appeal to the state leadership on overcoming the crisis situation in the field of land protection]. Visnyk s.-h. nauky [Bulletin of agricultural science]. no. 11, pp. 5–8.

3. Yatsuk, I.P. (2015). Periodychna dopovid. Pro stan hruntiv na zemliakh silskohospodarskoho pryznachennia Ukrainy [Periodic report. On the condition of soils on agricultural lands of Ukraine]. Kyiv, 118 p.

4. Prymak, I.D., Yezerkovska, L.V., Fedoruk, Yu.V. (2020). Zemlerobstvo: pidruchnyk [Agriculture]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 3–5.

5. Yatsuk, I.P., Mokliachuk, L.I. (2018). Ekologichni indykatory zelenoho zrostantia silskoho hospodarstva: monohrafiia [Ecological indicators of green growth of agriculture]. Kyiv, DIA, 159 p.

6. Kuzin, N.V. (2016). Reabilitatsiia dehradovanykh i maloproduktyvnykh zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Rehabilitation of degraded and unproductive agricultural lands]. Sumy, publishing and production enterprise "Mriya-1", pp. 35–36, 47 p.

7. Popova, O.L. (2013). Otsinka suspilnykh zbytkiv i rozmiru vidshkoduvannia za pohirshennia yakosti silskohospodarskykh zemel [Assessment of social damages and the amount of compensation for the deterioration of the quality of agricultural land]. Ekonomika Ukrainy [Ukraine economy]. no. 3 (616), pp. 47–56.

8. Prymak, I.D., Tsiuk, O.A., Martyniuk, I.V. (2022). Evoliutsiia system zemlerobstva v Ukraini: monohrafiia [Evolution of farming systems in Ukraine]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 433–453, pp. 469–479.

9. Prymak, I.D., Martyniuk, I.V., Fedoruk, Yu.V. (2022). Naukovi osnovy suchasnykh system vitchyznianoho zemlerobstva: navchalnyi posibnyk [Scientific foundations of modern systems of domestic agriculture]. Vinnytsia, TVORY, pp. 280–292, pp. 308–313.

10. Zaryshniak, A.S., Tsvei, Ya.P., Ivanina, V.V. (2015). Optymizatsiia udobrennia ta rodiuchosti hruntu v sivozminakh [Optimization of fertilization and soil fertility in crop rotations]. Kyiv, Agrarian science, pp. 48–49, 185 p.

11. Tanchyk, S.P., Tsiuk, O.A., Tsentylo, L.V. (2015). Naukovi osnovy system zemlerobstva: monohrafiia [Scientific foundations of farming systems: monograph]. Vinnytsia, TOV Nilan- LTD, pp. 97–98, pp. 253–258, 274 p.

12. Tsvei, Ya.P. (2014) Rodiuchist hruntiv i produktyvnist sivozmin: monohrafiia [Soil fertility and crop rotation productivity]. Kyiv, TsP Komprynt, pp. 78–87, 331 p.
13. Skrylnyk, Ye.V., Hetmanenko, V.A., Kutova, A.M., Tovsty, Yu.M. (2020). Balans humusu v chornozemi opidzolenomu vazhkosuhlynkovomu pid vplyvom kuriachoho poslidu i kompostiv na yoho osnovi [The balance of humus in podsolized heavy loam chernozem under the influence of chicken droppings and composts based on it]. Visnyk ahraryi nauky [Bulletin of agricultural science]. no. 4, pp. 21–27.
14. Demydenko, O.V. (2022). Rodiuchist chornozemu opidzolenoho za riznykh system udobrennia v ahrotenozii Tsentralnoho Lisostepu [Fertility of podsolized chernozem under different fertilization systems in the agrocenosis of the Central Forest Steppe]. Visnyk ahraryi nauky [Bulletin of agricultural science]. no. 3, pp. 5–12.
15. Demydenko, O.V., Boiko, P.I., Blashchuk, M.I., Shapoval, I.S., Kovalenko, N.P. (2019). Sivozminy ta rodiuchist chornozemu Livoberezhnoho Lisostepu: monohrafiia. Smila [Crop rotations and fertility of chernozem of the Left Bank Forest Steppe]. pp. 253–255, pp. 397–398, 402 p.
16. Kryvenko, A.I. (2018). Ahrobiolohichni osnovy tekhnolohii vyroshchuvannia ozymykh zernovykh kultur u Pivdennomu Stepu Ukrainy: monohrafiia [Agrobiological bases of technologies for growing winter grain crops in the Southern Steppe of Ukraine]. Vinnytsia, TOV Nilan-LTD, pp. 63–65, pp. 106–108.
17. Skrylnyk, Ye.V., Kutova, A.M., Hetmanenko, V.A. (2016). Zminy orhanichnoi rechovyny chornozemiv pid vplyvom tryvaloho silskohospodarskoho vykorystannia [Changes in the organic matter of chernozems under the influence of long-term agricultural use. Ukrainian farmer's guide]. Posibnyk ukrainskoho khliboroba [Ukrainian farmer's guide]. Vol. 1, pp. 121–123.
18. Bohdanovych, R.P., Oliinyk, V.S. (2014). Vplyv nadkhodzhenia roslynnykh reshtok kultur korotkorotatsiinoi sivozminy na vmist rukhomykh humusovykh rechovyn v chornozemi typovomu lehkosuhlynkovomu Pravoberezhnoho Lisostepu [The influence of the arrival of plant residues of short-rotation crops on the content of mobile humic substances in the typical light loam chernozem of the Right Bank Forest Steppe]. Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovkykh buriakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]. Issue 21, pp. 20–24.
19. Prysiazhniuk, M.V. (2010). Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti hruntiv Ukrainy [National report on the state of soil fertility of Ukraine]. Kyiv, 112 p.
20. Tsvei, Ya.P., Ivanina, R.V., Dubovy, Yu.O. (2019). Stan humusu chornozemu vyluhuvanoho ta pisladiia dobryv za tryvaloho yikh zastosuvannia u zernovykh lankakh sivozminy [The condition of leached chernozem humus and the effect of fertilizers during their long-term use in the grain links of crop rotation]. Novitni ahrotekhnolohii [The latest agricultural technologies]. 7 p.
21. Voitovyk, M.V. (2023). Nakopychennia pislazhnyvnykh reshtok u hrunti korotko rotatsiinykh sivozmin [Accumulation of post-harvest residues in the soil of short rotation crop rotations]. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo: mizh vid. temat. nauk. zb. [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry: interdisciplinary. subject of science coll.]. Issue 73, Part 1, pp. 42–56.
22. Hanhur, V.V. (2019). Ahrobiolohichni osnovy formuvannia sivozmin riznoi rotatsii v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia d-ra s.-h. nauk: 06.01.01. [Agrobiological bases of formation of crop rotations of different rotations in the Left Bank Forest Steppe of Ukraine: abstract of the dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Chabany, 54 p.
23. Ivanina, V.V. (2016). Biolohizatsiia udobrennia kultur u sivozminakh: monohrafiia [Biologization of crop fertilization in crop rotations]. Kyiv, TsP Komprynt, pp. 63–82, pp. 282–283.
24. Skrylnyk, Ye.V., Kutova, A.M., Hetmanenko, V.A., Herasymenko, Ya.O. (2020). Vplyv riznykh system udobrennia na kilnist i yakisnyi sklad humusu dernovo-podzolistoho hruntu [The influence of different fertilization systems on the quantity and qualitative composition of humus in sod-podzolic soil]. Visnyk ahraryi nauky [Bulletin of agricultural science]. no. 8, pp. 14–19.
25. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, P.V. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Basics of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PP TD Edelweis i K, 227 p.
26. Batsula, O.O., Holovachov, Ye.A., Derevianko, R.H. (1987). Zabezpechennia bezdefitsynnoho balansu humusu v hrunti [Ensuring a deficit-free balance of humus in the soil]. Kyiv, Harvest, pp. 77–90, pp. 103–106.
27. Tanchyk, S.P., Demidov, O.A., Man'ko, Ju.P. (2011). Ekologichna systema zemlerobstva v Lisostepu Ukrainy: metodychni rekomendacii dlja vprovadzhennia u vyrobnytstvo [The ecological system of agriculture in the forest-steppe of Ukraine: methodical recommendations for implementation in production]. Kyiv, pp. 3–30.
28. Tanchyk, S.P., Prymak, I.D., Litvinov, D.V., Tsentylo, L.V. (2019). Sivozminy: pidruchnyk [Crop rotation]. Kyiv, TsP Komprynt, pp. 108–110.
29. Prymak, I.D., Marchuk, I.U., Martyniuk, I.V. (2023). Dobryva v orhanichnomu zemlerobstvi: istoriia, teoriia, praktyka [Fertilizers in organic farming: history, theory, practice]. Vinnytsia, TVORY, 262 p.
30. Shykula, M.K. (2005). Kontseptsiiia biolohichnoho zemlerobstva na chornozemnykh hruntakh [The concept of biological agriculture on chernozem soils]. Naukovi visnyk NAU [Scientific Bulletin of NAU]. no. 81, pp. 262–278.
- The influence of fertilizer systems on plant residues mass of agrophytocoenoses of short-term crop rotation, the balance of soil humus and ecologization of agriculture**
- Prymak I., Yezerkovska L., Voitovyk M., Karaulna V., Panchenko O., Kachan L., Obrazhyi S.**
- Three-year (2020–2022) studies on the black soil of a typical experimental field of the Bila Tserkva

National Agrarian University found that on unfertilized variants fertilized with 6t/ha of manure + $N_{64}P_{54}K_{58}$, 6t/ha of manure + $N_{98}P_{66}K_{92}$ and 6 t/ha of manure + $N_{126}P_{82}K_{116}$ according to the use of non-commercial products of agrophytocenoses as organic fertilizer, the dry matter of root residues was 2.64, respectively; 3.89; 4.64 and 5.13 tons, plant residues – 3.63; 5.25; 6.24 and 6.84 tons, and crop rotation productivity – 1.98; 3.42; 4.40 and 4.83 tons of dry matter of the main products and 4.48; 7.84; 10.22 and 11.43 tons of the main products and by-products of crops per hectare of arable land.

With an increase in fertilizer application rates, the increase in marketable products of agrophytocenoses is higher than that of plant residues. At the same time, the ratio of the dry mass of the main products and by-products of agricultural plants to the mass of their root and plant residues, as well as the share of their non-marketable products, is increasing.

A positive balance of soil humus was recorded only in the fields of white mustard and buckwheat, it is negative under the rest of the agrophytocenoses. On unfertilized plots fertilized with 6 tons of manure + $N_{64}P_{54}K_{58}$, 6 tons of manure + $N_{98}P_{66}K_{92}$ and 6 tons of manure + $N_{126}P_{82}K_{116}$ with the use of by-products of agrophytocenoses as organic fertilizer, the balance

of humus in the arable layer of typical black soil was positive and was, respectively, 0.34; 0.63; 0.55 and 0.60 t per hectare of crop rotation. When non-commodity crop production was removed from the fields, this indicator was negative in all experimental variants.

In general, the share of humus formed from manure, plant residues, green manure and non-commodity crop products in the crop rotation was 0, 36, 31 and 33% on unfertilized plots, respectively; 10, 30, 27 and 33 % – fertilized with 6 t/ha of manure + $N_{64}P_{54}K_{58}$; 8, 29, 27 and 36 % – fertilized with 6 t/ha of manure + $N_{98}P_{66}K_{92}$; 7.29, 26 and 38 % – fertilized with 6 t/ha of manure + $N_{126}P_{82}K_{116}$.

According to the indicator of the ecologization coefficient of agriculture, the zero fertilization system (without the application of manure and mineral fertilizers) corresponds to biological farming, the first is ecological, the second and the third – the ecologization of the branch.

Agrotechnically efficient is the use of agrophytocenoses by-products as organic fertiliser and ploughing only for a row crop in a five-field crop rotation.

Key words: fertilization system, plant residues, humus, agrophytocenoses, crop rotation, ecologization, by-products (non-marketable products), productivity.



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.

Єзерковська Л.В.

Караульна В.М.

Качан Л.М.

Образій С.В.

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

<https://orcid.org/0000-0002-6644-120X>

<https://orcid.org/0000-0002-9141-9880>

<https://orcid.org/0000-0001-5374-3252>

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

УДК 632.7:591.9

Поширення та коло хазяїв цикадки цитрусової (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)) у м. Київ

Сус Н.П.¹ , Янсе Л.А.² , Орловський А.В.³ ¹ Інститут агроєкології і природокористування НААН України² Національна академія аграрних наук України³ Інститут садівництва НААН України Сус Н.П. email@nazariy-sus.com

Сус Н.П., Янсе Л.А., Орловський А.В.
Поширення та коло хазяїв цикадки цитрусової (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)) у м. Київ. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 112–120.

Sus N., Janse L., Orlovskiy A. Distribution and host range of the citrus flatid planthopper (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)) in Kyiv. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 112–120.

Рукопис отримано: 08.10.2023 р.

Прийнято: 23.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-112-120

Metcalfa pruinosa (Say, 1830) або цикадка цитрусова – це інвазивний сисний шкідник, який стрімко поширюється територією України і з 2016 року наявний у м. Київ. Попри це, вичерпних даних щодо кола хазяїв та поширення цикадки цитрусової на території Києва наразі недостатньо. Тому метою дослідження було з'ясувати особливості поширення та коло рослин-хазяїв *M. pruinosa* у фітоценозах м. Київ різного типу, зокрема – в районах міста не охоплених попередніми дослідженнями. Для цього ми провели обстеження флори Києва у 2021–2023 роках. У 2021 р. ми обстежили лише дві ділянки, розташовані в Дарницькому та Голосіївському районах, відповідно. У 2022 р. було обстежено рослинність у різних локаціях Дарницького, Голосіївського та Подільського районів м. Київ. У 2023 р. було обстежено флору у 23-х різних точках, що забезпечило охоплення всіх адміністративних районів Києва. Як результат, зареєстровано наявність цитрусової цикадки в усіх районах Києва. Водночас слід зазначити, що поширення *M. pruinosa* охоплювало не всю територію Києва, а лише окремі її частини. Тому ми дійшли висновку, що поширення цикадки цитрусової у Києві було диз'юнктивним. Крім того, це дослідження показало, що в м. Київ цикадка цитрусова пошкоджує 55 видів рослин, що належать до 49 родів, 35 родин та 23 порядків. Однак, з огляду на попередньо відомі хазяї *M. pruinosa* в м. Київ, коло хазяїв цикадки цитрусової загалом містить щонайменше 130 видів рослин, що належать до 95 родів, 57 родин і 30 порядків. Водночас як за цими, так і за попередньо відомими даними, найпредставленішими порядком, родиною та родами (за кількістю видів) у колі хазяїв *M. pruinosa* в м. Київ були: порядок Rosales Bercht. & J. Presl, родина Rosaceae Juss., роди *Acer* L. та *Prunus* L., відповідно. Заразом з'ясовано, що у Києві найчастіше цикадка цитрусова пошкоджувала *Humulus lupulus* L., *Juglans regia* L. та види роду *Acer* L. Підсумовуючи, слід зазначити, що необхідні подальші дослідження для виявлення ступеня поширення *M. pruinosa* в усіх типах місцевостей України, складання переліку рослин-хазяїв у них та вивчення біології шкідника на нещодавно заселених територіях.

Ключові слова: хміль, клен, горіх, *Humulus lupulus*, *Acer*, *Juglans regia*, шкідник, паразит.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) або цикадка цитрусова – інвазивний моновольтинний зграйний шкідник, який пошкоджує низку цінних сільськогосподарських культур й декоративних рослин [1–11]. Крім того, цикадка цитрусова є переносником низки фітоплазм, зокрема *Candidatus Phytoplasma ulmi*, *Candidatus*

Phytoplasma mali, *Candidatus Phytoplasma solani*, *Candidatus Phytoplasma asteris*, а також *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* [12, 13]. Заразом *M. pruinosa* екскретує падь, яка слугує субстратом для збудників чорнуватості (брит. англ. *sooty mould*; амер. англ. *sooty mold*) [5]. Водночас, попри те, що збудники чорнуватості не є паразитами, ці мікроміцети утворюють

чорний наліт (чорнуватість), який обмежує доступ сонячної радіації до хлоропластів, і у такий спосіб вони чинять негативний вплив на фотосинтез [14]. Насамкінець, чорнуватість а також падь та восковий наліт, які виділяє цитрусова цикадка, суттєво спотворюють габітус рослин-хазяїв [5]. Отже, з огляду на шкодочинність *M. pruinosa*, актуальним є виявлення як територій, де наявний цей шкідник, так і рослин, які він пошкоджує [1–11, 15].

У Києві *M. pruinosa* вперше було виявлено у травні 2016 року в Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України [1]. Відтоді й дотепер ця комаха наявна у Голосіївському [2–5, 11], Дарницькому [4, 5], Деснянському [2], Оболонському [4], Печерському [1, 2, 4, 6–9], Подільському [4, 10], Солом'янському [4] та Шевченківському [2, 4, 10] районах м. Київ. Крім того, наявність *M. pruinosa* в Дарницькому, Оболонському, Подільському та Солом'янському районах засвідчено лише спостережувальними мережами *iNaturalist* та *UkrBIN* й потребує додаткового підтвердження [4, 10]. Коло хазяїв *M. pruinosa* у м. Київ дотепер вивчали, здебільшого, у Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України [1, 7, 9]. Поодинокі дослідження кола хазяїв цикадки цитрусової проводили також у Голосіївському, Дарницькому, Деснянському та Шевченківському районах [2, 3, 5]. Загалом ці дослідження виявили 101 вид рослин хазяїв цикадки цитрусової, що належать до 73 родів, 45 родин та 25 порядків [1, 2, 3, 5, 7, 9]. У кінцевому підсумку, дотепер відсутні дані щодо наявності цикадки цитрусової у 2-х і щодо хазяїв цього паразита у 5-ти із 10-ти районів м. Київ. Тому, з огляду на шкодочинність *M. pruinosa*, є нагальна потреба у доповненні знань щодо поширення та кола хазяїв цикадки цитрусової на території м. Київ.

Мета дослідження – з'ясувати особливості поширення та кола рослин-хазяїв *M. pruinosa* у фітоценозах м. Київ різного типу, зокрема – у районах міста не охоплених попередніми дослідженнями.

Матеріал і методи дослідження. Фітосанітарні обстеження здійснювали впродовж II–III декад серпня 2021 р., III декади серпня та I декади вересня 2022 р., I–II декад вересня 2023 р. в період потенційно масового поширення *M. pruinosa* та прояву пошкодження рослин цим шкідником. У 2021 році обстеження проводили на території Голосіївського (провулок Леопольда Яценка) та Дарницького (садово-дачний кооператив «Орхідея-3») районів м. Київ, у 2022 році – на території Голосіївського, Дарницького та Подільського районів Києва, а саме вздовж вулиць Академіка

Заболотного, Академіка Книшова, Академіка Лебедева, Виставкової, Горіхуватський шлях, Драгоманова, Красилівської, Межигірської, Метрологічної, Оболонської, Сеченова, Теслярської, Холодноярської, Юлії Здановської та Юрківської, провулків Леопольда Яценка, Тиврівського та Ужгородського, Голосіївського проспекту, а також на території Національного природного парку «Голосіївський», садово-дачного кооперативу «Орхідея-3» та скверу на Щекавицькій площі. У 2023 р. фітосанітарне обстеження здійснювали на території усіх 10 районів м. Київ в межах 23 урбофітоценозів різного типу (зазначені у Результатах).

Обстеження проводили за методикою, описаною Дмитрієвим Г.В., що була згадана в [2] й яка використовується для виявлення й обліку шкідників у паркових насадженнях. Ідентифікацію цикадки цитрусової здійснювали за морфологічними ознаками, описаними у роботі [16]. Водночас таксономічне положення рослин-хазяїв цикадки цитрусової з'ясовували за визначником [17]. У дослідженні хазяїном цього шкідника вважалася рослина, на якій виявляли імаго, або німфи *M. pruinosa*, а також восковий наліт та екзувії цієї комахи. Актуальну біноміальну назву рослин вказували згідно з *The Plant List* та *The WFO Plant List* [18–19]. Українську назву рослин зазначали згідно з [20].

Результати дослідження та обговорення. Дослідження щодо поширення та кола хазяїв *M. pruinosa* у м. Київ здійснювалося впродовж 2021–2023 рр. Відтак у серпні 2021 р. ми виявили, що вздовж провулку Леопольда Яценка (попередня назва – провулок Василя Жуковського) та у садово-дачному кооперативі «Орхідея-3» хміль звичайний (*Humulus lupulus* L.) пошкоджував невідомий для цієї території шкідник – *M. pruinosa*. З огляду на це, у серпні – вересні 2022 р. ми проводили розширені обстеження рослинності в окремих локаціях Голосіївського, Дарницького та Подільського районів Києва, де за результатами попередніх досліджень було виявлено насадження хмелю звичайного, відомого як рослини-хазяїна цикадки цитрусової. Результати фітосанітарного обстеження рослинності у Подільському районі, а саме вздовж вулиць Межигірська і Оболонська та у сквері на Щекавицькій площі, засвідчили відсутність пошкодження рослинності цикадкою цитрусовою у цих локаціях у 2022 р. Водночас ми з'ясували, що *M. pruinosa* пошкоджувала низку рослин у Дарницькому та Голосіївському районах Києва. Зокрема, встановлено, що у 2022 р. у Голосіївському районі цикадка цитрусова пошкоджувала щонайменше 18 видів рослин, які належать до 16 родів, 15 родин та 11 порядків (табл. 1).

У 2022 р. ми також обстежили два фітоценози у Дарницькому районі: вздовж вулиці Драгоманова та у садово-дачному кооперативі «Орхідея-3». Цикадка цитрусова не була виявлена на рослинності вздовж вулиці Драгоманова, проте у садово-дачному кооперативі «Орхідея-3» *M. pruinosa* населяла в умовах 2022 року щонайменше 15 видів рослин, що належать до 15 родів, 14 родин та 10 порядків. Крім того, встановлено, що 10 із цих 15-ти видів рослин дотепер не зустрічалися як хазяї цикадки цитрусової на території м. Київ (табл. 2).

З огляду на відсутність даних щодо поширення цикадки цитрусової у всіх районах Києва [1–11], у 2023 р. фітосанітарними обстеженнями було охоплено всі райони. Фітосанітарне обстеження лівобережної частини

міста у 2023 р. здійснювалося у 8 урбофітоценозах, які розташовані у Дарницькому (5 урбофітоценозів), Деснянському (1 урбофітоценоз) та Дніпровському (2 урбофітоценози) районах. З-поміж цих 8 вказаних локацій, *M. pruinosa* була виявлена лише у 4-х (табл. 3). Заразом, цей шкідник не був виявлений у парку «Позняки», на узбережжі озера Вирлиця (зі сторони ст. м. Вирлиця), вздовж вулиці Дніпровська набережна та у парку «Попудренко». У підсумку, варто зазначити, що на лівобережній частині м. Київ *M. pruinosa* житиметься щонайменше на 19 видах рослин, які належать до 16 родів, 15 родин та 10 порядків. Водночас, 10 із цих 19-ти видів рослин до сьогодні не фіксувалися як хазяї цієї комахи на території м. Київ (табл. 3).

Таблиця 1 – Коло рослин-хазяїв *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) у Голосіївському районі м. Київ (2022 р.)

Біноміальна назва	Українська назва
<i>Acer negundo</i> L.	Клен ясенolistий
<i>Acer platanoides</i> L.	Клен звичайний
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Явір
<i>Arctium minus</i> (Hill) Bernh.	Лопух малий
<i>Buxus sempervirens</i> L.	Букшпан вічнозелений
<i>Carpinus betulus</i> L.	Граб звичайний
<i>Chelidonium majus</i> L.	Чистотіл звичайний
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Берізка польова
<i>Erigeron canadensis</i> L.	Пушнік канадський
<i>Frangula alnus</i> Mill.	Крушина звичайна
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Ясен звичайний
<i>Humulus lupulus</i> L.	Хміль звичайний
<i>Juglans regia</i> L.	Горіх волоський
<i>Plantago major</i> L.	Подорожник великий
<i>Populus tremula</i> L.	Осика
<i>Rosa canina</i> L.	Шипшина звичайна
<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S.F.Blake	Білоягідник звичайний
<i>Tilia cordata</i> Mill.	Липа дрібнолиста

Примітка: дані, вказані у цій таблиці частково опубліковано у тезах доповіді [3].

Таблиця 2 – Коло рослин-хазяїв *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) у Дарницькому районі м. Київ (садово-дачний кооператив «Орхідея-3», 2022 р.)

Біноміальна назва	Українська назва
<i>Acer negundo</i> L.	Клен ясенolistий
* <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Амброзія полинолиста
* <i>Asparagus</i> sp.	Холодок
* <i>Asclepias syriaca</i> L.	Ваточник звичайний
* <i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	Лимон
* <i>Coffea arabica</i> L.	Кава арабійська
* <i>Cucumis sativus</i> L.	Огірок посівний
* <i>Helianthus tuberosus</i> L.	Соняшник бульбистий
<i>Humulus lupulus</i> L.	Хміль звичайний
* <i>Musa acuminata</i> Colla	Банан загострений
<i>Prunus cerasus</i> L.	Вишня звичайна
* <i>Ribes nigrum</i> L.	Смородина чорна
<i>Urtica dioica</i> L.	Кропива звичайна
* <i>Vaccinium corymbosum</i> L.	Лохина високоросла
<i>Vitis</i> sp.	Виноград

Примітка: * – вид, який дотепер не повідомлявся як хазяїн *M. pruinosa* у Києві [1–3, 5, 7, 9, 11].

Таблиця 3 – Поширення та коло хазяїв *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) на лівобережній частині м. Київ (2023 р.)

Біноміальна назва	Українська назва
Дарницький район	
Околиці Микільського лісу біля ст. м. Червоний хутір	
<i>Acer platanoides</i> L.	Клен звичайний
* <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Амброзія полинолиста
* <i>Betula pendula</i> Roth	Береза повисла
<i>Chelidonium majus</i> L.	Чистотіл звичайний
* <i>Euonymus europaeus</i> L.	Бруслина європейська
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Робінія звичайна
* <i>Ulmus glabra</i> Huds.	В'яз шорсткий
Садово-дачний кооператив «Орхідея-3»	
<i>Acer negundo</i> L.	Клен ясенелистий
* <i>Aristolochia clematitis</i> L.	Хвилівник звичайний
* <i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	Лимон
<i>Humulus lupulus</i> L.	Хміль звичайний
<i>Juglans regia</i> L.	Горіх волоський
* <i>Prunus domestica</i> L.	Слива домашня
<i>Prunus cerasus</i> L.	Вишня звичайна
Деснянський район	
Парк «Кіото»	
* <i>Prunus domestica</i> L.	Слива домашня
Дніпровський район	
Парк «Перемога»	
<i>Acer platanoides</i> L.	Клен звичайний
<i>Acer tataricum</i> L.	Клен татарський
* <i>Catalpa bignonioides</i> Walter	Катальпа звичайна
* <i>Cotinus coggygria</i> Scop.	Рай-дерево звичайне
<i>Humulus lupulus</i> L.	Хміль звичайний
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	Дикий виноград п'ятилистий
* <i>Ptelea trifoliata</i> L.	В'язовик трилистий
* <i>Ulmus glabra</i> Huds.	В'яз шорсткий

Примітка: * – вид, який дотепер не фіксувався як хазяїн *M. pruinosa* у Києві [1–3, 5, 7, 9, 11].

У межах цього дослідження проведено також обстеження флори правобережної частини м. Київ у 2023 р., яке охоплювало 15 локацій усіх 7-ми районів міста, а саме у Голосіївському (2 урбофітоценози), Оболонському (3 урбофітоценози), Печерському (2 урбофітоценози), Подільському (2 урбофітоценози), Святошинському (3 урбофітоценози), Солом'янському (1 урбофітоценоз) та Шевченківському (2 урбофітоценози).

У межах 6-ти локацій шкідник був відсутній (узбережжя озера Кирилівського, парк імені Леоніда Телятнікова, сквер імені Василя Стуса, сквер ім. Феодори Пушиної, парк ім. Івана Багряного та Латвійський сквер). У решті 9-ти обстежених урбофітоценозах правобережної частини Києва ця комаха була виявлена на 28 видах рослин-хазяїв, які належать до 25 родів, 20 родин та 14 порядків. Крім того, у цих фітоценозах виявлено 14 ви-

дів рослин-хазяїв, які дотепер не реєструвалися як хазяї *M. pruinosa* у Києві (табл. 4).

З огляду на дані цього та інших розглянутих досліджень [1–3, 5, 7, 9, 11], коло хазяїв *M. pruinosa* в умовах Києва охоплює 130 видів рослин, що належать до 95 родів, 57 родин та 30 порядків. Водночас, за результатами представлених досліджень виявлено 55 видів рослин-хазяїв цикадки цитрусової, які належать до 49 родів, 35 родин та 23 порядків. Крім того, 27 з цих 55-ти видів дотепер не реєструвалися як хазяї *M. pruinosa* на території м. Київ. Слід також зазначити, що найпредставленішим порядком у колі хазяїв цикадки цитрусової у Києві загалом є Rosales Bercht. & J. Presl (25 видів), найпредставленішою родиною – Rosaceae Juss. (17 видів), а найпредставленішими родами – *Acer* L. та *Prunus* L. (по 7 видів). Водночас найпредставленішим родом у колі хазяїв *M. pruinosa* за результатами представленої дослідження був рід *Acer* L. (4 види).

Таблиця 4 – Поширення та коло хазяїв *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) на правобережній частині м. Київ (2023 р.)

Біноміальна назва	Українська назва
1	2
Голосіївський район	
Голосіївський парк імені М.Т. Рильського	
<i>Acer negundo</i> L.	Клен ясенелистий
<i>Acer platanoides</i> L.	Клен звичайний
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Явір
* <i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott	Аронія чорноплідна
* <i>Corylus avellana</i> L.	Ліщина звичайна
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Ясен звичайний
<i>Humulus lupulus</i> L.	Хміль звичайний
<i>Juglans regia</i> L.	Горіх волоський
<i>Rosa canina</i> L.	Шипшина звичайна
<i>Syringa vulgaris</i> L.	Бузок звичайний
* <i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Тамарикс галузистий
* <i>Ulmus glabra</i> Huds.	В'яз шорсткий
<i>Viburnum opulus</i> L.	Калина звичайна
Лісове урочище «Теремки»	
<i>Acer negundo</i> L.	Клен ясенелистий
<i>Acer platanoides</i> L.	Клен звичайний
* <i>Catalpa bignonioides</i> Walter	Катальпа звичайна
<i>Chelidonium majus</i> L.	Чистотіл звичайний
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Ясен звичайний
<i>Juglans regia</i> L.	Горіх волоський
* <i>Sambucus nigra</i> L.	Бузина чорна
* <i>Ulmus glabra</i> Huds.	В'яз шорсткий

Продовження табл. 4

1	2
Оболонський район	
Парк на Мінській	
* <i>Syringa vulgaris</i> L.	Бузок звичайний
Печерський район	
Парк Вічної Слави	
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Ясен звичайний
<i>Humulus lupulus</i> L.	Хміль звичайний
<i>Syringa vulgaris</i> L.	Бузок звичайний
<i>Viburnum opulus</i> L.	Калина звичайна
Подільський район	
вулиця Межигірська	
* <i>Cornus sanguinea</i> L.	Свидина криваво-червона
* <i>Hosta plantaginea</i> (Lam.) Asch.	Фукція подорожникова
<i>Humulus lupulus</i> L.	Хміль звичайний
<i>Tilia cordata</i> Mill.	Липа дрібнолиста
Сквер на Щекавицькій площі	
<i>Acer negundo</i> L.	Клен ясенелистий
<i>Acer platanoides</i> L.	Клен звичайний
<i>Humulus lupulus</i> L.	Хміль звичайний
<i>Juglans regia</i> L.	Горіх волоський
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	Дикий виноград п'ятилистий
Святошинський район	
Парк «Семашко»	
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	Дикий виноград п'ятилистий
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Робінія звичайна
Солом'янський район	
Політехнічний парк	
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Явір
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Ясен звичайний
<i>Juglans regia</i> L.	Горіх волоський
Шевченківський район	
Парк «Нивки»	
<i>Acer negundo</i> L.	Клен ясенелистий
<i>Acer platanoides</i> L.	Клен звичайний
<i>Cornus sanguinea</i> L.	Свидина криваво-червона
* <i>Echinocystis lobata</i> (Michx.) Torr. & A.Gray	Їжакоплідник виткий
* <i>Euonymus europaeus</i> L.	Бруслина європейська
<i>Humulus lupulus</i> L.	Хміль звичайний
<i>Juglans regia</i> L.	Горіх волоський
* <i>Morus nigra</i> L.	Шовковиця чорна
* <i>Parthenocissus inserta</i> (A.Kern.) Fritsch	Дикий виноград чіпкий
* <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	Алича
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Робінія звичайна
<i>Rubus caesius</i> L.	Ожина звичайна
<i>Tilia cordata</i> Mill.	Липа дрібнолиста
<i>Urtica dioica</i> L.	Кропива звичайна

Примітка: * – вид, який дотепер не реєстрували як хазяїна *M. pruinosa* у Києві [1–3, 5, 7, 9, 11].

Насамкінець слід описати низку закономірностей, які ми спостерігали впродовж проведених фітосанітарних обстежень. Зокрема у жодному з досліджуваних фітоценозів *M. pruinosa* не була наявна на всій території фітоценозу, а лише на окремих його частинах. Цей шкідник найчастіше пошкоджував *Humulus lupulus* L., *Juglans regia* L. та види роду *Acer* L. і зустрічався здебільшого на рослинах, що росли на добре освітлених місцях. У випадку заселення деревних насаджень, *M. pruinosa* реєстрували переважно або на молодих деревах, або на пониклих гілках дорослих дерев, які знаходилися близько до землі (приблизно до 1 м від землі). Слід також зазначити, що екзувії та восковий наліт *M. pruinosa* виявляли здебільшого у місцях, захищених від потрапляння прямого сонячного світла, зокрема зі споду листя або в гущі гілок.

Висновки. Фітосанітарні обстеження засвідчили наявність *M. pruinosa* у всіх 10-ти районах м. Київ. Впродовж періоду обстеження ареал цього шкідника в межах міста виявився диз'юнктивним. У досліджуваних фітоценозах *M. pruinosa* пошкоджувала 55 видів рослин, що належать до 49 родів, 35 родин та 23 порядків. Заразом *M. pruinosa* найчастіше пошкоджувала у м. Київ *Humulus lupulus* L., *Juglans regia* L. та види роду *Acer* L.

Результати власних досліджень та повідомлення інших авторів [1–3, 5, 7, 9, 11] дозволяють охарактеризувати коло рослин-хазяїв *M. pruinosa* на території міста Києва як таке, що сумарно складається зі 130 видів рослин, що належать до 95 родів, 57 родин та 30 порядків. Найбільш представленими у цьому списку є роди *Acer* L. та *Prunus* L. (по 7 видів), родина – Rosaceae Juss. (17 видів), порядок Rosales Bercht. & J. Presl (25 видів).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kushnir N.V., Bondareva L.M. Propagation, Trophic Connection, and Phenology of *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) (Auchenorrhyncha: Hemiptera) in the Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine. Russian Journal of Biological Invasions. 2022. Vol. 13. No 1. P. 74–80. DOI: 10.1134/s207511172201009x
2. Цикадка біла (*Metcalfa pruinosa* Say) – новий небезпечний шкідник рослин в парках Києва / О.О. Стригун та ін. Захист рослин: наукові здобутки та перспективи досліджень: матеріали Міжнарод. науково-практ. конф., м. Київ, 24–25 трав. 2022 р. Київ, 2022. С. 66–70. URL: https://ipp.gov.ua/wp-content/uploads/tezi_konferentsiya-do-75-richchya-izr_07_06_2022.pdf#page=67
3. Сус Н.П., Цвігун В.О., Орловський А.В. Коло хазяїв *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) в Голосіївському районі міста Києва. Збалансоване природокористування: традиції, перспективи та інновації: матеріали Міжнарод. науково-практ. конф., м. Київ, 18–19 трав. 2023 р. Київ, 2023. С. 122–124. URL: https://www.researchgate.net/publication/371307692_Kolo_hazaiv_Metcalfa_pruinosa_Say_1830_v_Golosivskomu_rajoni_mista_Kieva
4. iNaturalist research-grade observations. Occurrence dataset. iNaturalist.org. DOI: 10.15468/ab3s5x
5. Yanse L., Sus N. *Metcalfa pruinosa* Say, 1830 as a new parasite of hop plants in Ukraine. Balanced nature using. 2023. No 1. P. 74–81. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2023.278542
6. Назаренко В.Ю. Деякі знахідки чужорідних комах і рослин в Україні. Знахідки чужорідних видів рослин та тварин в Україні. Київ-Чернівці, 2023. С. 308–310. URL: https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2023/06/2_Chuzhoridni_20.06_compressed.pdf#page=309
7. Кушнір Н.В., Бондарева Л.М., Тарнавський Н.В. Кормові рослини *Metcalfa pruinosa* Say (Hemiptera: Flatidae) на території Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. Інноваційні технології в захисті рослин за умов глобалізації: зб. тез Міжнарод. науково-практ. онлайн конф., м. Київ, 1 груд. 2022 р. Київ, 2022. С. 128–129. URL: <https://zhatk.zt.ua/wp-content/uploads/2023/03/zbirnik-tez-2022-fzrbtae.pdf#page=129>
8. Бондарева Л.М., Кушнір Н.В., Приходько Є.С. Особливості біології *Metcalfa pruinosa* Say (Hemiptera: Flatidae) на території Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. Інноваційні технології в захисті рослин за умов глобалізації: зб. тез Міжнарод. науково-практ. онлайн конф., м. Київ, 1 груд. 2022 р. Київ, 2022. С. 125–126. URL: <https://zhatk.zt.ua/wp-content/uploads/2023/03/zbirnik-tez-2022-fzrbtae.pdf#page=126>
9. Makarenko N.V. *Phyllaphis fagi* (Linn.) on *Fagus sylvatica* (L.) and experience of population control in the conditions of M.M. Grishko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine. Conservation of plants in connection with climate changes and biological invasions: proceedings of the International Scientific Conference, Bila Tserkva, 31 March 2021. Bila Tserkva, 2021. P. 285–286. URL: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/%20рослин%20у%20зв'язку%20зі%20зміними%20клімату_2021.pdf#page=285
10. UkrBIN contributors, UkrBIN. *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830). Dataset ID #360335. Ukrainian Biodiversity Information Network. URL: <https://ukrbn.com/index.php?id=360335>
11. Сус Н.П., Янсе Л.А. Ознаки пошкодження хмелю звичайного інвазивним шкідником *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830). Вклад молодих вчених у розбудову незалежності України: матеріали науково-практ. конф., м. Київ, 23–24 серп. 2023 р. Київ, 2023. С. 83–85. URL: https://www.researchgate.net/publication/373829261_Oznaki_poskodzenna_hmelu_zvichajnogo_invazivnim_skidnikom_Metcalfa_pruinosa_Say_1830

12. Biological and molecular evidence for the transmission of aster yellows phytoplasma to French marigold (*Tagetes patula*) by the flatid planthopper *Metcalfa pruinosa* / E. Mergenthaler et al. *Annals of Applied Biology*. 2020. Vol. 176. No 3. P. 249–256. DOI: 10.1111/aab.12582

13. Role of *Metcalfa pruinosa* as a Vector for *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* / I. Donati et al. *The Plant Pathology Journal*. 2017. Vol. 33. No 6. P. 554–560. DOI: 10.5423/ppj.oa.04.2017.0074

14. The sooty moulds / P. Chomnunti et al. *Fungal Diversity*. 2014. Vol. 66. No 1. P. 1–36. DOI: 10.1007/s13225-014-0278-5

15. Grozea I., Costea M. A., Stef R., Virteiu A.M. The evolution of the *metcalfa pruinosa*, *nezara viridula* and *halyomorpha halys* species since the first reporting in agroecosystems in Romania. *Romanian Journal for Plant Protection*. 2022. Vol. 15. P. 47–54. DOI: 10.54574/rjpp.15.06

16. Della Giustina W. *Metcalfa pruinosa* (Say 1830), nouveauté pour la Faune de France [Horn. Flatidae]. *Bulletin de la Société entomologique de France*. 1986. Vol. 91. No 3. P. 89–92. DOI: 10.3406/bsef.1986.18193

17. Визначник рослин України / А. І. Барбарич та ін.; ред.: Д.К. Зеров та ін. 2-ге вид. Київ: Урожай, 1965. 878 с. URL: <https://ia802308.us.archive.org/11/items/vyznr0slyn/vyznr0slyn.pdf>

18. The Plant List – A working list for all plant species. Version 1.1. The Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org/>

19. The WFO Plant List. World Flora Online. URL: <https://wfoplantlist.org/plant-list/>

20. Словник українських наукових і народних назв судинних рослин / уклад. Ю. Кобів. Київ: Наук. думка, 2004. 800 с. URL: <https://ia803409.us.archive.org/15/items/sl0vn2004/sl0vn2004.pdf>

REFERENCES

1. Kushnir, N.V., Bondareva, L.M. (2022). Propagation, trophic connection, and phenology of *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) (Auchenorrhyncha: Hemiptera) in the Gryshko National botanical garden of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Russian Journal of Biological Invasions*. Vol. 13(1), pp. 74–80. DOI: 10.1134/s207511172201009x.

2. Stryhun, O.O. (2022). Tsykadka bila (*Metcalfa pruinosa* Say) – novyi nebezpechnyi shkidnyk roslyn v parkakh Kyieva [The citrus flatid planthopper (*Metcalfa pruinosa* Say) is a new dangerous plant pest in Kyiv parks]. *Zakhystroslyn: naukovy zdobutky ta perspektyvy doslidzhen* [Plant protection: scientific achievements and research perspectives: materials of the International scientific and practical conf.]. Kyiv, pp. 66–70. Available at: https://ipp.gov.ua/wp-content/uploads/tezi_konferentsiya-do-75-richchya-izr_07_06_2022.pdf#page=67

3. Sus, N.P., Tsvihun, V.O., Orlovskiy, A.V. (2023). Kolo khaziaiv *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) v Hosiivskomu raioni mista Kyieva [The host range of *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) in the Hosiivsky district of Kyiv]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannja: tradycii*,

perspektyvy ta innovacii': materialy Mizhnar. nauko-vo-prakt. konf. [Balanced environmental management: traditions, prospects and innovations: international scientific conference]. Kyiv, pp. 122–124. Available at: https://www.researchgate.net/publication/371307692_Kolo_hazaiv_Metcalfa_pruinosa_Say_1830_v_Hosiivskomu_raioni_mista_Kyieva

4. iNaturalist research-grade observations. Occurrence dataset. iNaturalist.org. DOI: 10.15468/ab3s5x

5. Yanse, L. Sus, N. (2023). *Metcalfa pruinosa* Say, 1830 as a new parasite of hop plants in Ukraine. *Balanced nature using*. no. 1, pp. 74–81. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2023.278542.

6. Nazarenko, V.Iu. (2023). Deiaki znakhidky chuzhoridnykh komakh i roslyn v Ukraini [Some records of alien insects and plants in Ukraine]. *Znakhidky chuzhoridnykh vydiv roslyn ta tvaryn v Ukraini* [Records of alien plant and animal species in Ukraine]. Kyiv, pp. 308–310. Available at: https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2023/06/2_Chuzhoridni_20.06_compressed.pdf#page=309

7. Kushnir, N.V., Bondareva, L.M., Tarnavskiy, N.V. (2022). Kormovi roslyny *Metcalfa pruinosa* Say (Hemiptera: Flatidae) na terytorii Natsionalnoho botanichnoho sadu imeni M.M. Hryshka NAN Ukrainy [Host plants of *Metcalfa pruinosa* Say (Hemiptera: Flatidae) on the territory of the M.M. Hryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine]. *Innovatsiini tekhnolohii v zakhysti roslyn za umov hlobalizatsii* [Innovative technologies in plant protection under the conditions of globalization: coll. theses International scientific and practical online conf.]. Kyiv, pp. 128–129. Available at: <https://zhatk.zt.ua/wp-content/uploads/2023/03/zbirnik-tez-2022-fzrbtae.pdf#page=129>

8. Bondareva, L.M., Kushnir, N.V., Prykhodko, Ye.S. (2022). Osoblyvosti biolohii *Metcalfa pruinosa* Say (Hemiptera: Flatidae) na terytorii Natsionalnoho botanichnoho sadu imeni M.M. Hryshka NAN Ukrainy [Peculiarities of the biology of *Metcalfa pruinosa* Say (Hemiptera: Flatidae) on the territory of the M.M. Hryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine]. *Innovatsiini tekhnolohii v zakhysti roslyn za umov hlobalizatsii* [Innovative technologies in plant protection under the conditions of globalization: coll. theses International scientific and practical online conf.]. Kyiv, pp. 125–126. Available at: <https://zhatk.zt.ua/wp-content/uploads/2023/03/zbirnik-tez-2022-fzrbtae.pdf#page=126>

9. Makarenko, N.V. (2021). *Phyllaphis fagi* (Linn.) on *Fagus sylvatica* (L.) and experience of population control in the conditions of M.M. Grishko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine. *Conservation of plants in connection with climate changes and biological invasions. Bila Tserkva*, pp. 285–286. Available at: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/%20рослин%20у%20зв'язку%20зі%20зміннами%20клімату_2021.pdf#page=285

10. UkrBIN contributors, UkrBIN. *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830). *Dataset ID #360335*. Ukrainian Biodiversity Information Network. Available at: <https://ukrbn.com/index.php?id=360335>

11. Sus, N.P., Yanse, L.A. (2023). Oznaky poskodzhennia khmeliu zvychainoho invazyvnyim shkidnykom *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) [Signs of common hop damage caused by the invasive pest *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)]. Vklad molodyh vchenykh u rozbudovu nezalezhnosti Ukrai'ny: materialy nauko-vo-prakt. konf. [Contribution of young scientists to the development of the independence of Ukraine: scientific conference]. Kyiv, pp. 83–85. Available at: https://www.researchgate.net/publication/373829261_Oznaki_poskodzhennia_hmeliu_zvychainoho_invazyvnyim_shkidnykom_Metcalfa_pruinosa_Say_1830

12. Mergenthaler, E. (2020). Biological and molecular evidence for the transmission of aster yellows phytoplasma to French marigold (*Tagetes patula*) by the flatid planthopper *Metcalfa pruinosa*. *Annals of Applied Biology*. Vol. 176(3), pp. 249–256. DOI: 10.1111/aab.12582.

13. Donati, I. (2017). Role of *Metcalfa pruinosa* as a vector for *pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae*. *The Plant Pathology Journal*. Vol. 33(6), pp. 554–560. DOI: 10.5423/ppj.oa.04.2017.0074.

14. Chomnunti, P. (2014). The sooty moulds. *Fungal Diversity*. Vol. 66(1), pp. 1–36. DOI: 10.1007/s13225-014-0278-5.

15. Grozea, I. (2022). The evolution of the *metcalfa pruinosa*, *nezara viridula* and *halyomorpha halys* species since the first reporting in agroecosystems in Romania. *Romanian Journal for Plant Protection*. Vol. 15, pp. 47–54. DOI: 10.54574/rjpp.15.06.

16. Della Giustina, W. (1986). *Metcalfa pruinosa* (Say 1830), nouveauté pour la Faune de France [Horn. Flatidae]. *Bulletin de la Société entomologique de France*. Vol. 91(3–4), pp. 89–92. DOI: 10.3406/bsef.1986.18193.

17. Barbarych, A.I. (1965). *Vyznachnyk roslyn Ukrainy* [Identification key of plants of Ukraine]. Kyiv, Urozhai, 878 p. Available at: <https://ia802308.us.archive.org/11/items/vyznr0slyn/vyznr0slyn.pdf>

18. The Plant List – A working list for all plant species. Version 1.1. The Plant List. Available at: <http://www.theplantlist.org/>

19. The WFO Plant List. World Flora Online. Available at: <https://wfoplantlist.org/plant-list/>

20. Kobiv, Y. (2004). *Slovník ukrai'ns'kyh naukovyh i narodnyh nazv sudynnyh roslyn* [Dictionary of Ukrainian scientific and vernacular names for vascular plant]. Kyiv, Naukova Dumka, 800 p. Available at: <https://ia803409.us.archive.org/15/items/sl0vn2004/sl0vn2004.pdf>

Distribution and host range of the citrus flatid planthopper (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)) in Kyiv

Sus N., Janse L., Orlovskiy A.

Metcalfa pruinosa (Say, 1830), the citrus flatid planthopper, has exhibited a rapid spread throughout Ukraine and established its presence in Kyiv since 2016. Despite this, comprehensive data regarding its host range and distribution within the Kyiv region remains scarce. Therefore, this study aimed to inspect the vegetation in various districts of Kyiv to discover distribution and host plants of citrus flatid planthopper. To do this, we inspected the flora in 2021–2023. In 2021, we researched the only two plots located in the Darnytskyi and Holosiivskyi districts of Kyiv, respectively. Vegetation in different locations of the Darnytskyi, Holosiivskyi, and Podilskyi districts of Kyiv was examined in 2022. In 2023, the flora in 23 distinct locations, ensuring coverage of all administrative districts within Kyiv, was surveyed. As a result, the presence of citrus flatid planthopper in all districts of Kyiv was registered. Furthermore, the distribution of *M. pruinosa* did not encompass the whole area of Kyiv, but only their parts. Hence, it is deduced that the distribution pattern of *M. pruinosa* in Kyiv is characterized by disjunction. In addition, the study found that in Kyiv, the citrus flatid planthopper damages 55 plant species belonging to 49 genera, 35 families, and 23 orders. However, given the previously known hosts of *M. pruinosa* in Kyiv, the total host range of citrus flatid planthopper in Kyiv includes at least 130 plant species belonging to 95 genera, 57 families, and 30 orders. Moreover, according to both this and previously known data, the most represented order, family, and genera in host range of *M. pruinosa* in Kyiv were order Rosales Bercht. & J. Presl, family Rosaceae Juss., genera *Acer* L. and *Prunus* L., respectively. Most frequently *M. pruinosa* damaged *Humulus lupulus* L., *Juglans regia* L., and species of the genus *Acer* L. Further investigation is needed to reveal distribution rate of *M. pruinosa* in all type of localities in Ukraine, to list host plants within them and to study pest biology in the newly occupied territories.

Key words: hop, maple, walnut, *Humulus lupulus*, *Acer*, *Juglans regia*, pest, parasite.



Copyright: Сус Н.П., Янсе Л.А., Орловський А.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:

Сус Н.П.

Янсе Л.А.

Орловський А.В.

<https://orcid.org/0000-0001-6919-0920>

<https://orcid.org/0000-0002-2567-5907>

<https://orcid.org/0000-0002-0100-5765>



ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630*26:582:736.3:581.56

Сучасний стан полезахисних лісових насаджень за участю софори японської (*Sophora japonica* L.) у південних регіонах України**Курка С.С.** , **Ішук Г.П.** *Уманський національний університет садівництва*

Курка С.С., Ішук Г.П. Сучасний стан полезахисних лісових насаджень за участю софори японської (*Sophora japonica* L.) у південних регіонах України. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 121–129.

Kurka S., Ishchuk G. Current state of protective forest plantations with *Sophora japonica* (*Sophora japonica* L.) in the southern regions of Ukraine. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 121–129.

Рукопис отримано: 02.10.2023 р.

Прийнято: 17.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-121-129

Наведено результати досліджень стану, динаміки росту та агролісомеліоративної ефективності полезахисних лісових насаджень різного породного складу у південних регіонах України. Зазначено позитивний вплив полезахисних лісових насаджень на стан сільськогосподарських угідь, що проявляється у припиненні розвитку водної та вітрової ерозії, накопиченні вологи у ґрунті, створенні сприятливого мікроклімату у посівах, збільшенні загального біорізноманіття, що приводить до підвищення урожайності польових культур на 15 %. Визначено їх оптимальний породний склад, параметри та оптимальну структуру у відповідних типах умов місцезростання.

Проаналізовано сучасний стан і лісівничо-таксаційні показники полезахисних лісових смуг.

Проведено обстеження насаджень за участю *Sophora japonica*, які зростають на території Одеської і Миколаївської областей. У таких посадках проведено заміри висот і діаметрів дерев, встановлено їх стан, схеми розміщення садивних місць за створення 2–4–6-рядних лісових смуг та визначено сучасну їх густоту у віці від 30 до 96 років.

Полезахисні смуги з *Sophora japonica*, порівняно з *Quercus robur*, які створені на звичайних чорноземах, добре пристосувалися до посушливого клімату, мають значно вищу продуктивність у всіх видах посадок і характеризуються комплексом високих адаптивних і господарсько цінних ознак, завдяки чому можуть бути широко застосовані під час садіння полезахисних лісових смуг.

Встановлено, що на сучасний стан захисних лісових насаджень істотний негативний вплив справляє антропогенний чинник: дерева ушкоджуються самовільними рубками, щороку значна їх частина пошкоджується вогнем під час пожнивного спалювання стерні, розташовані недалеко від населеного пункту насадження є місцем складування побутового й іншого сміття, проводиться неконтрольований випас худоби. Для підвищення ефективності захисних лісових насаджень рекомендуємо: привести насадження у належний санітарний стан завдяки проведенню вибіркового санітарного рубок; провести реконструкцію у полезахисних насадженнях, а також організувати спостереження за осередками шкідників та контролювати самовільні рубки.

Ключові слова: полезахисна лісова смуга, реконструкція, головна порода, санітарний стан насадження, степова зона, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Нинішній стан полезахисних лісових насаджень в Україні є вкрай незадовільний. За браком системного догляду за деревами спостерігається масове засихання, ураження шкідниками та хворобами [1–6]. Також поширені несанкціоновані рубки, захаращення побутовими відходами. Це призводить до передчасної загибелі дерев у полезахисних насадженнях та зниження їх основної функції – агроеліоративного захисту. Останнім часом зростає прямий антропогенний вплив на полезахисні лісосмуги, зумовлений інтенсивною сільськогосподарською діяльністю на полях у вигляді багаторазового внесення пестицидів і мінеральних добрив, викидами шкідливих речовин від автотранспорту біля магістралей або промислових підприємств біля населених пунктів [7–8].

Сьогодні на орних землях України інтенсивно поширюються процеси деградації ґрунтів, що проявляються у втраті ними родючості внаслідок поширення явищ водної та вітрової ерозії [9–13]. Високородючі чорноземи не лише Степу, а також і Лісостепу перетворюються на пустелі та напівпустелі через недостатню кількість вологи у них, оскільки кожні 6–8 років із 10-ти в українському Степу оцінюються як сухі й посушливі [14–15]. Неухильно зростають площі пересушених земель у нашій державі, на яких не ростуть навіть бур'яни. На сьогодні площі сільськогосподарських угідь сухої та дуже сухої зони України становлять 11,6 млн га [16–22]. Одним із важливих чинників припинення розвитку деградаційних процесів сільськогосподарських ґрунтів України, що зумовлені розвитком ерозійних процесів та їх пересушенням, є високоефективне функціонування полезахисних лісосмуг. Проте, останніми роками агроекологічні функції полезахисних лісосмуг значно зменшились через незадовільний їх стан. Тому, важливим питанням у цьому контексті є аналіз наявних проблем функціонування полезахисних лісосмуг з метою підвищення їх агроекологічної віддачі сільськогосподарським угіддям [23–24].

Мета дослідження. Визначити сучасний стан полезахисних лісових смуг в Одеській і Миколаївській областях, проаналізувати та виявити основні екологічні проблеми, що перешкоджають високоефективному функціонуванню полезахисних лісосмуг, встановити вплив біотичних та абіотичних чинників на зміни стану насаджень й надати рекомендації з підвищення їх біологічної стійкості.

Матеріал і методи дослідження. Вивчення стану полезахисних лісових смуг проводили методом обходу (рекогносцирувальне

обстеження) [15, 18]. За загальноприйнятими методиками визначали захисний вплив полезахисних лісових смуг залежно від їх конструктивних особливостей. Рекогносцирувальне обстеження має на меті уточнення в натурі попередніх обліків захисних лісових насаджень, що відображені у відповідних документах. Площу просвітів, конструкцію та оцінку полезахисних лісових смуг визначали за шкалою лісівничо-меліоративної оцінки захисних насаджень [25].

Об'єктом досліджень слугували полезахисні лісові смуги, розташовані на території Миколаївської та Одеської областей.

Методи досліджень: аналіз наукових публікацій і фондових джерел інформації; натурні польові дослідження та обстеження лісосмуг.

Результати дослідження та обговорення. Існування та продуктивність лісів і захисних лісових насаджень визначають зовнішні чинники середовища – кліматичні, ґрунтові та біотичні. Ліс також впливає на них, сприяє формуванню своєрідних мікрокліматичних та ґрунтових умов не лише у місцях свого розташування, а також на певній частині навколишньої території [1, 26]. Знання екологоценотичних взаємозв'язків між лісом та зовнішніми чинниками середовища і врахування цих взаємовідносин дозволяють вирощувати найбільш ефективні захисні лісові насадження, які сприяють підвищенню продуктивності польових угідь та розвитку сільськогосподарського виробництва [13].

Лісосмуги сприяють формуванню флористичного та фауністичного різноманіття, створенню нових топічних зв'язків, збалансуванню нових біогеоценозів і в такий спосіб слугують надійним засобом формування біологічної повноцінності сільськогосподарських угідь [3]. З цієї метою їх у свій час і насаджували. Однак багато років полезахисні лісові смуги не були підпорядковані, через це й втрачали свою функціональну здатність, для якої вони передбачалися [4, 28]. Щодо позицій науковців, одні вважають за необхідне віднести земельні ділянки під полезахисними лісовими смугами до земельних ділянок лісгосподарського призначення [5], інші ж стверджують про необхідність визначити ці ділянки як землі сільськогосподарського призначення [6].

Насадження за участю софори японської у Степу України створюють впродовж більше ніж ста років [19, 27]. Багато їх було закладено вперше у степових лісництвах у 1856–1895 роки. У 1950-ті роки посаджені численні полезахисні лісові смуги з софори японської на землях колишніх колгоспів і радгоспів. В останнє 50-річчя ці насадження створювали як у

вигляді полезахисних смуг різного призначення, так і захисних насаджень уздовж рік, ставків, водосховищ, каналів, по яружно-балкових системах, на рекультивованих землях та придорожніх смугах. Значну їх кількість створювали чистими посадками.

Культурний ареал зростання насаджень за участю *Sophora japonica* у межах степової зони широкий. Зустрічаються вони повсюдно: на всіх типах чорноземів, каштанових ґрунтах, аренах і заплавах. Діапазон типів умов місцезростання від D_1 до D_3 .

Захисні лісові насадження необхідно проектувати так, щоб кожна їх група відповідала своєму основному функціональному призначенню, а в комплексі вони впливали на території агропідприємств, господарств і районів.

Захисні лісові насадження мають складатися з порід, які найбільшою мірою відповідають меліоративним й господарським вимогам. Залежно від призначення й умов місцезростання вони можуть бути чистими, тобто складаються з однієї деревної породи, і змішаними, що мають у своєму складі дві й більше деревних породи. Полезахисні насадження господарств мають від трьох до шести рядів. Основними способами створення цих насаджень є висаджування їх рядами. Лісоутворювальною поро-

дою є софора японська (*Sophora japonica* L.), біла акація (*Robinia pseudoacacia* L.), дуб звичайний (*Quercus robur* L.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.).

Спосіб змішування більшості лісових насаджень – змішаний й деревно-тіньовий. Залежно від кількості рядів та ширини лісових смуг, складу, повноти і зімкненості головного намету, а також участі підліску, лісові смуги мають різну конструкцію. Зокрема, серед цих насаджень найпоширенішою є ажурно-щільна конструкція, 12 лісових насаджень. Із щільною конструкцією виявлено 7 насаджень. Найменше полезахисних смуг спостерігали з ажурною та ажурно-продувною конструкцією, які становили відповідно 3 і 1 насадження.

Продуктивність полезахисних смуг знаходиться в межах IV–II бонітетів. Відповідно до проведеного аналізу, з поміж 23 смугових насаджень основна частина оцінена II та III бонітетом, 12 % – IV бонітетами. Переважна більшість лісових смуг мала вік 60–65 років.

Враховуючи дальність захисного впливу полезахисних лісових смуг залежно від наявних конструкцій у зазначених господарствах, було проаналізовано середній захисний вплив 1 га лісової смуги на прилеглі поля (табл. 1).

Таблиця 1 – Основні лісомеліоративні показники лісосмуг та площа їх захисного впливу

№	Меліоративні показники лісової смуги			Площа захисного впливу лісової смуги, га	
	ширина, м	захисна висота, м	конструкція	фактична	максимальна
1	10,5	17,0	а-щ	26,5	40,2
2	11,0	21,0	а-щ	32,5	46,8
3	12,0	22	щ	27,8	46,6
4	10,0	20,5	щ	36,5	60,5
5	9,0	15,0	а-щ	28,2	40,7
6	6	12,0	щ	31,5	52,2
7	14,0	12,5	а	17,0	21,5
8	14,0	17,0	а-щ	21,5	30,1
9	10,0	14,0	а-щ	25,4	32,4
10	6,0	18,0	а-щ	42,5	65,3
11	10,0	16,0	а	31,0	39,0
12	6,0	17,5	а-щ	50,0	62,9
13	10,0	12,0	щ	17,0	25,5
14	8,0	12,0	а	31,5	40,5
15	9,0	21,0	а-щ	40,8	52,5
16	9,0	18,0	щ	31,6	51,5
17	10,0	15,0	щ	25,5	45,5
18	14,0	15,0	а-щ	17,8	25,6
19	10,0	18,0	а-щ	30,4	44,3
20	16,0	15,5	а-п	21,5	24
21	12,0	16,5	а-щ	24,5	35,6
22	8,0	16,0	щ	30,2	50,2
23	12,0	19,0	а-щ	28,0	40,4

Проаналізувавши основні лісомеліоративні показники полезахисних лісових смуг щодо їх захисного впливу, залежно від фактичних конструкцій було визначено середній захисний вплив 1 га полезахисної смуги на прилеглу територію.

Також було досліджено полезахисні лісові смуги у 2021–2022 рр. у Ізмайльському лісовому господарстві Одеської області, які були створені 1950–1952 рр. В Арцизькому районі Ново-Іванівським лісництвом поблизу села Ново-Іванівка посаджена система із 10 лісосмуг протяжністю 1–1,5 км кожна. Висота дерев у них досягає 21,5–24,5 м, діаметр стовбура – 36–44 см.

Такі ж одновікові посадки рядовим способом знаходяться на землях державного лісового фонду поблизу села Олександрівка на площі близько 8 га. Їх протяжність становить 4 км.

Стан, ріст й розвиток дерев софори японської приблизно такий самий, як і в зазначених вище смугах. Деревя відрізняються могутніми шатроподібними кронами, темно-зеленими блискучими листками, добре квітнуть й плодоносять. Під час дослідження встановлено, що висота дерев софори японської (табл. 2) у віці 64–66 років знаходиться в межах 21,5–24,5 м, а діаметр стовбура на висоті 1,3 м – 36,5–44,4 см.

Крім того, обстежено в 2021 р. лісосмуги, посаджені Ренійським лісництвом Ізмайльського лісового господарства загальною протяжністю 25 км поблизу сіл Новосельське, Озерне, Долинське та інші.

Лісові смуги добре збереглися, окрім окремих фрагментальних невеликих ділянок, і відмінно виконують свої захисні функції, добре пристосовані до посухи, засоленості ґрунтів й не піддаються знищенню домашніми тваринами в міру отруйності рослин.

У Миколаївській області у 2021 р. було обстежено полезахисні лісові смуги, які створені Очаківським, Миколаївським і Вознесенським лісовими господарствами біля сіл Троїцьке, Кам'янка та інших в 1925, 1955 та 1991 роках. Зокрема, лісова смуга створена у 1991 році за схемою розміщення садивних місць 2,0×1,5 м, із 2-ма крайніми чистими рядами софори японської і середній був з домішкою до 30 % ясени звичайного. Середня висота софори японської становить 22,5 м, ясени звичайного – 20,5 м, середній діаметр відповідно 22,8 і 21,6 см. Лісова смуга створена в 1925 році двома крайніми рядами з софорою японською, а посередині один ряд з білої акації за схемою розміщення 2,0×0,5 м. Зараз висота софори японської у середньому становить 32,5 м, а середній діаметр – 36,7 см, тимчасом середні висота й діаметр акації білої становлять відповідно 24,0 м і 34,4 см.

Таблиця 2 – Таксаційні показники полезахисних лісових смуг

№ ПП	Схема розміщення садивних місць, м	Схема змішування	Густота культур за створення, тис.шт. ·га ⁻¹	Вік насадження, років	Бонітет	Повнота	Середні таксаційні показники насадження		
							Висота дерево-стану, м	Діаметр, см	Запас, м ³ /га
Одеська область									
11	2,0×1,0	2рСфя	4,5	66	III	0,5	21,5	36,5±0,52	112
12	2,0×1,0	6рСфя	2,5	66	II	0,7	24,0	44,3±0,67	184
13	2,0×0,5	6рСфя	2,0	64	II	0,6	24,5	40,2±0,62	194
14	3,0×0,75	3рСфя1рКлг	1,7	64	III	0,6	23,8	44,4±0,71	96
Миколаївська область									
15	2,0×1,5	3рСфя1рЯзв	3,3	40	II	0,6	22,5	22,8±0,32	120
							20,5	21,6±0,14	
18	2,0×0,5	2рСфя2Аб	1,7	96	III	0,7	32,5	36,7±0,51	340
							24,0	34,4±0,48	
19	2,0×1,5	4 рДз	3,3	40	II	0,8	19,6	26,0±0,42	186

Для порівняння інтенсивності росту й розвитку 40-річних культур софори японської нами було обстежено 40-річні культури дуба звичайного у полезахисних лісових смугах, які знаходяться біля села Троїцьке Миколаївського району. Встановлено, що в 40-річних культур дуба звичайного, які створені 4-ма рядами з розміщенням садивних місць $2,0 \times 1,5$ м дерева зростають за II бонітетом, а висота насадження знаходиться в межах 12,5–19,6 м за діаметра відповідно 12,2–26,0 см. Полезахисні смуги з софорою японською, порівняно з дубом звичайним, які створені на звичайних чорноземах, добре пристосувалися до посушливого клімату, мають значно вищу продуктивність у всіх видах посадок і характеризуються комплексом високих адаптивних й господарсько цінних ознак, завдяки чому можуть бути широко застосовані під час садіння полезахисних лісових смуг.

вих умовах Степу, а дорослі насадження, які досягли максимальної висоти, є найбільш ефективними.

Водночас проведено аналіз вікової структури, який свідчить що лісові смуги представлені певними віковими групами. За останні 40 років у формуванні полезахисних лісових насаджень південного регіону України близько 46 % лісових смуг створено з софори японської та за її участю (рис. 1).

Результати досліджень свідчать про те, що у південних регіонах України використання акації білої, ясена звичайного (у чистих насадженнях), клена ясенелистого не забезпечує бажаного меліоративного ефекту. Більшість насаджень потребує проведення доглядових рубань, санітарних рубань, реконструкцій.

Найкращими лісівничо-біологічними властивостями характеризується софора японська, тому у цьому регіоні її необхідно ширше вико-

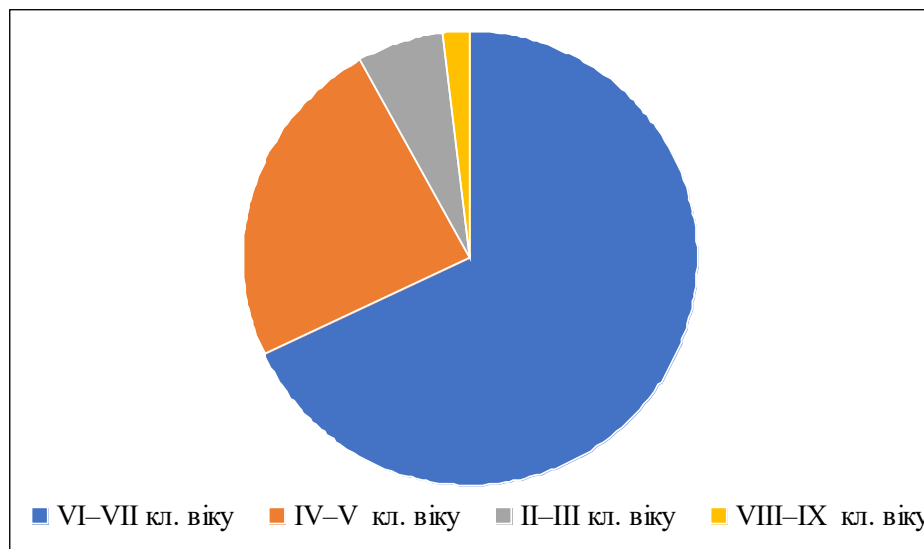


Рис. 1. Аналіз вікової структури полезахисних лісових насаджень у південних регіонах України.

Софора японська у цих насадженнях виконує ценотичну роль. Найкращі і найпродуктивніші є чисті насадження, а також разом з акацією білою, дубом звичайним, тому що софора японська є світловибагливою рослиною, а ці види не створюють перешкод для її росту.

Основне призначення цих полезахисних лісових смуг полягає у покращенні природних умов ведення сільського господарства із метою підвищення його продуктивності. Тому лісові смуги за участю софори японської мають високу стійкість у несприятли-

ристовувати за створення полезахисних насаджень. У 40-річному віці в типі D_1 вона має висоту 20–20 м. Найбільш сприятливі екологічні умови для неї створюються за участю таких щільнокронних порід як клен гостролистий, клен польовий, дуб звичайний. Ясен у таких насадженнях не поступається в рості софорі. Використовувати акацію білу як головну породу у полезахисних лісових смугах недоцільно, у зв'язку з її зниженою біологічною стійкістю і відносно низькою меліоративною ефективністю. Наявні акацеві смуги потребують реконструкції.

Висновки. Отже, завдяки маловибагливості та інтенсивному росту, особливо у перші роки життя, софора японська має широке використання у формуванні полезахисних лісових насаджень південного регіону України.

Конструктивні особливості полезахисних лісових смуг мають першочергове значення для визначення дальності захисного впливу на прилеглі території.

Встановлено, що на території Одеської та Миколаївської областей головними деревними породами захисних лісових насаджень є дуб звичайний, липа дрібнолиста, софора японська, акація біла, ясен. Переважна більшість лісових насаджень прості за формою (мають один ярус та підлісок або підріст). Лісові смуги малорядні: кількість рядів 2–6. Ширина лісових смуг становить: по крайніх рядах – 4,0–16,0 м; ширина міжрядь заходиться в межах 2,0–3,0 м. Вік полезахисних насаджень сягає 45–60 років, висота – 19–32 м, діаметр – 21–44 см. На сучасний стан захисних лісових насаджень істотний негативний вплив справляє антропогенний чинник: дерева ушкоджуються самовільними рубками, щороку значна їх частина пошкоджується вогнем під час пожнивного спалювання стерні, розташовані недалеко від населеного пункту насадження є місцем складування побутового й іншого сміття.

Отже, введення у полезахисні лісові насадження досліджуваних регіонів таких деревних порід як дуб звичайний, софора японська, ясен звичайний, клен гостролистий дасть можливість оптимізувати якісний склад лісових насаджень, підвищити захищеність агролісових екосистем та їх агролісомеліоративну ефективність, стабілізувати екологічний стан довкілля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Юхновський В.Ю., Малюга В.М., Штофель М.О., Дударець С.М. Шляхи вирішення проблеми полезахисного лісорозведення в Україні. Наукові праці Лісівничої академії наук України. Львів, 2009. Вип. 7. С. 62–65.
2. Лісовий кодекс України від 21 січня 1994 р. № 3852-ХІІ із змінами та доповненнями. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12>
3. Інструктивні вимоги з лісомеліоративного впорядкування захисних лісових насаджень. Київ: ВО «Укрдержліспроєкт», 2004. 77 с.
4. Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю. Оптиміальні зональні конструкції полезахисних лісових смуг. Науковий вісник НАУ. Київ, 2000. Вип. 25. С. 266–271.
5. Фурдичко О.І., Стадник А.П. Наукові основи функціонування системи захисних лісів і захисних лісових насаджень в агроландшафтах України. Агроекологічний журнал. Київ, 2010. № 4. С. 5–12.
6. Бессонова В.П., Зайцева І.А. Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження. Питання біоіндикації та екології. 2008. № 2. С. 62–77.
7. Павлішина О.М. Кумулятивна функція захисних лісових насаджень уздовж транспортних магістралей. Біоресурси і природокористування. Київ, 2014. № 1. С. 99–105.
8. Гладун Г.Б., Гладун Ю.Г. Захист автомобільних доріг лісовими насадженнями лінійного типу та їхні прогностичні обсяги. Лісівництво і агролісомеліорація. 2013. № 123. С. 103–113.
9. Годованюк А.Й. Полезахисні лісосмуги вже більш як двадцять років самі потребують захисту. Правові аспекти проблеми. Актуальні проблеми політики. 2013. Вип. 49. С. 228–237.
10. Приседський Ю.Г., Лихолат Ю.В. Адаптація рослин до антропогенних чинників. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 98 с.
11. Caldwell Roger L. Effects of Air Pollution on Vegetation. Progressive Agriculture in Arizona. 2016. P. 10–11.
12. Генік Я.В., Дудин Р.Б., Дида А.П., Марутяк С.Б. Трансформаційні процеси в лісопаркових і паркових насадженнях урбанізованих екосистем Заходу України. Науковий вісник НЛТУ України. Львів, 2017. Вип. 27 (10). С. 9–15.
13. Ткачук О.П., Панкова С.О. Екологічна стійкість дерев полезахисних лісосмуг до атмосферних забруднень. Збалансоване природокористування. № 1. 2021. С. 82–91.
14. Ayubova E.M. Ecological conditions of bird habitats in the south of Ukraine. Facta Universitatis Series: Working and Living Environmental Protection. 2018. № 3. P. 209–215.
15. Коптєв В.І., Ліщенко А.А. Полезахисне лісорозведення. Київ: Урожай, 1989. 168 с.
16. Лобченко Г.О. Просторова оптимізація системи полезахисних лісових смуг. Науковий вісник НУБіП України. Лісівництво та декоративне садівництво. Київ, 2014. Вип. 198(2). С. 182–190.
17. Приседський Ю.Г. Характеристика стійкості деревних та чагарникових рослин до забруднення повітря сполуками сірки, фтору та нітрогену. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Біологія. Харків, 2014. С. 162–167.
18. Калінін М.І. Лісові культури і захисне лісорозведення. Львів: Світ, 1994. 296 с.
19. Ткач Л.І., Гладун Г.Б. Оптимізація створення та вирощування захисних лісових смуг у степовій зоні України. Науковий вісник НЛТУ України. Львів, 2003. Вип. 13(3). С. 245–253.
20. Піддубна Д. Полезахисні лісові смуги та інші захисні насадження – невід’ємні складові органічного виробництва. Підприємництво, господарство і право. 2016. № 1. С. 85–91.
21. Лукіш В.В. Екологічні функції полезахисних лісових насаджень. Екологічні науки. 2013. № 1. С. 56–64.
22. Малюга В.М. Місце і роль захисних лісових насаджень у розбудові національної екологічної мережі. Матеріали наукової конференції науково-

педагогічних працівників і аспірантів Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ: НУБіП України. 2010. С. 99–100.

23. Висоцька Н.Ю., Зубов О.Р., Зубова Л.Г., Фомін В.І. Стан захисних лісових смуг різного призначення в Олешківському районі Херсонської області. Лісівництво та агролісомеліорація. 2019. Вип. 135. С. 85–97.

24. Гладун Г.Б. Значення захисних лісових насаджень для забезпечення сталого розвитку агроландшафтів. Науковий вісник. 2005. № 15/7. С. 113–118.

25. Петрович О.З. Полезахисні лісосмуги в контексті впровадження концепції екосистемних послуг. Екосистеми, їх оптимізація і охорона. 2014. Вип. 11. С. 42–29.

26. Миколайко В.П., Кирилюк В.П., Козинська П.І. Полезахисні лісові смуги як землі сільськогосподарського призначення. Збалансоване природокористування. 2020. № 2. С. 84–93.

27. Якуба М.С., Горбань В.А. Історичні аспекти створення та особливості функціонування полезахисних насаджень степової зони України. Питання степового лісознавства та лісової рекультиваци земель. 2021. Вип. 50. С. 52–62.

28. Інструктивні вимоги з лісомеліоративного впорядкування захисних лісових насаджень / О.І. Пилипенко та ін. Київ: Держкомлісгосп, 2000. 74 с.

REFERENCES

1. Yukhnovs'kyi, V.Yu., Malyuha, V.M., Shtofel', M.O., Dudarets', S.M. (2009). Shlyakhy vyryshennya problemy polezakhysnoho lisorozvedennya v Ukraїni [Ways to solve the problem of protective afforestation in Ukraine]. Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukraїny [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. Lviv, no. 7, pp. 62–65.

2. Lisovy kodeks Ukrainy vid 21 sichnia 1994 r. no 3852-XII iz zminamy ta dopovnenniamy [Forest Code of Ukraine dated January 21, 1994 No. 3852-XII with changes and additions]. Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12/>

3. Instruktyvni vymohy z lisomeliorativnoho vporiadkuvannya zakhysnykh lisovykh nasadzhenn [Instructional requirements for forest reclamation management of protective forest plantations]. Kyiv, VO Ukrderzhlisproekt, 2004, 77 p.

4. Pylypenko, O.I., Yukhnovskiy, V.Iu. (2000). Optymalni zonalni konstruksii polezakhysnykh lisovykh smuh [Optimal zonal constructions of field protective forest belts]. Naukovyi visnyk NAU [Scientific Bulletin of NAU]. Kyiv, no. 25, pp. 266–271.

5. Furdychko, O.I., Stadnyk, A.P. (2010). Naukovi osnovy funktsionuvannya systemy zakhysnykh lisiv i zakhysnykh lisovykh nasadzhenn v ahrolandshaftakh Ukrainy [Scientific bases of the functioning of the system of protective forests and protective forest plantations in the agricultural landscapes of Ukraine]. Ahroekologichnyi zhurnal [Agroecological journal]. Kyiv, no. 4, pp. 5–12.

6. Bessonova, V.P., Zaitseva, I.A. (2008). Vmist vazhkykh metaliv u lysti derev i chaharnykh roslyn do zabrudnennia povitria spolukamy sirky, floru ta nitro-

tekhnohennoho zabrudnennia riznoho pokhodzhennia [The content of heavy metals in the leaves of trees and shrubs under conditions of man-made pollution of various origins]. Pytannia bioindykatsii ta ekolohii [Issues of bioindication and ecology]. no. 2, pp. 62–77.

7. Pavlishyna, O.M. (2014). Kumuliatyvna funktsiia zakhysnykh lisovykh nasadzhenn uzдовzh transportnykh mahistra lei [Cumulative function of protective forest plantations along highways]. Bioresursy i pryrodokorystuvannia [Bioresources and nature management]. Kyiv, no. 1, pp. 99–105.

8. Hladun, H.B., Hladun, Yu.H. (2013). Zakhyst avtomobilnykh dorih lisovymy nasadzhenniamy liniinoho typu ta yikhni prohnozni obsiahy [Protection of roads by forest plantations of linear type and their forecast volumes]. Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia [Forestry and agroforestry]. no. 123, pp. 103–113.

9. Hodovaniuk, A.I. (2013). Polezakhysni lisosmuhy vzhe bilsh yak dvadtsiat rokiv sami potrebutiut zakhystu [Field protective forest belts have needed protection for more than twenty years]. Pravovi aspekty problemy. Aktualni problemy polityky [Legal aspects of the problem. Current policy issues]. no. 49, pp. 228–237.

10. Prysedskiy, Yu.H., Lykholat, Yu.V. (2017). Adaptatsiia roslyn do antropohennykh chynnykiv [Adaptation of plants to anthropogenic factors]. Vinnytsia, TOV Nilan-LTD, 98 p.

11. Caldwell, Roger L. (2016). Effects of Air Pollution on Vegetation. Progressive Agriculture in Arizona. pp. 10–11.

12. Henyk, Ya.V., Dudyn, R.B., Dyda, A.P., Marutiak, S.B. (2017). Transformatsiini protsesy v lisoparkovykh i parkovykh nasadzhenniakh urbanizovanykh ekosystem Zakhodu Ukrainy [Transformation processes in forest park and park plantations of urbanized ecosystems of Western Ukraine]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Lviv, no. 27 (10), pp. 9–15.

13. Tkachuk, O.P., Pankova, S.O. (2021). Ekologichna stiikist derev polezakhysnykh lisosmuh do atmosfernykh zabrudnen [Ecological resistance of trees of field protection forest strips to atmospheric pollution]. Zbalansovane pryrodokorystuvannia [Balanced nature management]. no. 1, pp. 82–91.

14. Ayubova, E.M. (2018). Ecological conditions of bird habitats in the south of Ukraine. Facta Universitatis Series: Working and Living Environmental Protection. no. 3, pp. 209–215.

15. Koptiev, V.I., Lishenko, A.A. (1989). Polezakhysne lisorozvedennia [Field protective afforestation]. Kyiv, Harvest, 168 p.

16. Lobchenko, G.O. (2014). Prostorova optimizatsiia systemy polezakhysnykh lisovykh smug [Spatial optimization of the system of field protection forest strips]. Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Lisivnytstvo ta dekorativne sadivnytstvo [Scientific bulletin of NUBiP of Ukraine. Forestry and decorative horticulture]. Kyiv, no. 198(2), pp. 182–190.

17. Prysedskiy, Yu.H. (2014). Kharakterystyka stiikosti derevnykh ta chaharnykh roslyn do zabrudnennia povitria spolukamy sirky, floru ta nitro-

pollution by sulfur, fluorine and nitrogen compounds]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Biologiya [Bulletin of Kharkiv National University named after V.N. Karazin. Biology]. Kharkiv, pp. 162–167.

18. Kalinin, M.I. (1994). Lisovi kultury i zakhysne lisorozvedennia [Forest crops and protective afforestation]. Lviv, World, 296 p.

19. Tkach, L.I., Hladun, H.B. (2003). Optyimizatsiia stvorennia ta vyroshchuvannia zakhysnykh lisovykh smuh u stepovii zoni Ukrainy [Optimizing the creation and cultivation of protective forest strips in the steppe zone of Ukraine]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Lviv, no. 13(3), pp. 245–253.

20. Piddubna, D. (2016). Polezakhysni lisovi smuhy ta inshi zakhysni nasadzhennia – nevidiemni skladovi orhanichnoho vyrobnytstva [Field protective forest strips and other protective plantings are integral components of organic production]. Pidpriemnytstvo, hospodarstvo i pravo [Entrepreneurship, economy and law]. no. 1, pp. 85–91.

21. Lukish, V.V. (2013). Ekolohichni funksi polezakhysnykh lisovykh nasadzhennia [Ecological functions of field protective forest plantations]. Ekolohichni nauky [Environmental sciences]. no. 1, pp. 56–64.

22. Maliuha, V.M. (2010). Mistse i rol zakhysnykh lisovykh nasadzhennia u rozbudovi natsionalnoi ekolohichnoi merezhi [The place and role of protective forest plantations in the development of the national ecological network]. Materialy naukovoï konferentsii naukovedahohichnykh pratsivnykiv i aspirantiv Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Materials of the scientific conference of scientific and pedagogical workers and graduate students of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]. Kyiv, NUBiP of Ukraine, pp. 99–100.

23. Vysotska, N.Iu., Zubov, O.R., Zubova, L.H., Fomin, V.I. (2019). Stan zakhysnykh lisovykh smuh riznoho pryznachennia v Oleshkivskomu raioni Kheronsoï oblasti [State of the protective forest belts of various purposes in the Oleshky district of Kherson Region]. Lisivnytstvo ta ahrolisomelioratsiia [Forest regeneration and melioration]. no. 135, pp. 85–97.

24. Hladun, H.B. (2005). Znachennia zakhysnykh lisovykh nasadzhennia dlia zabezpechennia staloho rozvytku ahrolandshaftiv [The importance of protective forest plantations to ensure sustainable development of agricultural landscapes]. Naukovyi visnyk [Scientific Bulletin]. no. 15/7, pp. 113–118.

25. Petrovych, O.Z. (2014). Polezakhysni lisosmuhy v konteksti vprovadzhennia kontseptsii ekosystemnykh posluh [Field protective forest belts in the context of implementation of the concept of ecosystem services]. Ekosystemy, ykh optymizatsiia y okhrana [Ecosystems, their optimization and protection]. no. 11, pp. 42–29.

26. Mykolaiko, V.P., Kyrlyuk, V.P., Kozynska, P.I. (2020). Polezakhysni lisovi smuhy yak zemli silskohospodarskoho pryznachennia [Field protective forest strips as agricultural lands]. Zbalansovane pryrodokorystuvannia [Balanced nature management]. no. 2, pp. 84–93.

27. Iakuba, M.S., Horban, V.A. (2021). Istorychni aspekty stvorennia ta osoblyvosti funktsionuvannia polezakhysnykh nasadzhennia stepovoi zony Ukrainy [Historical aspects of the creation and peculiarities of the functioning of field protection plantations of the steppe zone of Ukraine]. Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel [Issues of steppe forestry and forest land reclamation], no. 50, pp. 52–62.

28. Pylypenko, O.I., Maliuha, V.M., Shtofel, M.O. (2000). Instruktyvni vymohy z lisomelioratyvnoho vporiadkuvannia zakhysnykh lisovykh nasadzhennia [Instructional requirements for forest reclamation of protective forest plantations]. Kyiv, Derzhkomlishosp, 74 p.

Current state of protective forest plantations with *Sophora japonica* (*Sophora japonica* L.) in the southern regions of Ukraine

Kurka S., Ishchuk G.

The results of studies of the state, growth dynamics and agroforestry efficiency of shelterbelt forest plantations of different species composition in the southern regions of Ukraine are presented. The positive impact of shelterbelt forest plantations on the state of agricultural land is noted, which is manifested in the termination of water and wind erosion, accumulation of moisture in the soil, creation of a favourable microclimate in crops, increase in overall biodiversity, which leads to yield enhancement of field crops by 15 %. Their optimal species composition, parameters and optimal structure in the respective types of habitat conditions are determined.

The current state and silvicultural and taxation indicators of shelterbelts were analyzed.

A survey of plantations with *Sophora japonica* growing on the territory of Odesa and Mykolaiv regions was conducted. In these plantations, the heights and diameters of trees were measured, their condition was established, planting schemes were established for the creation of 2-4-6-row forest strips, and their current density at the age of 30 to 96 years was determined.

Field-protective belts with *Sophora japonica* compared to *Quercus robur*, which are created on ordinary black soils, are well adapted to the arid climate. They have significantly higher productivity in all types of plantings and are endowed with a whole complex of high adaptive and economically valuable features, thanks to which they can be widely used in planting field-protective forest belts.

It has been established that the current state of protective forest plantations is significantly negatively affected by anthropogenic factors: trees are damaged by unauthorized fellings, every year, a significant part of them is damaged by fire during the stubble burning, the plantations located near the settlement are used as a place for storing household and other waste, and uncontrolled grazing is carried out.

To increase the effectiveness of protective forest plantations, we recommend bringing the plantations into proper sanitary condition through selective sanitary felling; to carry out reconstruction in the field protection plantations, as well as to organize monitoring of pest foci and control unauthorized fellings.

Key words: forest shelter belt, reconstruction, main species, sanitary condition of a plantation, steppe zone, productivity.



Copyright: Купка С.С., Ішук Г.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:

Купка С.С.

Ішук Г.П.

<https://orcid.org/0000-0002-7722-2483>

<https://orcid.org/0000-0002-4969-0933>

УДК 631.53.02/.04:633.63:57.087.1:536.485

Вплив строків сівби на формування біометричних параметрів холодостійких рослин насінників буряків цукрових за *direct method* (безвисадкового методу)

Петракова О.О., Карпук Л.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Петракова О.О. pettrakkova@gmail.com

Петракова О.О., Карпук Л.М. Вплив строків сівби на формування біометричних параметрів холодостійких рослин насінників буряків цукрових за *direct method* (безвисадкового методу). «Агробіологія», 2023. № 2. С. 130–136.

Petrakova O., Karpuk L. Influence of sowing dates on the biometric parameters formation of cold-resistant plants of sugar beet seeds using the *direct method* (no-planting method). «Agrobiology», 2023. no. 2, pp.130–136.

Рукопис отримано: 02.11.2023 р.

Прийнято: 17.11.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-130-136

Досліджено вплив строків сівби на формування біометричних показників холодостійких рослин насінників буряків цукрових в осінньо-зимовий період за *direct method* (безвисадкового методу) в умовах нестійкого зволоження Лісостепу Правобережного.

Метою дослідження було визначити біометричні показники коренеплодів насінників буряків цукрових, які сприяють формуванню холодостійких рослин та їх збереженості в осінньо-зимовий період за *direct method* (безвисадкового способу) вирощування за різних строків посіву. Дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. на Білоцерківській дослідно-селекційній станції, Білоцерківського району Київської області в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу. Експеримент проводили згідно з методичними вимогами щодо проведення польового оцінювання насінневих посівів цукрових, кормових буряків, методик польового дослідження та методик Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН України.

Виявлено, що формування біометричних показників коренеплодів насінників буряків цукрових, які відповідають показникам холодостійких рослин, були оптимальними за першого строку посіву й мали вищу збереженість. Збереженість безвисадкових насінників першого строку сівби у період 2021–2022 рр. становила у ЧС компоненту 71,7 %, багатонасінного запилювача – 38,0 %, що цілком достатньо для отримання насіння, другого строку – відповідно, 64,9 та 35,8 %. У 2022–2023 рр. відсоток збереженості рослин безвисадкових насінників першого строку сівби становив ЧС компоненту – 76,4 %, багатонасінного запилювача – 73,9 %, другого строку – ЧС компоненту становив 71 %, багатонасінного запилювача – 38,4 %. Результати досліджень показують перспективність використання *direct method* (безвисадкового методу) вирощування насінників буряків цукрових в умовах Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: біометричні показники, параметри холодостійкості, ріст і розвиток рослин, насінники буряків цукрових, збереженість рослин.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Вирощування насіння буряків цукрових за *direct method* (безвисадкового методу) має низку переваг: агрокліматичні умови у зв'язку зі змінами клімату є сприятливими для успішної перезимівлі рослин; відпадає необхідність зимового зберігання й садіння, що суттєво знижує загальні витрати на вирощування насіння; рослини краще використовують весняні запаси вологи, раніше відростають квітконосні пагони. Головною перевагою *direct*

method (безвисадкового методу), порівняно з висадковим, є вирощування та отримання якісного насіння. Однак в окремі роки можливе значне вимерзання маточників.

Питанням вивчення зимостійкості безвисадкових насінників буряків цукрових почали надавати особливу увагу у 80-ті роки минулого століття з впровадженням цього способу у південних районах України (Одеська й Херсонська обл., АР Крим). У цих районах для рослин буряків цукрових складаються найсприятливіші умови.

віші кліматичні умови за сумою ефективних температур та сонячною інсоляцією, що в поєднанні зі зрошенням сприяє формуванню високоякісного насіння всіх категорій (над-базисне, базисне, гібридне) [1, 2]. Упродовж 1980–2014 рр. науковці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (ІБК і ЦБ НААН) проводили широкі дослідження з розробки технологій вирощування безвисадкових насінників й вивчення агроecологічних причин їх вимерзання [3, 4].

У країнах з теплими зимами (Франція, Італія, Іспанія, США та ін.) цей спосіб досить поширений. В Україні його застосовують у південних областях й Автономній Республіці Крим. У технології цього способу має значення правильний вибір строків посіву. Як показали досліді, проведені Науково-дослідним інститутом землеробства і тваринництва західних районів, найкраще перезимували маточні коренеплоди цукрових буряків, висіяні 1–20 липня [2].

Маточні буряки за безвисадкового вирощування насіння не проривають. За період вегетації посіви самозріджуються й перед зимівлею густота на 1 м рядка не перевищує 20–25 шт., після виходу із зимівлі – 12–14 шт., а перед збиранням – 9–10 шт. [2].

Найменшу зимостійкість мають рослини буряків цукрових за пізніх строків сівби: перед входом у зиму такі рослини слабо розвинуті, погано проходять загартовування й взимку гинуть від морозів, а ранньою весною – вони випираються із ґрунту [5].

Для чіткого розуміння динаміки формування врожайності коренеплодів й насіння, їх технологічних та посівних якостей необхідно вивчити будову, динаміку росту, тривалість вегетаційного періоду, продуктивність фотосинтезу вегетативних органів. Насамперед детальне вивчення цих складових є необхідною передумовою моделювання сучасних технологій вирощування фабричних, маточних коренеплодів й насінників буряків цукрових [6, 7].

Аналіз онтогенезу безвисадкових насінників буряків цукрових свідчить, що весь вегетаційний період цієї культури можна поділити на три частини: осінній період (органогенез, фази сходів й наростання коренеплодів та листків); період зимового анабіозу (проходження стадії термоіндукції); третій – весняно-літній з двома підперіодами (відновлення вегетації до початку бутонізації та репродуктивний ріст й розвиток рослин до повної стиглості). У перший період розвитку одним з найважливіших чинників є отримання дружніх й рівномірно розміщених сходів рослин, у другий – їх максимальна збереженість [8].

За безвисадкового способу вирощування насіння буряків цукрових сівбу проводять в останню декаду серпня – першу декаду вересня. За таких умов ріст й розвиток рослини відбувається по-іншому, ніж за висадкового способу вирощування насіння. Всі заходи обробітку ґрунту спрямовані на одержання рослин дрібноклітинної будови з добре розвинутою провідною судинною системою, тобто дрібних коренеплодів із ксероморфною структурою. Під впливом яровизації (невисокі температури протягом 60–100 діб) та освітлення (30–90 діб) конус наростання сегментується й подовжується [9–10]. Характеризуються такі рослини наступними біометричними параметрами стану розвитку: висота рослин 30–50 см, діаметр головки коренеплоду 0,5–2,5 см, 10–12 добре розвинутих листків, довжина листків 28–30 см, високий вміст сухих речовин й цукрів та маса коренеплодів 10–20 г із ксероморфною структурою їх клітин [5].

Строки сівби є одним із чинників у управлінні продукційним процесом, що впливає на врожайність сільськогосподарських культур та інші господарсько цінні ознаки. Дата сівби має вирішальне значення у формуванні врожайності та якості насіння буряків цукрових.

За даними White et al. (2011), коригування дати сівби є найбільш досліджуваним варіантом адаптації до зміни клімату [11]. Потенціал урожайності багатьох культур значно залежить від терміну сівби, оскільки він визначає довжину вегетаційного періоду та кількості поглинутої сонячної радіації [12–15].

За однакових умов агротехніки ріст й розвиток рослин безвисадкових насінників залежить здебільшого від строків сівби [16]. Строки сівби впливають на вміст сухих речовин та цукрів у коренеплодах буряків цукрових перед зимівлею: чим пізніше висівали культуру, тим нижчими були ці показники. Найменшу зимостійкість мають рослини буряків цукрових за пізніх строків сівби: перед входом у зиму такі рослини слабо розвинуті, погано проходять загартовування й взимку гинуть від морозів, а ранньою весною – вони випираються із ґрунту [2]. Строки сівби є регулюючим чинником росту й розвитку безвисадкових насінників та їх продуктивності [17].

Норма висіву насіння – основний чинник, який визначає густоту рослин та продуктивність безвисадкових насінників. Контрастні умови зовнішнього середовища впливають на ріст та розвиток рослин в осінній період. За норми висіву 50 насінин на 1 м рядка у загальній структурі насінників перед збиранням спостерігалась значна кількість слабо розвинутих рослин, порівняно з нормою висіву 25 насі-

нин на 1 м рядка. Зменшення норми висіву на 33–50 % сприяє підвищенню рівномірності розміщення безвисадкових насінників, а також збільшенню біологічної врожайності насіння [4].

Отже, надмірне зростання (як і зниження) вихідної густоти насаджень призводить до різкої зміни фракційного складу коренеплодів, що негативно впливає на збереженість рослин у зимовий період.

За інтенсивної технології виробництва буряків цукрових, однією із важливих ланок є сівба на кінцеву густоту рослин. Тому висока польова схожість є визначальним чинником рівня врожайності та якості врожаю [18, 19].

Строки сівби та густота рослин істотно вплинули на збереженість досліджуваних насінників буряків цукрових, які проводили за двома строками сівби.

У цьому дослідженні порівнюють різні строки сівби та збереженість буряків цукрових на насіння в осінньо-зимовий період та вивчають такі біометричні параметри як маса коренеплоду, діаметр голівки коренеплоду, вміст цукрів та сухих речовин у коренеплоді, кількість та висота листків рослин.

Метою дослідження є визначення біометричних параметрів, які сприяють формуванню холодостійких рослин насінників буряків цукрових за *direct method* (безвисадкового способу) вирощування за різних строків посіву і їх збереженості в осінньо-зимовий період.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. на Білоцерківській дослідно-селекційній станції, Білоцерківського району Київської області в умовах нестійкого зволоження Лісостепу Правобережного. Експеримент проводили згідно з методичними вимогами щодо проведення польового оцінювання насіннєвих посівів цукрових, кормових буряків [20], методик польового досліду та методик Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН України.

Погодні показники у роки проведення досліджень (2021–2023 рр.) відрізнялись від середніх багаторічних значень, проте, загалом, були сприятливими для вегетаційного періоду рослин.

У досліді було використано насіння ЧС компонента “Константа” та багатонасінного запилювача “Константа” за схемою рекомендованою у насінництві у співвідношенні густоти два рядки батьківської форми до чотирьох рядків материнської. Насіння було висіяне у два строки: 1 строк – 20 серпня, 2 строк – 1 вересня. Були проведені обліки та спостереження у польових умовах на маточних буряках за ступенем розвитку маточних коренеплодів перед зимівлею

(орієнтовно наприкінці жовтня – перша половина листопада): висота рослин, кількість листків, маса та діаметр коренеплодів (фракційний склад коренеплодів), вміст сухої речовини та цукрів у коренеплодах у кожному варіанті у чотириразовій повторності на один погонний метр коренеплодів з типових за густотою рядків на ЧС компоненті та багатонасінному запилювачі.

Результати дослідження та обговорення.

Виявлено, що строки сівби є одним з основних чинників, який впливає на формування біометричних показників коренеплодів насінників буряків цукрових перед зимівлею.

За біометричними показниками (маса коренеплоду, діаметр голівки коренеплоду, вміст цукристості та сухих речовин у коренеплоді, висота рослин та кількість листків) коренеплодів буряків цукрових на насіння визначили оптимальні параметри, які відповідають холодостійким рослинам та їх збереженості після перезимівлі.

Формування біометричних показників залежно від строків сівби висвітлено у таблиці 1.

Аналізуючи отримані результати біометричних показників коренеплодів насінників буряків цукрових у 2021 році перед зимівлею, можна відмітити, що строки сівби впливали на їх ступінь розвитку.

Дані першого строку сівби (20 серпня) показали, що ріст й розвиток рослин відбувався за сприятливих погодних умов, опади перед сівбою сприяли дружнім сходом, що дало гарний поштовх розвитку рослин в осінньо-зимовий період. Маса коренеплоду ЧС компонента становила 67 г, багатонасінного запилювача – 65 г, діаметр голівки коренеплоду – 1,4 см та 1,3 см відповідно за компонентами; цукристість – 9,4 та 9,3 %, вміст сухих речовин – 14,4 та 14,6 %; висота рослин становила 17,0 та 12,8 см, кількість листків 11 та 10 шт. Отже, за фракційним складом діаметр коренеплодів насінників буряків цукрових першого строку сівби відповідав параметрам холодостійких рослин.

За другого строку сівби (1 вересня), сівба проходила за дефіциту опадів, що зумовило нерівномірні сходи, така варіація призвела до різних за біометричними параметрами рослин, їх розташуванні у рядку, що спричинило їх загибель під час перезимівлі. Біометричні показники ступеня розвитку коренеплодів насінників буряків цукрових становили: маса коренеплоду ЧС компонента 36 г, багатонасінного запилювача – 35 г, далі відповідно за компонентами – діаметр голівки коренеплоду – 0,4 та 0,4 см; цукристість – 7,0 та 7,1 %; вміст сухої речовини у коренеплодах – 16,6 та 16,7 %; висота рослин – 8,6 та 10,2 см; кількість листків – 6 та 5 шт.

Таблиця 1 – Біометричні показники коренеплодів насінників буряків цукрових перед зимівлею залежно від строків сівби, 2021 та 2022 рр.

Варіант		Густота рослин шт./м перед зимівлею	Густота рослин шт./м після перезимівлі	Збереженість рослин, %
компонент гібрида	строк сівби			
2021–2022 рр.				
ЧС компонент	1 строк	21	15	71,7
Багатонасінний запилювач	1 строк	21	8	38,0
ЧС компонент	2 строк	20	13	64,9
Багатонасінний запилювач	2 строк	19	7	35,8
2022–2023 рр.				
ЧС компонент	1 строк	22	17	77,2
Багатонасінний запилювач	1 строк	23	17	73,9
ЧС компонент	2 строк	17	13	76,4
Багатонасінний запилювач	2 строк	26	10	38,4

Визначено, що діаметр коренеплодів та їх цукристість за першого строку були значно вищими, ніж за другого строку й відповідали параметрам холодостійких рослин. Маса коренеплодів була вищою за обох строків, ніж у холодостійких рослин. Всі інші параметри були нижчими й не відповідали параметрам холодостійких рослин.

За результатами досліджень 2022 року, сприятливі погодні умови обумовили гарні сходи за обох строків сівби. Однак значна загущеність рослин сприяла росту та розвитку дуже дрібних коренеплодів.

За першого строку сівби (20 серпня), показники перед зимівлею становили: маса коренеплодів ЧС компонента – 9 г, багатонасінного запилювача – 12 г, всі інші показники, відповідно, діаметр коренеплоду – 0,7 та 0,8 см, цукристість – 6,9 та 7,2 %, вміст сухих речовин – 18,0 та 18,1 %, висота рослин – 11,9 та 12,2 см, кількість листків – 8 та 7 шт. За параметрами холодостійких рослин показники коренеплодів були оптимальними для збереженості рослин у зимовий період.

За другого строку сівби (1 вересня), маса коренеплодів була меншою й залежала від їх густоти посівів. Через значну загущеність рослини

були досить дрібними та слабо розвинутими, що зумовило їх слабку загартованість й значну загибель взимку. Зокрема, маса коренеплоду ЧС компоненту становила 9 г, діаметр голівки коренеплоду – 0,6 см, цукристість – 6,0 %, вміст сухих речовин – 17,8 %, всі ці показники відповідали параметрам холодостійких рослин, а у багатонасінного запилювача ці показники були значно нижчими й становили: маса коренеплоду – 5 г, діаметр голівки коренеплоду – 0,5 см, цукристість – 6,1 %, вміст сухих речовин – 17,6 %.

Аналізуючи результати, виявлено, що строки сівби впливають як на формування біометричних показників коренеплодів буряків цукрових, так і на їх збереженість (табл. 2).

Збереженість 2021–2022 рр. безвисадкових насінників першого строку сівби становила у ЧС компоненту 71,7 %, багатонасінного запилювача – 38,0 %, що цілком достатньо для отримання насіння, другого строку – відповідно, 64,9 та 35,8 %.

У 2022–2023 рр., відсоток збереженості рослин безвисадкових насінників першого строку сівби становив ЧС компоненту – 76,4 %, багатонасінного запилювача – 73,9 %, другого строку – ЧС компоненту становив 71 %, багатонасінного запилювача – 38,4 %.

Таблиця 2 – Збереженість коренеплодів насінників буряків цукрових перед зимівлею залежно від строків сівби, (середнє за 2021–2022 та 2022–2023 рр.)

Варіант		Густота рослин шт./м перед зимівлею	Густота рослин шт./м після перезимівлі	Збереженість рослин, %
компонент гібрида	строк сівби			
2021–2022 рр.				
ЧС компонент	1 строк	21	15	71,7
Багатонасінний запилювач	1 строк	21	8	38,0
ЧС компонент	2 строк	20	13	64,9
Багатонасінний запилювач	2 строк	19	7	35,8
2022–2023 рр.				
ЧС компонент	1 строк	22	17	77,2
Багатонасінний запилювач	1 строк	23	17	73,9
ЧС компонент	2 строк	17	13	76,4
Багатонасінний запилювач	2 строк	26	10	38,4

Висновки. За результатами досліджень виявлено, що на формування біометричних показників рослин насінників буряків цукрових впливають строки сівби. Сівбу необхідно проводити з урахуванням кількості опадів. Також за першого строку сівби збереженість рослин була вищою, ніж за другого строку. Рослини за біометричними параметрами здатні витримувати критичні температури перезимівлі в умовах Лісостепу Правобережного України та їх збереженість у зимовий період, що сприяє отриманню високого врожаю насіння. Результати досліджень показують перспективність використання *direct method* (безвисадкового методу) вирощування насінників буряків цукрових в умовах Правобережного Лісостепу.

вати критичні температури перезимівлі в умовах Лісостепу Правобережного України та їх збереженість у зимовий період, що сприяє отриманню високого врожаю насіння. Результати досліджень показують перспективність використання *direct method* (безвисадкового методу) вирощування насінників буряків цукрових в умовах Правобережного Лісостепу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Балан В.М. Безвисадковий спосіб вирощування насіння цукрових буряків: історія розвитку, стан та перспективи. Цукрові буряки. 2012. № 4. С. 9–11.
2. Балан В.М. Зимостійкість безвисадкових насінників цукрових буряків. Цукрові буряки. 2007. № 4. С. 4–6. URL: <https://journal.udau.edu.ua/assets/files/95/Agro/14.pdf>
3. Балан В.М., Бобруйко В.М., Клещевніков М.О. Ефективність різних моделей технології вирощування гібридного насіння цукрових буряків безвисадковим способом. Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків. 2010. № 11. С. 285–289.
4. Доронін В.А., Турченок С.М. Продуктивність безвисадкових насінників залежно від норм і строків сівби. Цукрові буряки. 2007. № 6. С. 10–12.
5. Труш С.Г., Парфенюк О.О., Баланюк Л.О. Впровадження підзимніх посівів буряку цукрово-

го у селекційний процес зі створення запилювачів стерильності та їх аналогів з ЦЧС. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2019. Вип. 95. Ч. 1. С. 157–166. DOI: 10.31395/2415-8240-2019-95-1-157-166

6. Городецький О.С., Качан Л.М., Вахній С.П., Хахула В.С. Технічні культури: навч. посібник. Біла Церква, 2018. 288 с. URL: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/3009/1/tehnichni_kultury.pdf

7. Полторецький С.П., Полторецька Н.М. Методичні вказівки для виконання практичних і самостійних робіт з „Рослинництва” (Модуль 3. Змістовий модуль 5. Коренебульбоплоди) студентами факультету плодощовніцтва, екології та захисту рослин підготовки за спеціальностями 203 – садівництво та виноградарство та 202 – захист і карантин рослин. Уманський НУС: Редакційно-видавничий відділ, 2019. 18 с.

8. Донець М.М. Насінництво з основами селекції: навч. посібник. Київ, 2007. 337 с. URL: https://institut-zerna.com/library/docs/nasinnitstvo_osnovy_selectcii.pdf

9. Phänologische Entwicklungsstadien der Beta-Rüben (*Beta vulgaris* L. spp.) / V.U. Meier et al. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. 1993. 45. С. 37–41.

10. Artschwager E. Anatomy of the Vegetative Organs of the Sugar Beet. J. Agric. Res. 1926. 33. P. 143–176.

11. White J.W., Hoogenboom G., Kimball B.A., Wall G.W. Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. Field Crop. Res. 2011. 124. P. 357–368. DOI: 10.1016/j.fcr.2011.07.001.

12. Van Ittersum M., Rabbinge R. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. Field Crop Res. 1997. 52. P. 197–208. DOI: 10.1016/S0378-4290(97)00037-3.

13. FAO. Crop Water Information: Sugar Beet. 2012. URL: http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_sugarbeet.html

14. Mekdad A.A.A., Rady M.M., Ali E.F., Hassan F.A.S. Early Sowing Combined with Adequate Potassium and Sulfur Fertilization: Promoting *Beta vulgaris* (L.) Yield, Yield Quality, and K- and S-Use Efficiency in a Dry Saline Environment. Agronomy. 2021. 11. 806 p. DOI: 10.3390/

15. Petkeviciene B. The effect of climate factors on sugar beet early sowing timing. Agron., Res. 2009. 7. Issue 1. P. 436–443.

16. Курило В.Л., Корженко А.М. Визначення критичної температури для коренеплідів безвисадкових насінників. Цукрові буряки. 2006. № 6. С. 6–7.

17. Оголонко І.С. Агротехнічні особливості вирощування безвисадкових насінників кормових буряків. Цукрові буряки. 2005. № 6. С. 14–15.

18. Балан В.М., Щегловський М.М. Польова схожість насіння цукрових буряків як фактор сівби на кінцеву густоту стояння рослин. Корми і кормовиробництво. 2010. Вип. 66. С. 48–53.

19. Балан В.М., Балагура О.В. Агробіологічні основи підвищення польової схожості насіння цукрових буряків. Цукрові буряки. № 3. 2013. С. 14–17.

20. Офіційний вісник України від 15.06.2021 – 2021 р. стаття 2797, код акта 105263/2021. № 45, 261 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0736-21#Text>

REFERENCES

1. Balan, V.M. (2012). Bezvysadkovyj sposib vyroshhuvannya nasinnja cukrovih burjakiv: istorija rozvytku, stan ta perspektyvy [No-plant method of growing sugar beet seeds: development history, status and prospects]. Cukrovi burjaky [Sugar beets]. no. 4, pp. 9–11.

2. Balan, V.M. (2007). Zymostijkist' bezvysadkovih nasinnykiv cukrovih burjakiv [Winter hardiness of seedless sugar beet seeds]. Cukrovi burjaky [Sugar beets]. no. 4, pp. 4–6. Available at: <https://journal.udau.edu.ua/assets/files/95/Agro/14.pdf>

3. Balan, V.M., Bobrujko, V.M., Kleshhejnikov, M.O. (2010). Efektyvnist' riznyh modelej tehnologij vyroshhuvannya gibrydnogo nasinnja cukrovih burjakiv bezvysadkovym sposobom [The efficiency of different models of the technology of growing sugar beet hybrid seeds without planting]. Zbirnyk naukovih prac' Instytutu cukrovih burjakiv [Collection of scientific works of the Sugar Beet Institute]. no. 11, pp. 285–289.

4. Doronin, V.A., Turchenjak, S.M. (2007). Produktivnist' bezvysadkovih nasinnykiv zalezno vid norm i strokiv sivby [Productivity of non-emergent seeds depending on the norms and terms of sowing]. Cukrovi burjaky [Sugar beets]. no. 6, pp. 10–12.

5. Trush, S.G., Parfenjuk, O.O., Balanjuk, L.O. (2019). Vprovadzhennja pidzrymnyh posiviv burjaku cukrovogo u selekciynij proces zi stvorennja zapyljuvachiv steryl'nosti ta i'h analogiv z CChS [Implementation of winter crops of sugar beet in the selection process for the creation of sterile pollinators and their analogues from the Central Emergency Situations]. Zbirnyk naukovih prac' Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnytva [Collection of scientific works of the Uman National University of Horticulture]. Issue 95, Part 1, pp. 157–166. DOI: 10.31395/2415-8240-2019-95-1-157-166

6. Gorodec'kyj, O.S., Kachan, L.M., Vahnij, S.P., Hahula, V.S. (2018). Tehnichni kul'tury: navch. posibnyk [Technical cultures]. Bila Tserkva, 288 p. Available at: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/3009/1/tehnichni_kul'tury.pdf

7. Poltorec'kyj, S.P., Poltorec'ka, N.M. (2019). Metodychni vказivky dlja vykonannya praktychnih i samostijnyh robit z „Roslynnytva” (Modul' 3. Zmistovij modul' 5. Korenebul'boplody) studentamy fakul'tetu plodoovochivnytva, ekologii' ta zahystu roslyn pidgotovky za special'nostjamy 203 – sadivnytvo ta vynogradarstvo ta 202 – zahyst i karantyn roslyn [Methodological instructions for the implementation of practical and independent work on "Plants" (Module 3. Content module 5. Roots) by students of the Faculty of Fruits and Vegetables, Ecology and Plant Protection, majors 203 – Horticulture and Viticulture and 202 – Plant Protection and Quarantine]. Uman National Academy of Sciences, Editorial and publishing department, 18 p.

8. Donec', M.M. (2007). Nasinnnytvo z osnovamy selekcii': navch. posibnyk [Seed production with the basics of selection]. Kyiv, 337 p. Available at: https://institut-zerna.com/library/docs/nasinnitstvo_osnovy_selectcii.pdf

9. Meier, V.U., Bachmann, L., Buhtz, E., Hack, H., Klose, R., Märlander, B., Weber, E. (1993). Phänologische Entwicklungsstadien der Beta-Rüben (*Beta vulgaris* L. spp.). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. no. 45, pp. 37–41.

10. Artschwager, E. (1926). Anatomy of the Vegetative Organs of the Sugar Beet. J. Agric. Res. no. 33, pp. 143–176.

11. White, J.W., Hoogenboom, G., Kimball, B.A., Wall, G.W. (2011). Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. Field Crop. Res. no. 124, pp. 357–368. DOI: 10.1016/j.fcr.2011.07.001.

12. Van Ittersum, M., Rabbinge, R. (1997). Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crop Res.* no. 52, pp. 197–208. DOI: 10.1016/S0378-4290(97)00037-3.

13. FAO. Crop Water Information: Sugar Beet. 2012. Available at: http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_sugarbeet.html

14. Mekdad A.A.A., Rady M.M., Ali E.F., Hassan F.A.S. (2021). Early Sowing Combined with Adequate Potassium and Sulfur Fertilization: Promoting *Beta vulgaris* (L.) Yield, Yield Quality, and K- and S-Use Efficiency in a Dry Saline Environment. *Agronomy.* no. 11, 806 p. DOI: 10.3390/

15. Petkeviciene, B. (2009). The effect of climate factors on sugar beet early sowing timing. *Agron., Res.* no. 7, Issue I, pp. 436–443.

16. Kurylo, V.L., Korzhenko, A.M. (2006). Vyznachennja krytychnoi' temperatury dlja koreneplodiv bezvysadkovykh nasinnykiv [Determination of the critical temperature for root crops of seedless seeds]. *Cukrovi burjaky* [Sugar beets]. no. 6, pp. 6–7.

17. Ogolonko, I.S. (2005). Agrotechnichni osoblyvosti vyroshhuvannja bezvysadkovykh nasinnykiv kormovykh burjakiv [Agrotechnical features of growing fodder beet seedless seeds]. *Cukrovi burjaky* [Sugar beets]. no. 6, pp. 14–15.

18. Balan, V.M., Shheglovs'kyj, M.M. (2010). Pol'ova shozhist' nasinnja cukrovyykh burjakiv yak faktor sivyby na kincevu gustotu stojannja roslyn [Field germination of sugar beet seeds as a factor of sowing on the final density of plant stands]. *Kormy i kormovy-robnnytvo* [Fodder and fodder production]. Issue 66, pp. 48–53.

19. Balan, V.M., Balagura, O.V. (2013). Agrobiologichni osnovy pidvyshhennja pol'ovoi' shozhosti nasinnja cukrovyykh burjakiv [Agrobiological basics of increasing field germination of sugar beet seeds]. *Cukrovi burjaky* [Sugar beets]. no. 3, pp. 14–17.

20. Oficijnyj visnyk Ukrai'ny vid 15.06.2021 – 2021 r. stattja 2797, kod akta 105263/2021 [Official Gazette of Ukraine dated 15.06.2021 – 2021, article 2797, act code 105263/2021]. no. 45, 261 p. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0736-21#Text>

Influence of sowing dates on the biometric parameters formation of cold-resistant plants of sugar beet seeds using the *direct method* (no-planting method)

Petrakova O., Karpuk L.

The influence of sowing dates on the formation of biometric indicators of cold-resistant sugar beet seed plants in the autumn-winter period was studied using the direct method (non-planting method) under conditions of unstable moisture in the Right Bank Forest-Steppe.

The purpose of the study was to determine the biometric indicators of the root crops of sugar beet seeds, which contribute to the formation of cold-resistant plants and their preservation in the autumn-winter period using the *direct method* (no-seeding method) of growing at different sowing times. The research was conducted during 2021–2023 at the Bila Tserkva Research and Selection Station, Bila Tserkva District, Kyiv region, in conditions of unstable moisture in the Right Bank Forest Steppe. The experiment was carried out in accordance with the methodological requirements for field assessment of seed crops of sugar, fodder beets, methods of field experiment and the methods of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

It was found out that the formation of biometric indicators of roots of sugar beet seeds, which correspond to the indicators of cold-resistant plants, were optimal during the first period of sowing and had higher preservation. In 2021–2022, the preservation of non-emergent seeds of the first sowing period was 71.7 % of the emergency component, 38.0 % of the multi-seeded pollinator, which is quite enough to obtain seeds of the second season, respectively, 64.9 and 35.8 %. In 2022–2023 the survival rate of non-emergent seed plants of the first sowing period was 76.4 % of the component emergency, multi-seeded pollinators – 73.9 %, the second term – the component emergency was 71 %, of the multi-seeded pollinator – 38.4 %. The research results show the prospects of using the *direct method* (no-planting method) of growing sugar beet seeds in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: biometric indicators, cold resistance parameters, plant growth and development, sugar beet seeds, plant preservation.



Copyright: Петракова О.О., 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/0000-0002-2303-7899>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.573-026.5:633.63

Облік фізичних якостей коренеплодів
під час приймання і зберігання буряків цукровихГлеваський В.І.¹ , Сидорова І.М.¹ , Куянов В.В.²¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Інститут післядипломної освіти НУХТ Глеваський В.І. e-mail: glevas@ukr.net

Глеваський В.І., Сидорова І.М., Куянов В.В.
Облік фізичних якостей коренеплодів
під час приймання і зберігання буряків
цукрових. «Агробіологія», 2023. № 2.
С. 137–145.

Hlevaskyi V., Sydorova I., Kuyanov V.
Accounting of physical qualities of root
crops during sugar beet reception and
storage. «Agrobiology», 2023. no. 2,
pp. 137–145.

Рукопис отримано: 26.10.2023 р.
Прийнято: 10.11.2023 р.
Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-137-145

У статті вивчали питання якості коренеплодів буряків цукрових під час зберігання.

Визначальним чинником ефективності бурякоцукрового виробництва є вихід цукру на заводі. Коренеплоди характеризуються різкою зміною технологічної якості залежно від районів бурякосіяння, агрометеорологічних умов року, технології вирощування й умов зберігання. Вони легко пошкоджуються під час збирання та транспортування, відносно погано зберігаються. Фізичні властивості коренеплодів залежать здебільшого від налаштувань бурякозбиральних машин, погодних умов у період збирання, а хімічні властивості – від сортових особливостей та агротехніки вирощування.

За вирощування в одних і тих же умовах, сортові особливості мають визначальне значення у формуванні урожайності й технологічної якості коренеплодів. Тому важливо за вирощування в господарстві використовувати два-три гібриди, які належать до різних груп за вихідними технологічними якостями й рівнем втрат цукру під час зберігання. Гібриди мають забезпечувати високий вихід цукру впродовж роботи цукрового заводу. Тому необхідно мати дані у розрізі гібридів про вихід цукру впродовж всього періоду збирання, дати досягнення максимальної цукристості, стійкості до кагатної гнилі та інтенсивності втрат цукру у період зберігання. Більш цукристі коренеплоди втрачають більше цукру за тривалого зберігання, й вищою мірою знижується його вихід. Коренеплоди таких гібридів не слід зберігати, а відразу направляти на переробку.

Дослідження показують, що у кагатах, де зберігається сировина, яка має 9–10 % механічно пошкоджених коренеплодів, гнильні процеси активізуються в 4,5 рази, а за 17–18 % – у 10 разів швидше порівняно з непошкодженими. Щоб зменшити ураження коренеплодів кагатною гниллю під час зберігання, потрібно застосовувати біоцидні препарати.

Під час зберігання на полі у відкритих кагатах впродовж 12 діб втрати цукру у коренеплодах сягають 1,7 % у вересні в абсолютній масі. Втрати цукру в таких умовах досягають 1,3 % у вересні й 0,9 % у жовтні.

Підвищена кількість зеленої маси знижує технологічну якість коренеплодів. На кожен відсоток зеленої маси без зберігання вихід цукру знижується на 0,2 %, збільшується вихід меляси й втрати цукру внаслідок попадання у сік додаткових нецукрів. Під час зберігання такі коренеплоди швидко проростають, що знижує вихід цукру.

Ключові слова: буряки цукрові, коренеплід, якість коренеплодів, цвітущість, коренева гниль, кагати.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Під час зберігання коренеплодів буряків цукрових у польових умовах втрати можуть сягати 11–16 %. До 77 % на зберігання коренеплодів впливають погодні умови. Умови зберігання залежать від співвідношення маси до площі поверхні кагату. За висоти 2,5–3,0 м таке співвідношення становить 0,35–0,42, що характеризує вплив чинників навколишнього середовища на буряки. Сонячна радіація, температура, атмосферні опади негативно впливають на зберігання коренеплодів верхнього шару насипу до одного метра. За збільшення висоти кагатів до 5,0–6,5 м й ширини 28–30 м співвідношення становить 1,05–1,35, зменшується вплив навколишнього середовища до 13–31 % [1–2].

Під час зберігання коренеплодів буряків цукрових потрібно дотримуватись оптимальних умов, насамперед температурного режиму. За підвищення температури біохімічні процеси у буряках перебігають більш інтенсивніше, що зумовлює їх загнивання. Щоб запобігти цьому, використовують різні заходи, один із поширених – обприскування вапняним молоком від попадання сонячного проміння. Також вкривають кагати матами, соломою, тирсою, застосовують плівку, пінопласт [3–8].

У кагаті роблять спеціальні отвори для розміщення не менше трьох термометрів. За виявлення зон з підвищеною температурою проводять заходи для їх уникнення. Для цього буряки виймають з вогнища ураження підвищеної температури кагату і обробляють їх вапном. Оптимальна температура, за якої зберігають коренеплоди, має становити 1–2 °C. Зниження температури нижче 0 °C також погіршує їх якість, для цього кагати додатково накривають [9–12].

На початку зберігання у буряках ще продовжують відбуватися хімічні та біологічні процеси. Під час дихання виділяється тепло внаслідок окислення цукрози. Відбувається інверсія сахарози під дією ферменту інвертази, утворюючи фруктозу і глюкозу.

Із підвищенням температури на 10 °C збільшується втрата сахарози вдвічі.

Під час зберігання коренеплодів за температури 1–2 °C та відносної вологості – 94 % дихання інтенсивніше відбувається у в'ялих, забруднених й механічно пошкоджених коренеплодах. Виділення тепла і вологи спричиняють інтенсивніше дихання, що призводить до їх самозігрівання. Інтенсивність дихання залежить від гібрида, який надійшов на зберігання, його зрілості, стану ураження мікроорганізмами. Після 2–3-х тижнів від початку зберігання дихання припиняється [13–15].

Мікроорганізми завдають значних втрат за неправильного зберігання коренеплодів. Насамперед вони уражують коренеплоди, які були механічно пошкоджені за підвищеної температури. Під час зберігання у коренеплодах проходять біохімічні, фізіологічні й мікробіологічні процеси, які пов'язані між собою й спричиняють кагатні гнилі.

Середньодобові втрати цукру становлять за температури 1 °C – 0,01 %, 3 °C – 0,02 %, 6 °C – 0,03 %, 9 °C – 0,05 %.

Кагатна гниль погіршує технологічні показники, що спричиняє втрати виходу цукру та зниження його якості. Коренеплоди пошкоджені кагатною гниллю характеризуються низьким вмістом сахарози та підвищеним вмістом шкідливих нецукрів (редукувальні речовини, розчинний азот, мінеральні нецукри, розчинні пектинові речовини). Мікробіологічні ураження коренеплодів буряків цукрових можуть відбуватися в період вегетації рослин внаслідок підвищеної вологості ґрунту та тривалого зберігання коренеплодів у польових кагатах [16–19].

Тому актуальними залишаються питання щодо умов зберігання коренеплодів буряків цукрових для отримання максимальної кількості цукру.

Мета дослідження – виявити оптимальні умови підвищення ефективності зберігання буряків цукрових, через зменшення негативного впливу пошкодження коренеплодів на показники якості під час зберігання, а також узагальнення сучасних підходів щодо зниження втрат цукрози.

Матеріал і методи дослідження. Досліди проводили впродовж 2020–2022 рр. на дослідному полі Білоцерківського НАУ та Інституту післядипломної освіти Національного університету харчових технологій.

Коренеплід буряків цукрових після викопування з ґрунту є біологічним об'єктом і в ньому продовжуються біохімічні процеси, пов'язані з диханням. У своєму метаболізмі коренеплід витрачає найрізноманітніші органічні речовини: вуглеводи, білки та ін. Внаслідок життєдіяльності коренеплоду після викопування витрачається зазвичай цукроза. Початковою стадією розкладання цукрози є утворення глюкози та фруктози [20]. Внаслідок мікробіологічних процесів у коренеплоді відбувається утворення гнилої маси, яка не містить цукрози, а є продуктом життєдіяльності мікроорганізмів.

Основними критеріями для буряків цукрових після зберігання є такі хіміко-фітопатологічні показники: ступінь ураження коренеплодів мікроорганізмами, вміст гнилої маси, зниження цукристості, приріст редукувальних речовин, рівень середньодобових втрат цукру.

Для дослідження стійкості коренеплодів до зберігання з пробних ділянок кожного варіанта відбирали проби.

Лежкоздатність буряків визначали за допомогою зберігання сіткових проб коренеплодів (у 4-разовій повторності по 6–8 кг у кожній пробі).

Перед укладанням коренеплодів буряків цукрових на зберігання та після зберігання визначали масу проб й вміст цукрози, сухих речовин.

Після зберігання проводили хіміко-фітопатологічне обстеження буряків цукрових, за якого визначали кількість пророслих, запліснявілих та загнаних коренеплодів, а також гнилої маси та паростків.

Відбір проб коренеплодів, формування проб для вихідного аналізу та під час зберігання буряків цукрових, відповідні фітопатологічні та хімічні аналізи виконували за прийнятими у цукровій промисловості методиками [21–25].

Результати дослідження та обговорення. Оптимальні терміни для збирання буряків цукрових це вересень й жовтень. Коренеплоди за цей час проходять різні періоди зберігання у господарствах на полі та на бурякоприймальних пунктах цукрових заводів. Тому умови зберігання буряків та їх технологічна якість до перероблення залишаються актуальними.

За вирощування буряків цукрових потрібно використовувати гібриди стійкі до цвітушності. Цвітушні рослини несуттєво знижують урожайність коренеплодів (1,0–2,0 т/га), але ускладнюють різку коренеплодів, збільшують вихід меляси та втрати цукру в ній, є осередками загнивання в період зберігання.

Із агротехнічних заходів за вирощування буряків цукрових, що має вплив на технологічну якість та стійкість під час зберігання коренеплодів є: строки сівби, місце у сівозміні, дози удобрення й співвідношення поживних речовин у них, строки підживлення азотними добривами.

Фізична якість коренеплодів визначається їх цукристістю, яка залежить від забруднення, масової частки підв'ялених, підморожених й сильно механічно пошкоджених коренеплодів.

Значна кількість підморожених коренеплодів спостерігається за різних аномальних погодних умов у період збирання. Підморожені коренеплоди у кагатах швидко загнивають. На заводі отримати цукор потрібної якості із таких буряків складно через погану фільтрацію соків.

Наявності зеленої маси не більше ніж 3 %, відповідно до стандарту, дотримуються більшість господарств. У дощову або сильно по-

сушливу погоду різко збільшується кількість землі у масі коренеплодів.

Найвищою загрозою для зберігання під час збирання бурякозбиральними комплексами є значні механічні пошкодження коренеплодів. Велика кількість коренеплодів, які надходять на цукровий завод мають механічні пошкодження, які перевищують допустиму норму на 12 % [25].

Ступінь стійкості коренеплодів до впливу мікроорганізмів визначається цілісністю покривних тканин. Збудники кагатної гнилі починають розвиватися на пошкоджених ділянках та ослаблених коренеплодах. На поверхні пошкодженої ділянки утворюється шар мертвих клітин, які відразу пошкоджуються мікроорганізмами. Спочатку розвиваються на місці пошкоджень, на мертвих тканинах, потім токсини вбивають й розкладають сусідні живі клітини. У разі сильних пошкоджень з видаленими головками порушується регулююча діяльність ферментних систем, розкладання цукрози, при цьому процеси посилюються й стають неконтрольованими.

Дослідження показують, що у коренеплодах, які мають 9–10 % механічних пошкоджень, гнильні процеси активізуються в 4,5 рази, а за 17–18 % – у 10 разів, порівняно з непошкодженими. У середньому кожен відсоток сильних пошкоджень досягає 0,2 % гнилої маси за зберігання 70 діб (табл. 1).

Під час зберігання коренеплодів важливо підтримувати оптимальні умови. Застосування примусової вентиляції вологим повітрям у перший період зберігання сприяє зниженню температури, а за оптимальної вологості відбувається загоєння ран й активуються захисні реакції коренеплоду на механічні пошкодження.

Обприскування коренеплодів під час закладки на зберігання дезінфікуючими препаратами (суміш трисульфату натрію (4–5 %) з борною кислотою (0,25–0,75 %), сприяє частковому відновленню тургору й зниженню втрат. У разі масового пошкодження коренеплодів (більше 18 %), обприскування не дає позитивних результатів й стримати розповсюдження гнильних мікроорганізмів не вдається. Тому некондиційні коренеплоди за цим показником направляють для термінової переробки [3].

Другою причиною значних втрат сировини й цукру в період зберігання та переробки є підв'ялення коренеплодів. Розвиток мікробіологічних процесів безпосередньо залежить від ступеня втрати тургору живими рослинними клітинами. Зневоднені тканини втрачають імунні властивості та є доступним субстратом для мікроорганізмів.

Таблиця 1 – Вплив пошкодження коренеплодів на показники якості під час зберігання (середнє за 2020–2022 рр.), %

Показник	Непошкоджені коренеплоди	Пошкоджені коренеплоди		
		хвостова частина	головка	власне корінь
Вихідний склад перед зберіганням (01.09)				
Цукристість	17,5	17,6	18,0	17,2
Чистота очищеного соку	90,1	91,0	91,5	90,0
Розрахунковий вихід цукру	14,0	14,3	14,8	13,8
Втрати цукру в мелясі	2,4	2,3	3,0	2,5
Вихід меляси	5,4	4,7	4,6	5,1
Після зберігання впродовж 70 діб (10.11)				
Втрати маси	4,7	4,1	4,8	4,7
Маса гнилі	2,0	2,1	4,0	3,5
Цукристість	16,6	16,4	16,3	16,2
Втрати цукру: загальні	1,7	1,8	2,3	1,9
середньодобові	0,02	0,02	0,03	0,02
Чистота очищеного соку	83,3	84,0	83,1	82,9
Розрахунковий вихід цукру	11,1	11,0	10,5	10,3
Зниження виходу цукру	2,5	3,2	3,5	3,5
Втрати цукру в мелясі	3,3	3,4	3,7	3,7
Вихід меляси	7,1	7,2	7,5	7,8

Підв'ялення коренеплодів, зазвичай, пов'язано з невчасним вивезенням їх і переробкою.

Втрати маси коренеплодів залежать від терміну зберігання. Під час зберігання коренеплодів у вересні перші 4 доби у некритих кагатах висотою до 1 м втрати маси сягають до 4,0 %, наступні 4 доби – 2,5 %. На 24 вересня втрати маси становлять 2,8 % і 30 вересня – 9,3 % (рис. 1).

У жовтні втрати маси коренеплодів за зберігання менші ніж у вересні, зокрема станом на 4 жовтня вони становлять 1,0 %. Наступні 4 доби втрати маси досягають 1,5 %. Із збільшенням терміну зберігання зменшується маса коренеплодів, і на 12 жовтня вони становлять 2,3 %, а на 16 жовтня – 4,7 %.

Під час зберігання на полі у вкритих кагатах висотою до 1 м втрати маси менші ніж у відкритих кагатах. У вересні впродовж 12 діб зберігання втрати маси сягають 4 %, у жовтні – 1,1 %.

Під час зберігання на полі у відкритих кагатах висотою до 1 м впродовж 12 діб втрати

цукру у коренеплодах досягають 1,7 % у вересні в абсолютній масі. Втрати цукру в таких умовах становлять 1,3 % у вересні і 0,9 % – у жовтні.

За зберігання коренеплодів у відкритих кагатах висотою до 2 м перші 4 доби втрати маси досягають 3,3 %, наступні 4 доби – 1,7 %. На 24 вересня втрати маси сягають 2,1 % і 30 вересня – 7,1 % (рис. 2).

У некритих кагатах висотою до 2 м на 4 жовтня втрати становлять 0,4 %. Наступні 8 діб втрати маси сягають 1,8 % і на 16 жовтня – 4,1 %.

За зберігання на полі у вкритих кагатах висотою до 2 м втрати маси коренеплодів значно менші. У вересні впродовж 12 діб зберігання вони становлять 2,4 %, у жовтні – 0,5 %.

За зберігання у відкритих кагатах висотою до 2 м впродовж 12 діб втрати цукру в коренеплодах були меншими і становили 1,7 % у вересні в абсолютній масі. Втрати цукру в таких умовах досягають 1,3 % у вересні і 0,9 % – у жовтні.

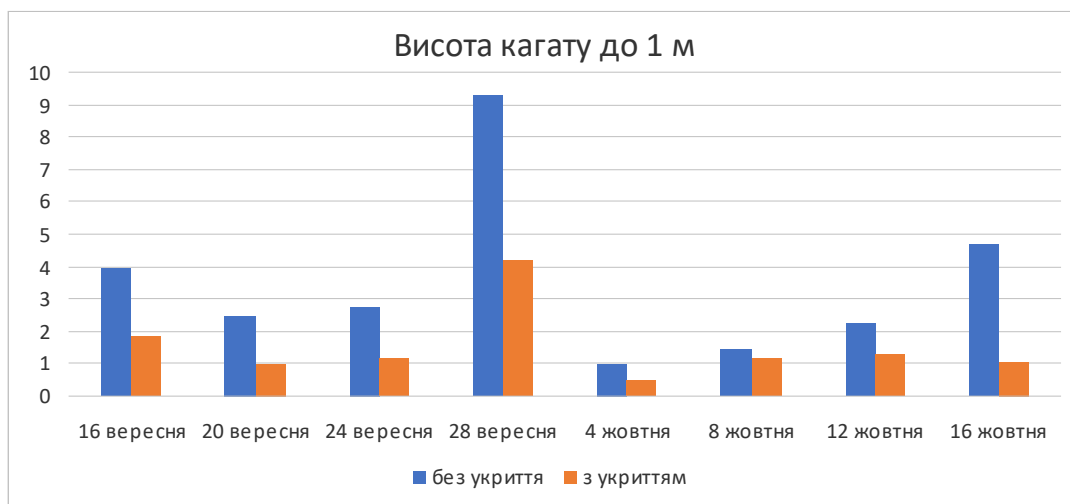


Рис. 1. Втрати маси коренеплодів за зберігання у польових умовах, висота кагату до одного метра (середнє за 2020–2022 рр.), %.

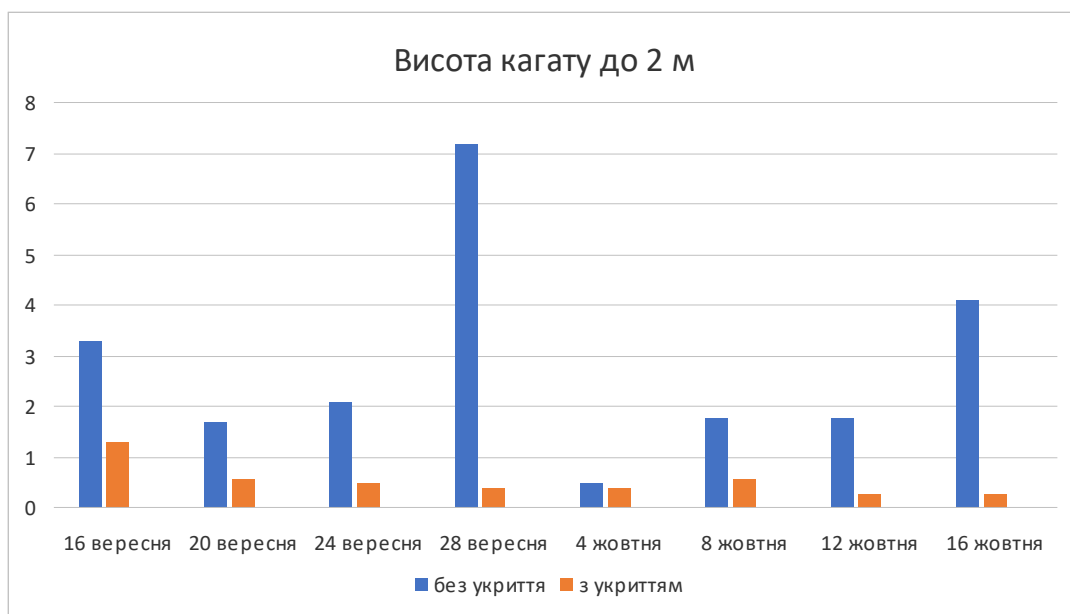


Рис. 2. Втрати маси коренеплодів за зберігання у польових умовах, кагати до двох метрів (середнє за 2020–2022 рр.), %.

Для часткового відновлення тургору й запобігання подальшим втратам вологи коренеплодами за зберігання, проводять вентилявання зволженим повітрям під час закладки. Зволоження вентиляцією скорочує інтенсивність розкладання цукрози на 0,3 % за зберігання підв'ялених коренеплодів.

За сухих й жарких погодних умов восени підв'ялені коренеплоди у кагатах швидко загнивають. Тому потрібно регулювати темпи

збирання й не допускати підв'ялення коренеплодів та великих запасів у кагатах.

Підвищена кількість зеленої маси знижує технологічну якість коренеплодів. На кожен відсоток зеленої маси без зберігання вихід цукру знижується на 0,2 %, збільшується вихід меляси та втрати цукру внаслідок попадання у сік додаткових нецукрів. Під час зберігання такі коренеплоди швидко проростають, що знижує вихід цукру (табл. 2).

Таблиця 2 – Вплив зеленої маси на зниження технологічних якостей коренеплодів під час зберігання, % (станом на 10.10) (середнє за 2020–2022 рр.)

Показник	Контроль (без зеленої маси)	Вміст зеленої маси		
		2,5	5,5	10,5
Цукристість	17,5	17,0	16,7	16,3
Чистота очищеного соку	92,3	91,7	91,3	90,3
Вихід цукру	14,3	13,5	13,1	12,8
Втрати цукру в мелясі	2,0	2,3	2,5	3,0
Вихід меляси	4,0	4,4	4,8	5,4

Вміст зеленої маси у коренеплодах безпосередньо впливає на їх цукристість. Зокрема на контролі без зеленої маси цукристість становила 17,5 %. Зі збільшенням вмісту зеленої маси із 2,5 до 10,5 % цукристість знизилась від 17,0 до 16,3 %.

Така закономірність спостерігалась з показником чистоти очищеного соку, який на контролі становив 92,3 %, а за вмісту зеленої маси в коренеплодах 2,5; 5,5 та 10,5 % – чистота очищеного соку становила відповідно 91,7; 91,3 і 90,3 %.

Вихід цукру на контролі становив 14,3 %, із збільшенням зеленої маси від 2,5 до 10,5 % цей показник знизився від 13,5 до 12,8 %.

Втрати цукру в мелясі на контролі становили 2,0 %, із збільшенням зеленої маси в коренеплодах від 2,5 до 10,5 % цей показник збільшувався від 0,3 до 1,0 %.

Вихід меляси також мав таку закономірність й збільшувався, порівняно з контролем від 0,4 до 1,4 %.

Коренеплоди, які мають високий вміст зеленої маси у партії цукрових буряків, необхідно відразу направляти на переробляння.

Висновки. Під час зберігання коренеплодів необхідно враховувати дані щодо технології вирощування буряків цукрових, внесення мінеральних й органічних добрив, особливо азотних. Збирання проводити в оптимальні терміни, враховуючи технічну стиглість коренеплодів.

Дослідження показують, що під час зберігання сировини, яка має 9–10 % механічно пошкоджених коренеплодів, гнильні процеси активізуються в 4,5 рази, а за 17–18 % – у 10 разів швидше, порівняно з непошкодженими. Щоб зменшити ураження коренеплодів кагатною гниллю під час зберігання потрібно застосовувати біоцидні препарати.

За зберігання на полі у непокритих кагатах впродовж 12 діб, втрати цукру в коренеплодах

досягають 1,7 % у вересні в абсолютній масі. Втрати цукру в таких умовах становлять 1,3 % у вересні і 0,9 % – у жовтні.

Підвищена кількість зеленої маси знижує технологічну якість коренеплодів. На кожен відсоток зеленої маси без зберігання, вихід цукру знижується на 0,2 %, збільшується вихід меляси та втрати цукру внаслідок потрапляння у сік додаткових нецукрів. Під час зберігання такі коренеплоди швидко проростають, що знижує вихід цукру.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф., Сеньков А.М., Хилевич В.С. Зберігання і переробка продукції рослинництва: навч. посіб. Київ: Мета, 2002. 495 с.
2. Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф., Сеньков А.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: практикум. Київ: Вища освіта, 2004. 271 с.
3. Технологія зберігання та переробка продукції рослинництва: практикум / В.І. Глеваський та ін. Біла Церква, 2021. 187 с.
4. Коломієць В.В., Фабричнікова І.А. Визначення сил і напруг при зрізанні коренеплоду цукрового буряка в стружку. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва». Харків, 2010. Вип. 103. С. 239–243.
5. Фабричнікова І.А., Коломієць В.В. Зависимость усилий и напряжений процесса срезания стружки от неоднородного строения коренеплода сахарной свеклы. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Технічний сервіс в АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні». Харків, 2006. Вип. 42. С. 16–19.
6. Фабричнікова І.А., Євдокимов В.М. Уточнені умови утворення стружки при зрізанні коренеплоду цукрового буряка бурякорізальними ножами. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва». Харків, 2011. Вип. 107. Т. 2. С. 194–201.
7. Зберігання та переробка сільськогосподарської продукції / О.В. Богомолів та ін. Харків: Еспада, 2008. 544 с.

8. Дерев'янка Д.А., Фенюк В.І. Визначення значення параметрів для забезпечення режимів роботи системи активної вентиляції: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики «Наукові читання – 2022» (20 травня 2022 року). Житомир: Поліський національний університет, 2022. С. 39–42.

9. Дерев'янка Д.А., Фенюк В.І. Аналіз технічних засобів зберігання коренеплодів цукрових буряків в кагатах, обладнаних системою активної вентиляції. Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції (16–18 жовтня 2022 року). Київ, Житомир, 2022. С. 285–289.

10. Гусятинська Н.А., Тетеріна С.М., Касян І.М., Гусятинський М.В. Аналіз мікробіологічних процесів та способів їх пригнічення при зберіганні цукрових буряків. Харчова промисловість. 2010. № 9. С. 36–38.

11. Впровадження нової бурякозбиральної техніки – шлях підвищення рентабельності виробництва / Я.Ю. Вовк та ін. Цукрові буряки. 2005. № 6 (48). С. 17–19.

12. Волоха М.П., Осійчук В.С. Експериментальні дослідження якості роботи нової поверхні шнека копача коренеплодів цукрових буряків. Вісник Інженерної академії України. 2014. № 2. С. 149–152.

13. Жемела Г.П. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Полтава: TERRA, 2003. 420 с.

14. Роїк М.В., Сінченко В.М. Управління технологічним процесом вирощування цукрових буряків. Вінниця, 2003. 38 с.

15. Технічна якість цукрових буряків та підвищення ефективності виробництва цукру / В.М. Мількевич та ін. Київ: Український фітосоціологічний центр, 2000. 85 с.

16. Гусятинська Н.А., Тетеріна С.М., Касян І.М. Вплив видової мікрофлори цукрових буряків на розвиток кагатної гнилі. Цукор України. Київ, 2017. № 6–7(138–139). С. 10–15.

17. Husyatynska N., Teterina S., Nechipor T., Kasian I. Disinfectants efficiency on microorganisms – active gray rot causative agents within the process of sugarbeet storage. Ukrainian food journal. Kyiv, NUFT, 2015. Issue 4. P. 626–637.

18. Мількевич В.В. Зменшення втрат цукрози при зберіганні цукрових буряків. Наукові праці НУХТ. 2019. Т. 25. № 3. С. 206–213.

19. ДСТУ 4623:2006. Цукор білий. Технічні умови. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 18 с.

20. Чернявська Л.І., Леонтьєва О.В., Куянов В.В. Новий метод контролю втрат цукру при зберіганні буряків та в дифузійному процесі. Підвищення ефективності виробництва та зберігання цукрових буряків: матеріали семінару. Київ, 2001. С. 116–117.

21. Князєв В.О., Томіленко О.Г., Товстенко Г.О. Комплексний експрес-метод оцінки технологічної якості цукрових буряків. Київ: УкрНДІП, 1994. 19 с.

22. Приемка и хранение сахарной свеклы. Технологический регламент. Київ: АгроНИИТЭИПП, 1989. 360 с.

23. Методичні рекомендації з визначення показників вироблення цукрози з 1 гектара посівів зони заготівлі цукрових буряків. Київ, 2006. 45 с.

24. Приемка и хранение сахарной свеклы. Київ, 1989. 36 с.

25. ДСТУ 4327:2013. Коренеплоди цукрових буряків для промислового перероблення. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2013. 16 с.

REFERENCES

1. Podpriatov, H.I., Skalets'ka, L.F., Sen'kov, A.M., Khylevych, V.S. (2002). Zberihannia i pererobka produktii roslinnystva: navch. posibnyk [Storage and processing of plant products]. Kyiv, Meta, 495 p.

2. Podpriatov, H.I., Skalets'ka, L.F., Sen'kov, A.M. (2004). Zberihannia i pererobka produktii roslinnystva: praktykum [Storage and processing of plant products]. Kyiv, Higher Education, 271 p.

3. Hlevas'kyj, V.I., Lozins'kyj, M.V., Sydorova, I.M., Shokh, S.S., Dubovyk, N.S., Kuianov, V.V. (2021). Zberihannia i pererobka produktii roslinnystva: praktykum [Storage and processing of plant products]. Bila Tserkva, 187 p.

4. Kolomiiets', V.V., Fabrychnikova, I.A. (2010). Vyznachennia syl i napruh pry zrizzanni koreneplodu tsukrovoho buriaka v struzhku [Determination of forces and stresses when cutting sugar beet roots into shavings]. Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka «Mekhanizatsiia sil'skohospodars'koho vyrobnytstva» [Herald of KhNTUSG named after P. Vasylenko "Mechanization of agricultural production"]. Kharkiv, Issue 103, pp. 239–243.

5. Fabrychnikova, Y.A., Kolomyets, V.V. (2006). Zavysymost' usulyj y napriazhenyj protsessa srezanyia struzhky ot neodnorodnoho stroenya koreneploda sakharnoj svekly [Dependence of efforts and stresses in the process of cutting chips on the heterogeneous structure of the sugar beet root crop]. Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka «Mekhanizatsiia sil'skohospodars'koho vyrobnytstva» [Herald of KhNTUSG named after P. Vasylenko "Mechanization of agricultural production"]. Kharkiv, Issue 42, pp. 16–19.

6. Fabrychnikova, I.A., Yevdokymov, V.M. (2011). Utochneni umovy utvorennia struzhky pry zrizzanni koreneplodu tsukrovoho buriaka buriakorizal'nymy nozhamy [The conditions for the formation of chips when cutting sugar beet roots with beet cutting knives have been clarified]. Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka «Mekhanizatsiia sil'skohospodars'koho vyrobnytstva» [Herald of KhNTUSG named after P. Vasylenko "Mechanization of agricultural production"]. Kharkiv, Issue 107, pp. 194–201.

7. Bohomolov, O.V., Vereshko, N.V., Safronova, O.S. (2008). Zberihannia ta pererobka sil'skohospodars'koi produktii [Storage and processing of agricultural products]. Kharkiv, 544 p.

8. Derev'ianko, D.A., Feniuk, V.I. (2022). Vyznachennia znachennia parametriv dlia zabezpechennia rezhymiv roboty systemy aktyvnoi ventyliatsii: mate-

rially naukovo-praktychnoi konferentsii naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv, doktorantiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh fakul'tetu inzhenerii ta enerhetyky «Naukovi Chytannya – 2022» (20 travnia 2022 roku) [Determining the value of the parameters to ensure the operating modes of the active ventilation system: materials of the scientific and practical conference of scientific and pedagogical workers, doctoral students, post-graduate students and young scientists of the Faculty of Engineering and Energy "Scientific readings – 2022" (May 20, 2022)]. Zhytomyr, pp. 39–42.

9. Derev'ianko, D.A., Feniuk, V.I. (2022). Analiz tekhnichnykh zasobiv zberihannia koreneplovdiv tsukrovnykh buriakiv kahatakh, obladnanykh systemoiu aktyvnoi ventyliatsii. [Analysis of technical means of storage of root crops of sugar beets in kagatas, equipped with an active ventilation system]. Suchasni problemy zemlerobstva i mekhaniky: zbirnyk tez dopovidej XKhIII Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii (16–18 zhovtnia 2022 roku) [Modern Problems of Agricultural Mechanics: collection of abstracts of reports of the XXIII International Scientific Conference (October 16–18, 2022)]. Kyiv, Zhytomyr, pp. 285–289.

10. Husiatyn's'ka, N.A., Teterina, S.M., Kasian, I.M., Husiatyn's'kyj, M.V. (2010). Analiz mikrobiologichnykh protsesiv ta sposobiv ikh pryhnychennia pry zberihanni tsukrovnykh buriakiv [Analysis of microbiological processes and methods of their suppression during storage of sugar beets]. Kharchova promyslovist' [Food Industry]. no. 9, pp. 285–289.

11. Vovk, Ya.Yu., Salo, Ya.M., Dumych, V.V., Kurylo, V.L., Volokha, M.P. (2005). Vprovadzhennia novoi buriakozbyral'noi tekhniky – shliakh pidvyschennia rentabel'nosti vyrobnytstva [The introduction of new beet harvesting equipment is a way to increase the profitability of production]. Tsukrovi buriaky [Sugar beets]. no. 6. (48), pp. 17–19.

12. Volokha, M.P. Osijchuk, V.S. (2014). Eksperymental'ni doslidzhennia iakosti roboty novoi poverkhni shneka kopacha koreneplovdiv tsukrovnykh buriakiv [Experimental studies of the quality of work of the new surface of the sugar beet root digging auger]. Visnyk Inzhenernoi akademii Ukrainy [Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine]. no. 2, pp. 149–152.

13. Zhemela, H.P. (2003). Tekhnolohiia zberihannia i pererobky produktii roslynnytstva [Technology of storage and processing of plant products]. Poltava, TERRA, 420 p.

14. Roik, M.V., Sinchenko, V.M. (2003). Upravlinnia tekhnolohichnym protsesom vyroschuvannia tsukrovnykh buriakiv [Management of the technological process of growing sugar beets]. Vinnytsia, 38 p.

15. Mil'kevych, V.M., Kuianov, V.V. (2000). Tekhnichna iakist' tsukrovnykh buriakiv ta pidvyschennia efektyvnosti vyrobnytstva tsukru [Technical quality of sugar beets and increasing the efficiency of sugar production]. Ukrain's'kyj fitosotsiologichnyj tsentr [Ukrainian phytosociological center]. Kyiv, 85 p.

16. Husiatyn's'ka, N.A., Teterina, S.M., Kasian, I.M. (2017). Vplyv vydovoi mikroflory tsukrovnykh buriakiv na rozvytok kahatnoi hnyli [The influence of specific microflora of sugar beets on the development of brown

rot]. Tsukor Ukrainy [Sugar of Ukraine]. Kyiv, no. 6–7(138–139), pp. 10–15.

17. Husyatyn's'ka, N., Teterina, S., Nechipor, T., Kasian, I. (2015). Disinfectants efficiency on microorganisms – active gray rot causative agents within the process of sugar beet storage. Ukrainian food journal. Kyiv, NUFT, Issue 4, pp. 626–637.

18. Mil'kevych, V.V. (2019). Zmenshennia vtrat tsukrozy pry zberihanni tsukrovnykh buriakiv [Reduction of sucrose losses during storage of sugar beets]. Naukovi pratsi NUKhT [Scientific works of the NUKhT]. Vol. 25, pp. 206–213.

19. DSTU 4623:2006. Tsukor bilyj. Tekhnichni umovy [DSTU 4623:2006. White sugar. Specifications]. Kyiv, State Standard of Ukraine, 18 p.

20. Cherniavs'ka, L.I., Leont'ieva, O.V., Kuianov, V.V. (2001). Novyj metod kontroliu vtrat tsukru pry zberihanni buriakiv ta v dyfuzijnomu protsesi [A new method of controlling sugar loss during beet storage and in the diffusion process]. Pidvyschennia efektyvnosti vyrobnytstva ta zberihannia tsukrovnykh buriakiv: materialy seminaru [Increasing the efficiency of production and storage of sugar beets: materials of the seminar]. Kyiv, pp. 116–117.

21. Kniaziev, V.O., Tomilenko, O.H., Tovstenko, H.O. Kniaziev, V.O. (1994). Kompleksnyj ekspres-metod otsinky tekhnolohichnoi iakosti tsukrovnykh buriakiv [Complex express method of assessing the technological quality of sugar beets]. Kyiv, UkrNDITsP, 19 p.

22. Pryemka y khranennia sakharnoj svekly. Tekhnolohicheskyj rehlyment [Reception and storage of sugar beets. Technological regulations]. Kyiv, AhroNYITEYPP, 1989, 360 p.

23. Metodichni rekomendatsii z vyznachennia pokaznykiv vyroblynnia tsukrozy z 1 hektara posiviv zony zahotivli tsukrovnykh buriakiv [Methodological recommendations for determining the indicators of sucrose production from 1 hectare of crops in the sugar beet harvesting zone]. Kyiv, 2006, 45 p.

24. Pryemka y khranennia sakharnoj svekly [Reception and storage of sugar beets]. Kyiv, 1989, 36 p.

25. DSTU 4327:2013. Koreneploidy tsukrovnykh buriakiv dlia promyslovoho pererobliannia [DSTU 4327:2013. Sugar beet roots for industrial processing]. Kyiv, State Standard of Ukraine, 16 p.

Accounting of physical qualities of root crops during sugar beet reception and storage

Hlevaskyi V., Sydorova I., Kuyanov V.

This article studied the quality of sugar beet roots during storage.

The determining factor in the efficiency of beet sugar production is the output of sugar at a plant. Root crops are characterized by a sharp change in technological quality depending on the areas of beet seeding, agrometeorological conditions of a year, cultivation technology and storage conditions. They are easily damaged during harvesting and transportation, they are relatively poorly stored. The physical properties of root crops depend mainly on the settings of the beet harvesters, weather conditions during the harvesting period;

chemical properties depend on the varietal characteristics and agricultural cultivation techniques.

When growing under the same conditions, varietal characteristics play a decisive role in the yield and technological quality of root crops. Therefore it is important to use two or three hybrids when growing on the farm, which belong to different groups according to the initial technological qualities and the level of sugar loss during storage. The hybrids must provide a high sugar yield during the sugar factory operation. Therefore, it is necessary to have hybrid-specific data on sugar yield during the entire harvesting period, the date of achieving maximum sugar content, resistance to gray rot and the intensity of sugar loss during the storage. Root crops with higher sugar content lose more sugar during prolonged storage, and its yield is reduced to a greater extent. Root crops of such hybrids should not be stored, but immediately sent for processing.

Studies show that in piles where raw materials with 9–10 % of mechanically damaged root crops are stored, rotting processes are activated 4.5 times, and with 17–18 % – 10 times faster compared to undamaged ones. To reduce the damage to root crops by gray rot during storage, biocidal preparations should be used.

During storage in the field in open piles for 12 days, sugar losses in root crops reach 1.7 % in September in absolute weight. Sugar losses in such conditions reach 1.3 % in September and 0.9 % in October.

The increased amount of green mass reduces the technological quality of root crops. For each per cent of green mass without storage, sugar yield is reduced by 0.2 %, molasses yield and sugar losses increase due to additional non-sugars in the juice. During storage such root crops germinate quickly, which reduces sugar yield.

Key words: sugar beet, root crop, root crops quality, premature seeding, gray rot, piles.



Copyright: Глеваський В.І., Сидорова І.М., Куянов 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:

Глеваський В.І.

Сидорова І.М.

<https://orcid.org/0000-0002-3939-7215>

<https://orcid.org/0000-0002-0224-2981>

УДК 631.147:632.51

Продуктивність пшениці озимої за різних систем обробітку чорнозему типового та за кліматичних змін в умовах Лісостепу Лівобережного

Задубинна Є.В.¹ , Тарасенко О.А.¹ , Бебех Ю.М.¹ , Єзерковська Л.В.² 

¹ Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН»

² Білоцерківський національний аграрний університет

 E-mail: Liza_zadubinna@ukr.net, sanenia@ukr.net, ybebekh@ukr.net, liudmyla.bogatyry@btsau.edu.ua



Задубинна Є.В., Тарасенко О.А., Бебех Ю.М., Єзерковська Л.В. Продуктивність пшениці озимої за різних систем обробітку чорнозему типового та за кліматичних змін в умовах Лісостепу Лівобережного. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 146–154.

Zadubynna E., Tarasenko O., Bebekh Yu., Yezerkovska L. Winter wheat productivity under different systems of typical black soil cultivation and under climatic changes in the conditions of the Left-Bank Forest Steppe. «Agrobiologia», 2023. no. 2, pp. 146–154.

Рукопис отримано: 02.11.2023 р.

Прийнято: 17.11.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-146-154

У статті висвітлено питання впливу різних систем обробітку ґрунту та кліматичних змін на формування продуктивності пшениці озимої, її урожайності та якісних показників в умовах Лісостепу Лівобережного. Враховуючи значення культури в продовольчій безпеці України та місце у світовому експорті, підкреслено важливість розробки ефективних прийомів підвищення технологічних показників у зв'язку зі зменшенням частки зерна високої якості, придатного до борошномельних й хлібопекарських цілей. Зокрема, за стрімкої зміни клімату насамперед необхідно застосування вологозберігаючих технологій та впровадження сівозмін з науково обґрунтованим вибором культур, які мають пластичні властивості до нестійких ґрунтово-кліматичних умов.

У процесі виконання досліджень визначено, яким чином на продуктивність пшениці озимої впливають способи обробітку ґрунту – оранка, дискування та no-till технологія на прикладі чорнозему типового. Проведено аналіз погодних умов, згідно з результатами якого виявлено, що нерівномірний розподіл опадів, з тривалими періодами без дощу чи з високою його інтенсивністю під час усіх етапів онтогенезу культури, є чинниками, що лімітують урожайність та знижують якісні показники зерна.

Водночас визначено значення мінеральних добрив у регулюванні урожайності та якості зерна за стрімкої зміни клімату. Підвищені середньомісячні показники, якими характеризувались погодні умови у досліджувані періоди, створювали ризики для повноцінного росту та розвитку культурних рослин.

За результатами досліджень встановлено, що найвищі показники урожайності пшениці озимої отримано на фоні внесення $N_{120}P_{60}K_{90}$, що у 2021 році за традиційної оранки забезпечувало отримання 5,2 т/га зерна високої якості із вмістом білка 16,4 % та клейковини 30,45 %. Також за рівнем урожайності та якісними показниками мало відрізнявся варіант ґрунтозахисної технології no-till, за якої за сприятливого 2021 року отримано 4,88 т/га зерна із вмістом 15,6 % білка та 28,7 % клейковини.

Ключові слова: зміни клімату, короткоротаційна сівозмінна, обробіток ґрунту, no-till технологія, пшениця озима, урожайність, якість зерна.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця озима як продовольча культура має стратегічне значення не лише на теренах України, а також в усьому світі. Завдяки особливому хімічному складу зерна можна виготовляти високоякісні продукти харчування [1]. Це обумовлює важливе значення культури у продовольчій безпеці країни та розвитку сільськогосподарського виробництва загалом. За даними Міністерства агропромислового розвитку, посіви пшениці озимої останніми роками займають близько 4,69 млн га, що забезпечує отримання понад 22 млн т зерна. Виробництво значних обсягів зернової продукції робить нашу державу одним із провідних експортерів зерна на світовому ринку. Навіть з урахуванням того, що вже другий рік поспіль українським аграріям доводиться працювати в умовах війни та суттєвого дефіциту засобів виробництва, все ж Україна змогла утримати статус одного з найбільших світових виробників пшениці та зберегла своє місце у першій десятці країн-експортерів, що можна вважати важливим досягненням [2].

Саме тому підтримка високої якості зернової продукції залишається актуальним завданням для вітчизняної сільськогосподарської науки та агропромислового комплексу. Однак в умовах стрімких змін клімату аграрне виробництво постає перед перешкодами, що впливають як на процес виробництва продукції, так і на її якість [3]. Формування продуктивності пшениці озимої та якісних показників її зерна має чітку залежність від метеорологічних чинників, що дедалі частіше набувають екстремального прояву. Це ще раз доводить важливість проведення аналізу температурних показників, надходження атмосферних опадів та рівня вологозабезпечення ґрунту в агроценозах зернових культур [4, 5]. У результаті збільшення частоти перемінного прояву посух та екстремальної кількості опадів на площах з традиційними технологіями вирощування зростає ризик втрати агрономічно цінної породи через вітрову та водну ерозію [6]. Зміщення строків сівби внаслідок посушливих періодів під час сівби пшениці озимої та відсутність снігового покриву в період спокою є причиною отримання слабких посівів, що призводить до прояву епіфітотії та вимерзання посівів [7]. З огляду на біологічні особливості пшениці озимої, варто враховувати, що вона досить вимоглива до умов вирощування на всіх етапах онтогенезу, зокрема до температурного режиму, режиму живлення та зволоження. Продуктивний потенціал вона проявляє лише за сприятливих умов під час періоду вегетації [8].

Отже, в умовах сьогодення є необхідність перегляду підходів до технологій вирощування пшениці озимої. Розробка та впровадження адаптивних технологій у процес виробництва з використанням новітніх більш пластичних та стресостійких сортів пшениці озимої має забезпечувати високий вихід якісної продукції та сприяти збереженню екологічного балансу в агроценозах. Водночас вдалий підбір способу обробітку ґрунту сприяє збереженню органічної речовини, поглинанню атмосферних опадів, їх накопиченню та утриманню у профілі, що є важливим для росту та розвитку рослин, а також формування фітоценотичної активності та стійкості до епіфітотії [9, 10, 20].

Мета дослідження. Встановлення продуктивності пшениці озимої під впливом комплексного застосування елементів технологій вирощування зернових культур у короткоротаційних сівозмінах Лісостепу Лівобережного за умов зміни клімату.

Матеріал та методи дослідження. Польовий експеримент, лабораторні, аналітичні, математико-статистичні, розрахунково-порівняльні методи проводили згідно з методиками ведення наукових досліджень [11].

Дослідження проводили у період 2021–2022 рр., у тривалому стаціонарному досліді Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» на чорноземі типовому малогумусному неглибокому у двох чотириріпільних сівозмінах з традиційним чергуванням культур [12]. До першої сівозміни включені: пшениця озима – соя – ячмінь ярий – соняшник. До другої сівозміни: пшениця озима – ріпак ярий – ячмінь ярий – кукурудза. Відповідні культури висівали за різних способів обробітку ґрунту, включаючи традиційний обробіток та ґрунтозахисні технології: оранка на глибину 25–27 см, дисковий обробіток на 10–12 см та no-till технологія. Сорт пшениці Поліська 90. Схема досліджень передбачала внесення різних доз добрив, зокрема варіант з природним фоном удобрення, де в процес виробництва залучали побічну продукцію попередника, $N_{16}P_{16}K_{16}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{120}P_{60-90}K_{90}$. Облік врожайності проводили подільночним методом. Вміст у сухій масі врожаю органічних речовин та зольних елементів визначали методом спектроскопії на інфрачервоному аналізаторі NR Scanner model 4250 з комп'ютерним забезпеченням.

Результати дослідження та обговорення. У процесі проведення досліджень з вивчення продуктивності пшениці озимої в різних за інтенсивністю технологіях, встановлено залежність урожайності та якості отриманої продукції від погодних умов періоду вегетації,

способу обробітку ґрунту та фону удобрення. Для формування сильних рослин та вирівняних посівів важливими були достатня кількість продуктивної вологи у кореневмісному шарі ґрунту на час проведення сівби пшениці озимої. За зміни клімату, дедалі частіше відслідковується нетипова для відповідного регіону погода, що є несприятливим для пшениці озимої [13, 14]. Зокрема, погодні умови в роки досліджень характеризувалися підвищеними середньомісячними показниками.

За період вегетації, що тривав з квітня до вересня у 2021 році температура повітря становила 16,6 та 16,2 °C у 2022 році, тимчасом середньобаторічна 15,2 °C, водночас спостерігалась недостатня кількість опадів у 2021 році – 298 мм, у 2022 році надійшло на 27 мм більше за норми 327 мм. На період сівби пшениці озимої у 2021 році відстежувалась мінімальна кількість опадів 30 мм, що спричинило складнощі процесу внаслідок дефіциту доступної вологи в ґрунті, це потребувало коригування строків сівби та її здійснення у пізні терміни. Тимчасом у 2022 році строки посіву доводилося переносити у зв'язку із надходженням досить великої кількості опадів – 122 мм, що майже в три рази перевищувало норму. Проте несприятливі чинники на час сівби культури компенсувалися м'якими умовами зимового періоду та помірним надходженням атмосферних опадів, що забезпечувало перезимівлю слабких пізніх посівів.

Суттєвий вплив на ріст та розвиток пшениці озимої має некерований чинник, зокрема погодні умови навесні, від чого залежали подальші технологічні операції та майбутній урожай [15]. Весна 2021 та 2022 рр. була ранньою й прохолодною з відносно високим надходженням атмосферних опадів, що сприяло відновленню вегетації пшениці озимої та весняного періоду кушення. Відмічено вплив способу обробітку на накопичення різної кількості доступної вологи в ґрунтовому профілі. Зокрема, на початок весни 2021 року вміст вологи в 0–100 см шарі становив 184 мм за традиційної оранки, 188 мм – за дискового обробітку та 197 мм – за no-till технології. На початок 2022 року запаси ґрунтової вологи становили 172, 184 та 193 мм відповідно.

За умов зміни клімату впродовж останніх років спостерігається збільшення кількості сезонів з ранньою весною, що сприяє активному розвитку озимих культур. Відновлення вегетації пшениці озимої в 2021 році відбувалося у середині першої декади березня, й характеризувалося високою вирівняністю посівів. В цей період спостерігався стрімкий ріст

середньодобових температур паралельно з надходженням атмосферних опадів у вигляді дощу, що сприятливо впливало на весняне кушення культури, й підтримувало інтенсивний розвиток рослин разом з підвищеним рівнем вологозабезпечення.

Накопичення запасів вологи в ґрунті залежало від кількох чинників: кількості та розподілу опадів впродовж звітного періоду, гідротермічних умов, способу обробітку та культури попередника.

Відновлення вегетації пшениці озимої у 2022 році розпочиналося у другій декаді березня, а польові роботи із закриття вологи в посівах – у третій декаді цього місяця. Під час відновлення вегетації стан рослин відмічали як задовільний. На етапі виходу із зимового спокою стан посівів розміщених як за традиційного обробітку, так і за no-till технології практично не відрізнявся. У першій та другій декадах квітня внаслідок низьких температур повітря виникла загроза для розвитку посівів озимих культур. Середньодобові показники температури мали відхилення на 3,7 °C від середньобаторічних даних.

Сприятливі умови для активізації ростових процесів спостерігались з третьої декади квітня. Квітнева прохолода, яка супроводжувалась активним надходженням вологи, на початку травня стрімко змінилась на підвищені середньодобові температури та низьким надходженням атмосферних опадів – лише 45 % від норми. Це негативно вплинуло на розвиток пшениці озимої та формування неvirівняних строкатих посівів. Атмосферні опади у вигляді дощу були зафіксовані лише на початку третьої декади червня, у проміжний період між завершенням цвітіння та наливу зерна. Недостатня кількість вологи вплинула на урожайність пшениці озимої та якісні показники зерна. Варто зазначити, що саме весняна волога та її кількість впливали на ріст рослин, їх розвиток та рівень врожаю.

У процесі онтогенезу за погодних умов періоду вегетації 2021 року рослини пшениці озимої формували посіви висотою у межах 72,0–88,4 см. Найнижча висота стеблостою формувалась за відсутності мінерального удобрення за no-till технології – 72,0 см. Проведення механічного обробітку ґрунту позитивно впливало на ростові процеси, адже на варіантах з природним фоном удобрення, без мінеральних добрив спостерігалось покращення лінійного росту та формування вищих посівів пшениці озимої на 8,2 см, порівняно з no-till технологією. Внесення мінерального удобрення активізувало ростові процеси культури,

сприяло нагромадженню вегетативної маси та як результат підвищенню висоти посівів на 8,2–11 см.

У 2022 році висота стеблостою пшениці озимої суттєво залежала від погодних умов, системи обробітку ґрунту та удобрення. Найнижчий стеблостій формувалася на контрольних ділянках на природному фоні, що за no-till технології становило 62,9 см, за традиційної оранки – 67,8 см. Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{60-90}K_{90}$ позитивно впливало на підвищення висоти стеблостою на 6,8 см за no-till технології та на 7,6 см за традиційної оранки.

Безумовно густота та висота стеблостою пшениці впливала й на прояв активності сегетальної рослинності, що призвело до додаткового навантаження на фінансову частину технології вирощування. У результаті низької фітоценотичної активності культурних рослин над бур'янами, виникла загроза зниження урожайності пшениці озимої на 20–80 %. Тому, в умовах зміни клімату, поруч із необхідністю збереження достатньої зволоженості ґрунту за різних систем обробітку виникає питання контролю рівня забур'яненості [16]. За розміщення пшениці озимої після пізгодостигаючого попередника сої та ранньодостигаючого ріпаку за різних способів обробітку ґрунту спостерігалась різна інтенсивність прояву активності сегетальної рослинності. Здебільшого серед проростаючих бур'янів на початку відновлення вегетації зустрічались зимуючі форми злакових рослин.

Найбільший рівень забур'яненості відмічено за no-till технології [17]. Зокрема, у посівах після ріпаку ярого кількість проростків бур'янів

коливалась в межах 266–285 та 253–598 шт./м² відповідно. За мінімального обробітку спостерігався менший рівень забур'яненості з відповідними показниками 46–95 та 45–76 шт./м², як і за оранки з кількістю проростків сегетальних рослин 36–89 шт./м² за перший етап та 30–76 шт./м² за другий. Незважаючи на співвідношення кількості пророслих бур'янів у посівах різної технологічної інтенсивності, було перевищено поріг екологічної шкодочинності, що потребувало застосування пестицидів у посівах пшениці озимої. Хімічний захист посівів пшениці озимої забезпечував чистоту посівів під час активної вегетації та формування урожайності.

Умови вологозабезпечення та температурний режим у поєднанні із різним рівнем поживного режиму й способів обробітку ґрунту обумовлювали суттєвий вплив на формування врожайності та якісні показники отриманого зерна. Інтервал коливання урожайності у 2021 році становив 2,80–5,26 т/га та 3,03–5,15 т/га у 2022 році (табл. 1). Результати досліджень проведені впродовж 2021–2022 рр. показали, що найнижчий її рівень формувалася на природному фоні, де як удобрення було використано побічну продукцію попередника. Зокрема, на ділянках без внесення мінеральних добрив за попередника сої та ріпаку ярого у 2021 році відповідні показники становили 2,8–2,94 т/га за no-till технології, 2,94–3,0 т/га – за мінімального обробітку та 2,92–3,08 т/га – за оранки. У 2022 році урожайність зерна пшениці озимої на неудобрених ділянках за no-till технології відмічена на рівні 3,03 т/га за попередника сої та 3,23 т/га – за ріпаку ярого, а за мінімального обробітку 3,23–3,55 т/га та за оранки 3,28–3,68 т/га відповідно.

Таблиця 1 – Урожайність зерна пшениці озимої у короткоротаційних сівозмінках залежно від попередників, системи обробітку ґрунту та удобрення, т/га

Модель технології (доза добрив)	No-till		Дискування на 10–12 см		Оранка на 25–27 см	
	2021 р.	2022 р.	2021 р.	2022 р.	2021 р.	2022 р.
Сівозміна № 1 попередник – соя						
Побічна продукція попередника	2,80	3,23	2,94	3,55	2,92	3,68
$N_{16}P_{16}K_{16}$	2,79	3,89	3,16	3,73	3,39	4,16
$N_{90}P_{90}K_{90}$	3,92	4,22	4,34	4,63	4,48	4,83
$N_{120}P_{90}K_{90}$	4,88	4,16	5,10	5,15	5,20	4,77
Сівозміна № 2 попередник – ріпак ярий						
Побічна продукція попередника	2,94	3,03	3,00	3,23	3,08	3,28
$N_{16}P_{16}K_{16}$	3,04	3,28	3,20	3,45	3,43	3,48
$N_{90}P_{90}K_{90}$	3,94	3,68	4,16	4,12	4,28	3,52
$N_{120}P_{60}K_{90}$	4,92	3,61	5,20	4,24	5,26	4,46
НІР ₀₅ середнє – 0,42; НІР ₀₅ для обробітку і сівозміни – 0,16; НІР ₀₅ для удобрення – 0,17						

Зростання урожайності за обох попередників відбувалось на фоні використання мінеральних добрив. За внесення мінімальної дози мінеральних добрив була відмічена приріст урожайності відносно неудобрених ділянок, що в 2021 році за no-till технології становило додатково 0,10 т/га, за дискування 0,22 т/га та на 0,47 т/га за оранки, у 2022 році – на 0,25–0,66; 0,18–0,22 та 0,20–0,48 т/га відповідно.

Приріст урожайності зерна пшениці озимої за внесення розрахункової дози добрив проти контрольних ділянок в 2021 році за no-till технології становив 1,98–2,08 т/га, за мінімального обробітку – 2,16–2,20 т/га та за традиційної оранки – 2,18–2,28 т/га. У 2022 році приріст урожайності на ділянках з підвищеними дозами добрив становив 0,58–0,93 т/га за системи no-till, 1,01–1,60 т/га – за мінімального обробітку та 1,09–1,18 т/га – за оранки.

Водночас важливим показником поряд з урожайністю є якість зерна, яку отримуємо за вирощування зернових культур. Майже всю пшеницю використовують для хлібопекарської та борошномельної промисловості. Проведення досліджень у напрямку підвищення якісних показників зерна не втрачають актуальності, оскільки впродовж останніх років спостерігається тенденція до зменшення частки зерна, придатного для цих цілей.

Оцінювання якості зерна відбувається за допомогою кількох параметрів – фізичних, біохімічних, фізіологічних. За аналізу хлібопекарських та борошномельних характеристик важливе значення надають вмісту клейковини та білка.

Водночас важливе значення у підвищенні якості зерна на рівні зі сприятливими погодними умовами, достатньою кількістю вологи й поживних речовин, правильно вибраним попередником, мають внесені дози мінеральних добрив. Для досягнення високого рівня вмісту білка та клейковини в зерні для зернових культур важливо отримувати достатню кількість поживних речовин в критичні фази розвитку, до яких належить кущення, ріст стебла й етап безпосередньо перед колосінням рослин [18, 19].

Погодні умови періоду вегетації мали вирішальний вплив на формування якісних показників зерна (рис. 1). Погода 2021 року була більш сприятливою для накопичення зерном білка та клейковини, ніж у 2022 році. На ділянках з природним фоном удобрення, у 2021 році вміст білка мав базові показники 14,1 % за no-till технології, 13,4 % – за дискового обробітку та 12,2 % – за традиційної оранки. Унесення мінеральних добрив сприяло накопичен-

ню білка в зерні. На фоні внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{60-90}K_{90}$ з підживленням посівів на важливих етапах онтогенезу, забезпечувало накопичення білка в межах 15,1–15,6 % за no-till технології, 13,9–13,6 % – за дискового обробітку, та 13,8–16,4 % – за традиційної оранки. Винятком був варіант з мінімальною дозою мінерального удобрення $N_{16}P_{16}K_{16}$, що не передбачав підживлення азотними добривами у процесі активного онтогенезу. Уміст білка в зерні у межах досліджуваних способів обробітку ґрунту становив 13,5–14,3 %.

Суттєва відмінність вологозабезпечення у період вегетації, особливо на час дозрівання зерна та період обмолоту в 2022 році, значно впливала на зниження формування вмісту білка в зерні пшениці озимої. Середній показник у межах досліджуваних варіантів становив 10,3–13,0 %, що на 2,2–3,4 % нижче за рівень попереднього року. За умов високого вологозабезпечення 2022 року найнижчий вміст білка отримано за no-till технології 10,3–11,3 %, за дискового обробітку – 11,3–12,9 %, а за традиційної оранки – 11,3–12,6 %.

Окрім білка важливим якісним показником якості зерна є вміст клейковини, який також суттєво залежить від погодних умов періоду вегетації, режиму живлення та способів обробітку ґрунту. Під час досліджень відмічено обернену залежність між формуванням вмісту білка та клейковини, тобто зростання першого показника відповідно призводило до зниження другого. У 2021 році на природному фоні живлення, без внесення мінеральних добрив вміст клейковини у зерні пшениці озимої за no-till технології становив 24,6 %, за дискового обробітку – 22,8 %, та 19,9 % – за оранки. На фоні внесення мінеральних добрив з поетапним підживленням азотними добривами відбувалося підвищення вмісту клейковини у зерні пшениці на 2,75–4,05 % за no-till технології, 1,3–2,15 % – за дискового обробітку та на 6,3–10,55 % за оранки, порівняно з неудобреними ділянками. Отже, вміст клейковини у 2021 році на досліджуваних варіантах був у межах 19,9–30,45 %. У 2022 році за високого вологозабезпечення відмічено досить низький вміст клейковини, який варіював у межах 13,95–22,75 % залежно від рівня живлення та способу обробітку. Навіть за високих доз добрив на фоні несприятливих погодних умов не спостерігалися сприятливі умови для накопичення та утримання клейковини в зерні. Зерно пшениці озимої отримане у 2022 році мало низькі якісні показники, що не відповідали базовим вимогам якісної продукції.

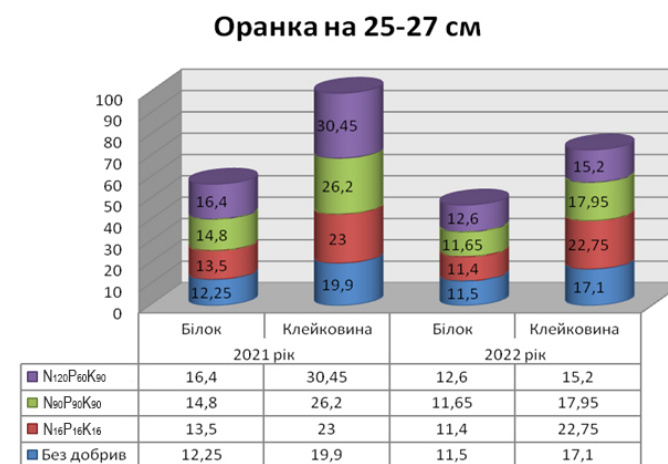
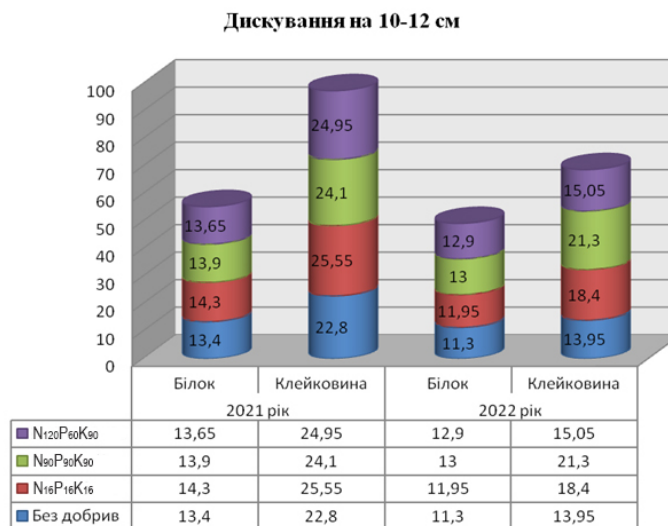
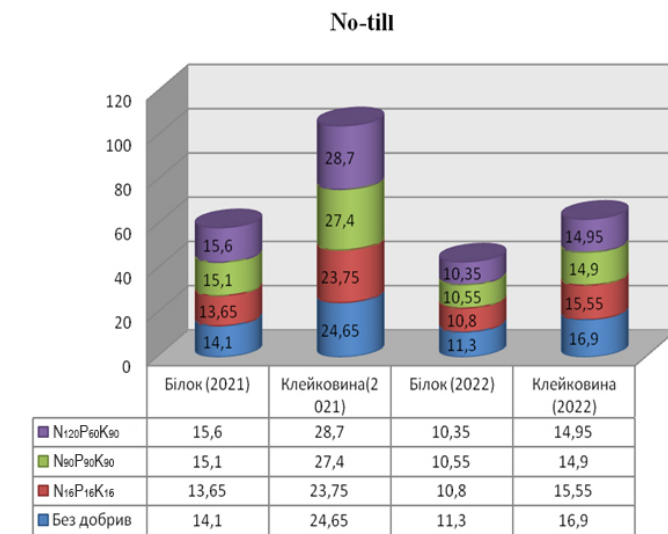


Рис. 1. Уміст білка та клейковини у зерні пшениці озимої залежно від погодних умов періоду вегетації та рівня удобення за різних способів обробітку ґрунту, 2021–2022 рр.

Аналізуючи дані агрохімічного складу зерна пшениці озимої, вирощеного за різних технологій у часових проміжках, що мають відмінні погодні умови періоду вегетації з нестабільними проявами вологозабезпечення культури, встановлено їх суттєвий вплив на формування та отримання зерна низької якості. Це призводить до зменшення кількості пшениці озимої, яку можна використовувати для борошномельних та хлібопекарських цілей. Тому подібні наслідки ставлять нові виклики перед науковцями та аграріями, потребують пошуку адаптивних рішень.

Висновки. Підсумовуючи отримані результати після проведених досліджень на чорноземі типовому малогумусному в Лісостепу Лівобережного було виявлено суттєвий вплив кліматичних змін за різних систем обробітку ґрунту на формування продуктивності пшениці озимої, її урожайності та якісні показники отриманої продукції. Зокрема, детальний аналіз погодних умов показав, що нерівномірний розподіл опадів та тривалі періоди посухи чи дощів під час вирощування пшениці озимої на всіх етапах онтогенезу є лімітуючим чинником урожайності та якісних показників зерна.

Однак, не зважаючи на те, що найменш регульованим чинником з погляду агротехніки є температурний режим, в умовах кліматичних змін на допомогу приходять такі прийоми як зсув у часі посівної та інших стадій вирощування зернових культур, з урахуванням погодних умов, використання стійких до негативного зовнішнього впливу сортів пшениці, підживлення посівів через внесення мінеральних добрив. Для забезпечення ефективного використання вологи й гідрометеорологічних чинників загалом доцільно впроваджувати агротехнічні методи – науково обґрунтовані сівозміни з вибором оптимального попередника та способу обробітку ґрунту.

Дослідженнями встановлено, що найвищі показники урожайності пшениці озимої отримано на фоні внесення $N_{120}P_{60}K_{90}$, що у 2021 році за традиційної оранки забезпечувало отримання 5,2 т/га зерна високої якості із вмістом білка 16,4 % та клейковини 30,45 %. Також за рівнем урожайності та якісними показниками мало відрізнявся варіант ґрунтозахисної технології no-till, за якої за сприятливого 2021 року отримано 4,88 т/га зерна із вмістом 15,6 % білка та 28,7 % клейковини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 21 с.
2. Топ-10 країн виробників пшениці в 2022/23 МР. Latifundist Media, 12 червня 2023. URL: [https://](https://latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-pshenitsi-v-2022-23-mr)

latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-pshenitsi-v-2022-23-mr

3. Іванюта С.П., Коломієць О.О., Малиновська О.А., Якушенко Л.М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналітична доповідь. Київ: НІСД, 2020. 110 с.

4. Маренич М.М. Урожайність зерна пшениці в умовах зміни клімату. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти: зб. тез II міжнар. наук.-практ. конф., 10–12 квіт. 2019 р. Київ; Миколаїв; Херсон: ДУ НМЦ «Агроосвіта», 2019. С. 26–28.

5. Маренич М.М. Фактори, які обмежують виробництво зерна в умовах зміни клімату. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції за участю ФАО. ДУ НМЦ «Агроосвіта». Київ, 2018. С. 117–120.

6. Кравченко В.С. Продуктивність зернових культур за зміни кліматичних умов. Пропозиція. 2020. № 6. С. 24–26.

7. Бараболя О.В., Олефір О.М. Вплив попередників на урожайність пшениці озимої. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції присвяченої пам'яті професора Г.П. Жемели (30 вересня 2022 р.). Полтава: ПДАУ, 2022. С. 26–28.

8. Гангур В.В. Актуальні напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва: матеріали XIII науково-практичної інтернет-конференції. Полтавський державний аграрний університет, 2022. 81 с.

9. Woźniak A., Rachoń L. Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties. Agriculture. 2020. Vol. 10. No 9. 405 p. DOI: 10.3390/agriculture10090405

10. Ляшенко В.В., Карасенко В.М., Кракоць С.І. Вплив системи обробітку ґрунту та попередників на урожайність і якість зерна пшениці озимої. Вісник ПДАА. 2021. № 4. С. 64–70.

11. Методичні рекомендації і програма досліджень з обробітку ґрунту / А.М. Малієнко та ін. Чабани, 2008. 87 с.

12. Забродоцька Л.Ю. Основи агрономії: навчальний посібник. Луцьк: Інформ. вид. відділ Луцького НТУ, 2019. 360 с.

13. Вілсон Л., Нью С., Дарон Д., Голдінг Н. Вплив зміни клімату в Україні. Велика Британія: Міжнародні кліматичні служби; Met Office. 2021. 34 с.

14. Hetic I.T., Onufrii L.I. Вплив агроекологічних факторів на врожайність озимої пшениці. Агробізнес сьогодні. 2016. № 9. URL: <https://agrobusiness.com.ua/aharni-kultury/item/648-vplyv-ahroekolohichnykh-faktoriv-na-vrozhainist-ozymoi-pshenytsi.html>

15. Hetic I.T. Характер осені і весни та посіви озимої пшениці: монографія. Херсон: Айлант, 2004. 152 с.

16. Задубинна Є.В., Тарасенко О.А., Тарасенко Т.В. Заходи контролювання сегетальної рослинності за технології no-till в умовах Лівобережного Лісостепу. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2022. 24 с.

17. No-till система землеробства в Україні: наука і практика / Р.А. Вожегова та ін. Київ: Олді+, 2021. 218 с.

18. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату / В.В. Гамаюнова та ін. Наукові горизонти, Scientific horizons. 2020. № 2 (87). С. 89–101. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101

19. Цвей Я.П., Іваніна Р.В., Сенчук С.М. Влияние минеральных удобрений и предшественников на использование воды пшеницей озимой и её продуктивность. Зернові культури. 2019. Т. 3. № 2. С. 305–311.

20. Землеробство: підручник / І.Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. С. 3–5.

REFERENCES

1. DSTU 3768:2019. Pshenytsia. Tekhnichni umovy. [DSTU 3768:2019. Wheat. Technical specifications]. Kyiv, DP UkrNDNTs, 21 p.

2. Top-10 krain vyrobnykiv pshenytsi v 2022/23 MR [Top 10 countries producing wheat in 2022/23 MY]. Available at: <https://latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-pshenytsi-v-2022-23-mr>

3. Ivaniuta, S.P., Kolomiets, O.O., Malynovska, O.A., Yakushenko, L.M. (2020). Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii: analitychna dopovid [Climate Change: Impacts and Adaptation Measures: analytical Report]. Kyiv, NISS, 110 p.

4. Marenych, M.M. (2019). Urozhainist zerna pshenytsi v umovakh zminy klimatu. Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo [Wheat grain yield in the context of climate change. Climate change and agriculture]. Vyklyky dlia aharnoї nauky ta osvity: zb. tez II mizhnar. nauk.-prakt. konf., 10–12 kvit. 2019 r. [Challenges for agrarian science and education: collection of abstracts of the II international scientific and practical conference, April 10–12, 2019]. Kyiv, Mykolaiv, Kherson, State Institution NMC «Agroeducation», pp. 26–28.

5. Marenych, M.M. (2018). Faktory, yaki obmezhuut vyrobnytstvo zerna v umovakh zminy klimatu. Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo [Factors limiting grain production in the context of climate change. Climate change and agriculture]. Vyklyky dlia aharnoї nauky ta osvity: zbirnyk tez Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii za uchastiu FAO/DU NMTs "Ahroosvita" [Challenges for agricultural science and education: collection of abstracts of the International Scientific and Practical Conference with the participation of FAO/State Institution NMC "Agroeducation"]. Kyiv, pp. 117–120.

6. Kravchenko, V.S. (2020). Produktivnist zernovykh kultur za zminy klimatychnykh umov [Productivity of grain crops under changing climatic conditions]. Propozytsiia [Proposal]. no. 6, pp. 24–26.

7. Barabolia, O.V., Olefir, O.M. (2022). Vplyv poperednykh na urozhainist pshenytsi ozymoi. Urozhainist ta yakist produktii roslynnytstva za suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannia: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii prysviache-

noi pamiaty profesora H.P. Zhemely (30 veresnia 2022 r.) [Influence of predecessors on the yield of winter wheat. Yield and quality of crop production under modern cultivation technologies: proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference dedicated to the memory of Professor H.P. Zhemela (September 30, 2022)]. Poltava, PDAU, pp. 26–28.

8. Hanhur, V.V. (2022). Aktualni napriamky ta problematyka u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia produktii roslynnytstva: materialy XIII naukovo-praktychnoi internet-konferentsii [Actual directions and problems in technologies of growing crop production: materials of the XIII Scientific and Practical Internet Conference]. Poltavskyi derzhavnyi ahraryi universytet [Poltava State Agrarian University]. 81 p.

9. Woźniak, A., Rachoń, L. (2020). Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties. Agriculture. Vol. 10, no. 9, 405 p. DOI: 10.3390/agriculture10090405

10. Liashenko, V.V., Karasenko, V.M., Krakotets, S.I. (2021). Vplyv systemy obrobittu ґрунту ta poperednykh na urozhainist i yakist zerna pshenytsi ozymoi [Influence of soil cultivation system and predecessors on the yield and quality of winter wheat grain]. Visnyk PDAA [Bulletin of the PDAA]. no. 4, pp. 64–70.

11. Maliienko, A.M., Tarariko, N.M., Havrylov, S.O. (2008). Metodychni rekomendatsii i prohrama doslidzhen z obrobittu ґрунту [Methodical recommendations and research program for tillage]. Chabany, 87 p.

12. Zabrodotska, L.Iu. (2019). Osnovy ahronomii: navchalnyi posibnyk [Basics of agronomy]. Lutsk, Inform.-ed. department of Lutsk National Technical University, 360 p.

13. Wilson, L., New, S., Daron, J., Golding, N. (2021). Vplyv zminy klimatu v Ukraini [Climate Change Impacts for Ukraine]. United Kingdom, International climate services, Met Office, 34 p.

14. Netis, I.T., Onufrii, L.I. (2016). Vplyv ahroekolohichnykh faktoriv na vrozhainist ozymoi pshe-nytsi [Influence of agroecological factors on the yield of winter wheat]. Ahrobiznes sohodni [Agribusiness today]. no. 9. URL: <https://agro-business.com.ua/ah-rarni-kultury/item/648-vplyv-ahroekolohichnykh-faktoriv-na-vrozhainist-ozymoi-pshenytsi.html>

15. Netis, I.T. (2004). Kharakter oseni i vesny ta posivy ozymoi pshenytsi: monohrafiia [Character of autumn and spring and winter wheat sowing]. Kherson, Ailant, 152 p.

16. Zadubynna, Ye.V., Tarasenko, O.A., Tarasenko, T.V. (2022). Zakhody kontroliuvannia sehetalnoi roslыnnosti za tekhnolohii no-till v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu [Measures to control segetal vegetation using no-till technology in the conditions of the Left Bank Forest Steppe]. Vinnytsia, TOV TVORY, 24 p.

17. Vozhehova, R.A., Maliarchuk, M.P., Hranovska, L.M. (2021). No-till systema zemlerobstva v Ukraini: nauka i praktyka [No-till farming system in Ukraine: science and practice]. Kyiv, Oldi+, 218 p.

18. Hamaionova, V.V., Khonenko, L.H., Baklanova, T.V., Kovalenko, O.A. (2020). Suchasni pidkhody do zastosuvannia mineralnykh dobryv za zberezhen-

nia gruntovoi rodiuchosti v umovakh zminy klimatu [Modern approaches to use of the mineral fertilizers preservation soil fertility in the conditions of climate change]. *Naukovi horyzonty* [Scientific horizons]. no. 2(87), pp. 89–101. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101

19. Tsvei, Ya.P., Ivanina, R.V., Senchuk, S.M. (2019). Vliyanie mineralnykh udobreniy i predshestvennikov na ispolzovanie vody pshenitsey ozimoy i ee produktivnost [Effect of mineral fertilizers and precursors on water use and productivity of winter wheat]. *Zernovi kultury* [Cereal crops]. Vol. 3, no. 2, pp. 305–311.

20. Prymak, I.D., Yezerkovska, L.V., Fedoruk, Yu.V. (2020). *Zemlerobstvo: pidruchnyk* [Agriculture]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 3–5.

Winter wheat productivity under different systems of typical black soil cultivation and under climatic changes in the conditions of the Left-Bank Forest Steppe

Zadubynna E., Tarasenko O., Bebekh Yu., Yezerkovska L.

The article highlights the influence of different tillage systems and climate changes on the formation of winter wheat productivity, yield and quality indicators in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe. Taking into account the crop importance in Ukraine's food security and its place in world exports, the importance of effective methods development to improve technological performance due to the decrease in the share of high quality grain suitable for milling and baking purposes is emphasized. In particular with the climate changes it is necessary to use of moisture-saving technologies and the

introduction of crop rotations with a scientifically based choice of crops with plastic properties to unstable soil and climatic conditions.

In the course of the research it was determined how winter wheat productivity is affected by tillage methods – plowing, disking and no-till technology on the example of typical black soil. The analysis of weather conditions was carried out, which revealed that uneven distribution of precipitation with long periods without rain or with high rain intensity during all stages of crop ontogeny are the factors limiting yields and reducing grain quality.

At the same time the importance of mineral fertilizers in regulating grain yields and quality under rapid climate changes was also determined. Increased average monthly indicators, characterizing the weather conditions during the studied periods, created risks for the full growth and development of cultivated plants, that was described in detail in the article.

According to the research results it was found that the highest yield indexes of winter wheat were obtained during of $N_{120}P_{60}K_{90}$ application, that in 2021, under traditional plowing, provided 5.2 t/ha of high quality grain with a protein content of 16.4 % and gluten content of 30.45 %. Also in terms of crop yield level and quality indicators the variant of soil protection technology no-till differed little, which produced 4.88 t/ha of grain with a protein content of 15.6 % and 28.7 % of gluten in a favorable 2021.

Key words: climate changes, short-term crop rotation, tillage, no-till technology, winter wheat, crop yield, grain quality.



Copyright: Задубинна Є.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:

Задубинна Є.В.

Тарасенко О.А.

Бєбєх Ю.М.

Єзерковська Л.В.

<https://orcid.org/0000-0002-9428-5603>

<https://orcid.org/0000-0003-2847-0939>

<https://orcid.org/0009-0006-3209-287X>

<https://orcid.org/0000-0002-6644-120X>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.11[631.559-021.465:631.87

Продуктивність посівів і якість зерна тритикале озимого за використання біологічних препаратів**Карпенко В.В.** *Уманський національний університет садівництва* E-mail: dgonvk@gmail.com

Карпенко В.В. Продуктивність посівів і якість зерна тритикале озимого за використання біологічних препаратів. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 155–162.

Karpenko V. Sowing productivity and grain quality of winter triticale with the use of biological preparations. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 155–162.

Рукопис отримано: 03.11.2023 р.
Прийнято: 20.11.2023 р.
Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-155-162

Стаття висвітлює експериментальні результати досліджень з вивчення впливу передпосівної обробки насіння та посівів біопрепаратами з фунгіцидними властивостями на формування продуктивності посівів і якості зерна тритикале озимого. Аналіз урожайності і якості зерна тритикале озимого показав, що вони змінювалися залежно від виду і способів застосування досліджуваних препаратів та погодних умов, що склалися у роки проведення досліджень.

У 2021 році за бактеризації насіння Меланорізом й Біозлаком простежувалась тенденція до зростання рівня врожайності, порівняно з контролем на 0,4 і 0,3 т/га відповідно. Приріст врожаю зерна у 0,3–0,7 т/га було отримано за посходового використання біофунгіциду Бактофіт у нормах 2,0–3,0 л/га.

Відчутне зростання урожайності відбувалось за обприскування посівів Бактофітом на фоні бактеризації насіння мікробними препаратами. Зокрема, за внесення 2,0; 2,5 і 3,0 л/га біофунгіциду на фоні обробки насіння Біозлаком урожайність зростала на 0,9; 1,2 та 1,4 т/га, по фоні обробки насіння Меланорізом – на 1,0; 1,3 та 1,7 т/га відповідно до норм Бактофіту. Залежність формування врожайності тритикале озимого від виду й способів застосування досліджуваних препаратів простежувалась також у 2022 та 2023 роках. Однак у ці роки дещо вона знижувалася, що було зумовлено погодними умовами та активним розвитком у посівах патогенної мікробіоти.

Досліджувані препарати мали значний вплив на формування показників якості зерна тритикале озимого, особливо за комплексного використання (обробка насіння та внесення по вегетації). Зокрема, найбільша маса 1000 зерен (на 1,5–2,2 г більше за контроль) та натура зерна (на 31,4–39,8 г/л більше за контроль) формувалися за внесення Бактофіту на фоні бактеризації насіння Меланорізом.

Найбільший вміст білка та крохмалю у зерні тритикале озимого було відмічено за обприскування посівів Бактофітом на фоні передпосівної бактеризації насіння Меланорізом, що на 0,6–1,5 % та 6,4–7,1 % відповідно перевищувало контроль.

Ключові слова: продуктивність, якість зерна, біологічні препарати, Меланоріз, Біозлак, Бактофіт, тритикале озиме.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Однією з причин зниження урожайності сільськогосподарських культур є ураження посівів фітопатогенними мікроміцетами, за яких втрати врожаю зерна можуть сягати 75 %. Тому однією із найважливіших складових технологій виробництва продукції рослинництва є захист рослин від фітопатогенних мікроорганізмів [1–6]. Фунгіциди хімічного похо-

дження часто негативно впливають на рослини і зумовлюють уповільнення їх росту, а іноді – призводять до припинення їх розвитку [7]. Вочевидь, надійною гарантією екологічної безпеки може бути застосування біологічних засобів захисту та регуляторів росту рослин, які, на відміну від пестицидів хімічного синтезу, після внесення в агроєкосистему приводять до позитивних якісних та кількісних змін серед

компонентів біоти. Використання у сучасних технологіях мікробних препаратів не лише підвищує стійкість рослин до фітопатогенів, їх продуктивність і якість продукції, а також сприяє оздоровленню агроценозів від шкідливого впливу хімічних препаратів.

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва в інтегрованих системах захисту рослин використання біологічного методу набуває дедалі більшого поширення, оскільки він базується на застосуванні нових ефективних та екологічно безпечних мікробних препаратів й регуляторів росту та розвитку рослин, які здатні спрямовано регулювати процеси життєдіяльності рослин й ґрунтової мікробіоти, мобілізувати потенційні можливості продуктивності культури, закладені у геномі природою і селекцією [8–13].

Наукова література містить значну кількість даних щодо впливу біологічних препаратів мікробного походження на формування продуктивності польових культур. Зокрема, дослідженнями із використанням біопрепаратів Агробактерин (0,6 л/т), Поліміксобактерин (0,8 л/т) та Біокомплекс-БТУ (2 л/т), що проводили у посівах пшениці ярої та ячменю ярого, встановлено, що передпосівна обробка насіння цими препаратами сприяла збільшенню урожайності пшениці ярої на 3,3–12,4 %, ячменю ярого – 2,8–13,1 % (залежно від сорту, обробки по вегетації та фону удобрення). Обробка посівів пшениці ярої препаратом Біокомплекс-БТУ забезпечувала підвищення урожайності на 3,6–7,2 %, ячменю ярого – 1,6–6,2 % [14].

Встановлено, що біологічні препарати, використані з метою передпосівної обробки насіння та позакоренево в технології вирощування пшениці озимої сорту Фаворитка, значно впливали на формування елементів продуктивності, проте найбільш ефективним виявилось поєднання Діазофіту в нормі 0,4 л/т (передпосівна обробка насіння) та Азотофіту (0,6 л/га) + Біосилу (20 мг/га), за позакореневого внесення яких врожайність зерна становила 3,6–3,7 т/га, що на 0,4–0,5 т/га було вищим від контролю [15].

Дослідженнями виявлено, що у посівах гороху найвищий рівень урожайності формувалася у варіанті обробки насіння Міко-френдом (1,0 л/т) – 2,32 т/га на неудобреному фоні та 2,85 т/га – на фоні основного внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$, що відповідно на 0,24 та 0,17 т/га перевищувало контроль. Обприскування рослин гороху Гумі-френдом також було ефективним. Найвищий приріст зерна було одержано за внесення біопрепарату у нормі 0,5 л/га, який залежно від фону живлення у варіантах обробки

насіння Міко-френдом та Міко-хелпом становив відповідно 0,18–0,20 та 0,27–0,28 т/га [16].

Л.С. Квасніцька та Г.П. Войтова [17] встановили, що поєднання біопрепарату Вимпел (0,5 л/га) та мікродобрива Оракул колофермин бору (1,5 л/га) із фунгіцидними обробками Аканто плюс (0,5 л/га) у фазі стеблуння та бутонізації люцерни посівної позитивно впливало на показники продуктивності за приросту врожайності 0,55 ц/га.

Передпосівна обробка насіння лядвенцю рогатого мікробним препаратом Ризобофіт (біологічний агент *Mesorhizobium loti*) з розрахунку 0,15 л на гектарну норму насіння сприяла росту насінневої продуктивності сортів Аякс та Гелон на 78 та 87 кг/га, або 21,4 і 23,8 % проти контролю [18].

О.С. Чинчик та ін. [19] дослідили, що найвищі показники урожайності сої формувалися за комплексної інокуляції насіння Ризобофітом, Фосфоентерином та Біополіцидом, що на 0,07 т/га перевищувало контроль.

Водночас ці науковці [20] встановили, що приріст урожаю зерна сої сорту Іванка за використання мікробного препарату Ризобофіт на основі штаму бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 634 б становив 0,18 т/га або 9 %, тимчасом бактеризація насіння квасолі сорту Надія біопрепаратом Ризобофіт на основі штаму азотфіксувальних бактерій *Rhizobium phaseoli* ФК-6 сприяла приросту врожайності на 0,25 т/га або 12 %.

Доведено, що мікробні препарати Ризобофіт і Ризогумін на основі бактерій штаму *R. Phaseoli* FB1 забезпечують стабільний приріст урожайності бобів квасолі сорту Щедра (на 16,9–29,2 %, порівняно з контролем без інокуляції) за покращення якісних показників – вміст білка збільшувався на 12,5 %, олії – на 17,4 % відносно контролю [21].

Використання біопрепарату Хатаке у посівах кукурудзи нормою 1,0 кг/га сприяло покращенню росту й розвитку культури. Зокрема, урожайність – на 10,6–14,9 %, маса 1000 насінин – на 13,2–22,4 %, вміст крохмалю – на 5,8–8,1 %, вміст білка – на 1,3–1,6 % відповідно перевищували контроль [22].

Мета дослідження. З'ясувати вплив роздільного та комплексного застосування біологічних препаратів мікробного походження фунгіцидної дії на формування продуктивності посівів і якості зерна тритикале озимого.

Матеріал і методика дослідження. Продуктивність посівів та якість зерна тритикале озимого досліджували у польових і лабораторних умовах кафедри захисту і карантину рослин Уманського національного університету

садівництва у 2021–2023 роках. Сорт тритикале озимого – Єлань (Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН та Волинська державна с.-г. дослідна станція). Насіння тритикале озимого за добу до висіву обробляли бактеріальними суспензіями біологічних препаратів мікробного походження: Меланоріз 1,0 л/т (*Glomus sp.*, *Aspergillus terreus*, *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*, *Bacillus macerans*, *Arthrobacter sp.*, *Bacillus subtilis*, *Paenibacillus polymyxa*, загальне число життєздатних клітин $2,5 \times 10^7$ КУО/мл, оригінатор – ТОВ «Торговий дім «Бту-центр», Україна) та Біозлак 1,5 л/т (*Pseudomonas aureofaciens* BS1393, титр життєздатних клітин або спор не менше $2,0 \times 10^9$ КУО/мл препарату, оригінатор – ТОВ «Біонасервіс плюс», Україна). У фазу повного кущіння посіви культури обробляли біологічним фунгіцидом Бактофіт у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га (*Bacillus subtilis* ПІМ–215, титр життєздатних клітин або спор не менше $2,0 \times 10^9$ КУО/мл препарату, оригінатор – ТОВ «Біонасервіс плюс», Україна).

Досліди закладали на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому на лесі, який характеризується задовільним забезпеченням поживними елементами [23].

Облік урожайності тритикале озимого виконували подільською, за допомогою прямого комбайнування з наступним зважуванням зерна й переведенням на стандартну вологість [24]. Якість зерна тритикале озимого оцінювали

за вимогами ДСТУ 4762:2007 Тритикале. Технічні умови [25].

Статистичну обробку отриманих результатів виконували у програмі Microsoft Office Excel.

Результати дослідження та обговорення.

Виконаний нами аналіз урожайності тритикале озимого показав, що її рівень змінювався залежно від виду і способів застосування досліджуваних мікробних препаратів (МБП) та погодних умов, що склалися у роки проведення досліджень.

У 2021 році за передпосівної бактеризації насіння Меланорізом простежувалась тенденція до зростання рівня врожайності, порівняно з контрольним варіантом на 0,4 т/га, тимчасом за використання МПБ Біозлак – на 0,3 т/га, за НІР₀₅ 0,3 т/га (табл. 1).

Достовірний приріст врожаю зерна на 0,3; 0,5 і 0,7 т/га було отримано за посходового використання біофунгіциду Бактофіт у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га.

Більш значне зростання урожайності зерна культури відбувалось за обприскування посівів Бактофітом на фоні бактеризації насіння перед посівом мікробними препаратами. Зокрема, за внесення 2,0; 2,5 і 3,0 л/га біофунгіциду на фоні обробки насіння Біозлаком відмічено зростання досліджуваного показника на 0,9; 1,2 та 1,4 т/га, на фоні обробки насіння Меланорізом – на 1,0; 1,3 та 1,7 т/га відповідно до норм Бактофіту.

Таблиця 1 – Урожайність тритикале озимого за використання МБП Меланоріз, Біозлак та Бактофіт, т/га

Варіант досліджу	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє за три роки	До контролю, %
Без застосування біологічних препаратів (контроль)	5,1	4,6	3,9	4,5	100
Меланоріз 1,0 л/т	5,5	4,9	4,3	4,9	109
Біозлак 1,5 л/т	5,4	4,8	4,2	4,8	107
Бактофіт 2,0 л/га	5,6	4,8	4,3	4,9	109
Бактофіт 2,5 л/га	5,8	4,9	4,6	5,1	113
Бактофіт 3,0 л/га	6,1	5,2	4,9	5,4	120
Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га	6,0	5,0	4,7	5,2	116
Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га	6,3	5,3	4,9	5,5	122
Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га	6,5	5,6	5,2	5,8	128
Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га	6,1	5,5	5,0	5,5	123
Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га	6,4	5,8	5,6	5,9	132
Меланоріз 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га	6,8	6,1	5,7	6,2	138
НІР ₀₅	0,3	0,3	0,2		

Залежність формування урожайності тритикале озимого від виду й способів застосування досліджуваних МБП простежувалось також у 2022 та 2023 рр. Однак, величина врожайності у ці роки дещо знижувалася, що було зумовлено погодними умовами, за яких активніше розвивалася хвороботворна мікробіота. Зокрема, урожайність зерна у контрольному варіанті досліді у 2021 році становила 5,1 т/га, у 2022 та 2023 роках – 4,6 та 3,9 т/га відповідно.

Загалом, передпосівна обробка насіння Меланорізом та Біозлаком сприяла підвищенню врожайності зерна культури відповідно на 0,3 і 0,2 т/га у 2022 р. ($НІР_{05}$ 0,3 т/га) та на 0,4 і 0,3 т/га у 2023 р. ($НІР_{05}$ 0,2 т/га).

Обприскування посівів культури Бактофітом (2,0; 2,5 і 3,0 л/га) сприяло отриманню приросту врожаю у розмірі 0,2; 0,3 і 0,6 т/га у 2022 р. та 0,3; 0,6 і 0,9 т/га у 2023 р. відповідно до норм біофунгіциду.

Найвищий приріст урожайності, як і в 2021 р. було відмічено за використання Бактофіту на фоні передпосівної бактеризації насіння мікробними препаратами, особливо Меланорізом, де залежно від норми біофунгіциду, приріст врожаю зерна коливався від 0,9 до 1,5 т/га у 2022 р. та 1,1–1,8 т/га – у 2023 році.

У середньому за роки досліджень, передпосівна обробка насіння Меланорізом й Біо-

злаком обумовила зростання врожайності культури, порівняно з контролем на 9 та 7 % відповідно, за обприскування посівів Бактофітом – 7–13 % залежно від норми препарату. Більш суттєвий приріст врожаю – 16–28 та 23–38 % було встановлено за внесення біофунгіциду на фоні бактеризації насіння відповідно Біозлаком й Меланорізом.

Відомо, що важливими показниками, які свідчать про ефективність використання мікробних препаратів у посівах польових культур є формування фізичних та хімічних показників якості зерна.

Виявлено, що досліджувані мікробні препарати мали істотний вплив на формування окремих фізичних показників якості зерна тритикале озимого (табл. 2).

Зокрема, у середньому за роки досліджень за обробки насіння перед посівом МБП Меланорізом маса 1000 зерен зростала відносно контролю на 0,2 г, тимчасом натура зерна збільшувалась на 10,2 г/л. У разі обробки насіння Біозлаком наведені показники зростали на 0,1 г та 9,3 г/л відносно показників контролю.

За посихового обприскування посівів тритикале озимого Бактофітом відбувалось зростання маси 1000 зерен відносно контролю на 0,1–0,6 г, тимчасом натура зерна зростала на 9,3–15,1 г/л залежно від норм препарату.

Таблиця 2 – Якісні показники зерна тритикале озимого за використання МБП Меланорізм, Біозлак та Бактофіт, 2021–2023 рр.

Варіант досліді	Маса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Вміст білка, %	Вміст крохмалю, %
Без застосування біологічних препаратів (контроль)	41,8	670,0	11,4	59,1
Меланорізм 1,0 л/т	42,0	680,2	11,6	60,9
Біозлак 1,5 л/т	41,9	679,3	11,5	60,2
Бактофіт 2,0 л/га	41,9	679,8	11,5	62,0
Бактофіт 2,5 л/га	42,2	685,1	11,6	62,7
Бактофіт 3,0 л/га	42,4	690,0	11,9	64,0
Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,0 л/га	42,3	686,1	11,6	63,1
Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 2,5 л/га	42,6	697,0	11,8	63,9
Біозлак 1,5 л/т + Бактофіт 3,0 л/га	42,9	703,4	12,1	64,7
Меланорізм 1,0 л/т + Бактофіт 2,0 л/га	43,3	701,4	12,0	65,5
Меланорізм 1,0 л/т + Бактофіт 2,5 л/га	43,7	705,9	12,6	65,8
Меланорізм 1,0 л/т + Бактофіт 3,0 л/га	44,0	709,8	12,9	66,2
$НІР_{05}^*$	0,3–0,4	3,8–6,0	0,2–0,3	0,3–0,6

Примітка: * – max і min значення за роки досліджень.

Більш значний вплив на формування фізичних показників якості зерна мало використання Бактофіту на фоні передпосівної обробки насіння мікробними препаратами. Зокрема, за внесення біофунгіциду на фоні бактеризації насіння Біозлаком відмічено зростання маси 1000 зерен відносно контролю на 0,5–1,1 г, тимчасом натури зерна – на 16,1–30,4 г/л залежно від норм біофунгіциду.

Найвища маса 1000 зерен (на 1,5–2,2 г більше за контроль) та натура зерна (на 31,4–39,8 г/л більше за контроль) формувалися за внесення Бактофіту на фоні бактеризації насіння Меланорізом.

Встановлено, що досліджувані МБП мали також значний вплив на формування окремих хімічних показників якості зерна тритикале озимого. Зокрема, вміст білка за обробки насіння Меланорізом і Біозлаком у середньому за роки досліджень порівняно з контролем зріс відповідно на 0,2 та 0,1 %. За обприскування посівів культури Бактофітом у нормах 2,0; 2,5 і 3,0 л/га цей показник перевищував контроль на 0,1; 0,2 та 0,5 % відповідно до норм препарату.

Внесення наведених норм Бактофіту на фоні обробки насіння Біозлаком сприяло збільшенню вмісту білка проти контролю відповідно на 0,2; 0,4 і 0,7 % згідно з нормами біофунгіциду.

Найвищий вміст білка у зерні тритикале озимого було відмічено за обприскування посівів Бактофітом на фоні передпосівної бактеризації насіння Меланорізом, що сприяло збільшенню цього показника на 0,6–1,5 % залежно від норм Бактофіту. У цих варіантах дослідів відмічено також найвищий вміст крохмалю, що перевищував показники контрольного варіанта на 6,4–7,1 % залежно від норм застосування біофунгіциду.

Висновки. Отже, застосування у посівах тритикале озимого мікробних препаратів позитивно відображається на формуванні урожайності зерна належної якості. Найвищий рівень врожайності з високими фізичними та хімічними показниками якості одержано за обприскування посівів Бактофітом на фоні передпосівної бактеризації насіння МБП Меланоріз. За такого поєднання препаратів у середньому за роки досліджень отримано приріст зерна 1,0–1,7 т/га за збільшення на 4–5 % маси 1000 зерен, на 5–6 % – натури зерна, на 0,6–1,5 % – вмісту білка та на 6,4–7,1 % – вмісту крохмалю (залежно від норм посходового внесення Бактофіту).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мікробіота листків і зерна ячменю ярого за дії гербіциду і біопрепарату / В.П. Карпенко та ін. Проблеми екологічної біотехнології. 2012. № 2. С. 42–53.
2. Delcour I., Spanoghe P., Uyttendaele M. Literature review: Impact of climate change on pesticide use. Food Research International. 2015. Vol. 68. P. 7–15. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.09.030
3. Sahar Abdou Zayan. Impact of Climate Change on Plant Diseases and IPM Strategies. 2019. 10 p. DOI: 10.5772/intechopen.87055
4. Вожегова Р.А., Коваленко А.М. Зміни клімату в південному регіоні та напрями адаптації землеробства до них. Посібник українського хлібороба «Адаптивне землеробство». 2013. Т. 1. С. 189–190.
5. Popp J., Károly P., Nagy J. Pesticide productivity and food security. A review. Agronomy for Sustainable Development. 2013. Vol. 33. P. 243–255.
6. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment / Muyaier Tudi et al. Int J. Environ Res Public Health. 2021. Vol. 18(3). 1112 p. DOI: 10.3390/ijerph18031112
7. The pathogenic mycobium in seeds of cultural plant varieties / I. Beznosko et al. Agroecological Journal. 2021. No 1. P. 81–87. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2021.227242
8. Крутякова В.І., Гулич О.І., Пилипенко Л.А. Біологічний метод захисту сільськогосподарських культур: перспективи для України. Вісник аграрної науки. 2018. № 11. С. 159–168.
9. Вінюков О.О., Коробова О.М., Бондарева О.Б., Коноваленко Л.І. Використання біо- та рістрегулюючих препаратів для підвищення продуктивності та якості зерна ячменю ярого. Збалансоване природокористування. 2017. № 3. С. 46–50.
10. Gamayunova V.V., Baklanova T.V., Kuvshinova A.A., Kasatkina T.O. The value of biological products in the effective use of moisture by barley plants in the Southern Steppe of Ukraine. Global Science and education in the modern realities. 2020. P. 171–174.
11. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil. 2014. № 383 (1–2). P. 3–41. DOI: 10.1007/s11104-014-2131-8
12. Біловус Г.Я., Ващишин О.А., Пристацька О.Н., Добровецька М.Р. Застосування біологічних препаратів для обмеження розвитку грибних хвороб в агроценозі пшениці озимої. Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 81–83.
13. Мозирська Н.В., Деркач В.В. В Україні зареєстровано перший вітчизняний мікробіологічний препарат для рослинництва Клепс. Пропозиція. 2001. № 10. С. 60–61.
14. Чайковська Л.О., Баранська М.І., Овсієнко О.Л. Регулювання активності мікрофлори чорнозему південного в ризосфері озимої пшениці за впливу фосфатмобілізуючих бактерій. Науковий вісник НУБіПУ. Київ, 2009. Вип. 140. С. 110–115.

15. Шувар А.М., Беген Л.Л., Дорота Г.М., Тимків М.Ю. Застосування біологічних препаратів в органічній технології вирощування пшениці озимої. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2020. Вип. 67 (I). С. 143–155. DOI: 10.32636/01308521.2020-(67)-1-10

16. Глубокий О.М., Попов С.І. Продуктивність гороху на зерно залежно від способів застосування біопрепаратів. Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 133–134.

17. Квасніцька Л.С., Войтова Г.П. Ефективність застосування біологічно активних препаратів на посівах люцерни посівної на насіння. Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 147–148.

18. Колісник С.І., Антонів С.Ф., Запруга О.А. Ефективність дії біологічних препаратів на продуктивність та посівні якості насіння лядвенцю рогатого. Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 154–156.

19. Чинчик О.С., Оліфірович С.Й., Оліфірович В.О., Кравченко В.С. Застосування мікробних препаратів у технології вирощування зернобобових культур. Збірник Уманського національного університету садівництва. 2019. Вип. 95. Ч. 1. С. 207–216.

20. Чинчик О.С., Оліфірович С.Й., Оліфірович В.О., Третьякова С.О. Перспективи біологізації вирощування зернобобових культур в Україні. Збірник Уманського національного університету садівництва. 2019. Вип. 94. Ч. 1. С. 198–207.

21. Krutylo D.V., Ushakova M.A. Efficiency of biological preparations based on a new strain of *rhizobium phaseoli* FB1 when growing beans. Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.). С. 162–164.

22. Кравчук Ю., Левішко А., Гуменюк І. Дослідження впливу застосування біопрепарату Хатаке (Hatake) на посівах кукурудзи. Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологічнобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану». (Київ-Сквира, 10 серпня 2022 року). С. 84–85.

23. Господаренко Г.М., Любич В.В., Черно О.Д. Вплив вапнування та мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому. Вісник Уманського НУС. 2022. №1. С. 32–36.

24. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В.О. Єщенка. Київ: Дія, 2005. 288 с.

25. ДСТУ 4762:2007. Тритикале. Технічні умови [чинний від 2007-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України. 2010. 15 с.

REFERENCES

1. Karpenko, V.P., Bilonozhko, V.Ya., Prytulyak, R.M., Poltoretskyi, S.P., Mostoviyak, I.I. (2012). Mikrobiota listkiv i zerna jachmenju jarogo za dii' gerbicidu i biopreparatu [Microbiota of spring barley leaves and grain under the action of herbicide and biological preparation]. Problemi ekologichnoi' biotekhnologii' [Problems of environmental biotechnology]. no. 2, pp. 42–53.

2. Delcour, I., Spanoghe, P., Uyttendaele, M. (2015). Literature review: Impact of climate change on pesticide use. Food Research International. no. 68. pp. 7–15. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.09.030

3. Sahar, Abdou Zayan. (2019). Impact of Climate Change on Plant Diseases and IPM Strategies. 10 p. DOI: 10.5772/intechopen.87055

4. Vozhegova, R.A., Kovalenko, A.M. (2013). Zmini klimatu v pivdennomu regioni ta naprjami adaptacii' zemlerobstva do nih [Climate changes in the southern region and directions of agricultural adaptation to them]. Posibnik ukrai'ns'kogo hliboroba «Adaptivne zemlerobstvo» [Ukrainian farmer's manual «Adaptive farming»]. no. 1, pp. 189–190.

5. Popp, J., Károly, P., Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. Agronomy for Sustainable Development. no. 33, pp. 243–255.

6. Muyaier, Tudi, Huada, Daniel Ruan, Li, Wang (2021). Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. Int J. Environ Res Public Health. no. 18(3), 1112 p. DOI: 10.3390/ijerph18031112

7. Beznosko, I., Gorgan, T., Gavriluk, L., Turovnik, Y., Kosovska, N. (2021). The pathogenic mycobium in seeds of cultural plant varieties. Agroecological Journal. no. 1, pp. 81–87. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2021.227242

8. Krutyakova, V.I., Gulych, O.I., Pylypenko, L.A. (2018). Biologichnij metod zahistu sil'skogospodars'kih kul'tur: perspektivi dlja Ukrai'ni [Biological method of protection of agricultural crops: prospects for Ukraine]. Visnik agrarnoi' nauki [Bulletin of agricultural science]. no. 11, pp. 159–168.

9. Vinyukov, O.O., Korobova, O.M., Bondareva, O.B., Konovalenko, L.I. (2017). Viktoristannja biota ristreguljujuchih preparativ dlja pidvishhennja produktivnosti ta jakosti zerna jachmenju jarogo [The use of bio- and re-regulating drugs to increase the productivity and quality of spring barley grain]. Zbalansovane prirodokoristuvannja [Balanced nature management]. no. 3, pp. 46–50.

10. Gamayunova, V.V., Baklanova, T.V., Kuvshinova, A.A., Kasatkina, T.O. (2020). The value of biological products in the effective use of moisture by barley plants in the Southern Steppe of Ukraine. Global Science and education in the modern realities. pp. 171–174.

11. Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil. no. 383 (1–2). pp. 3–41. DOI: 10.1007/s11104-014-2131-8

12. Bilovus, G.Ya., Vashchyshyn, O.A., Prystatska, O.N., Dobrovetska, M.R. (2021). Zastosuvannja

biologichnih preparativ dlja obmezhenija rozvitku gribnih hvorob v agrocenozi pshenici ozimoi' [Use of biological preparations to limit the development of fungal diseases in the agrocenosis of winter wheat]. Biologichni procesi optimizacii produkciijnogo procesu kul'turnih roslin: materiali Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktichnoi' onlajn-konferencii', prisvjachenoi' 60-richchju ISMAV NAAN [Biological processes of optimizing the production process of cultivated plants: materials of the All-Ukrainian scientific and practical online conference dedicated to the 60th anniversary of the IAMAV of the NAAS]. Chernihiv, pp. 81–83.

13. Mozyrska, N.V., Derkach, V.V. (2001). V Ukrai'ni zarejestrovano pershij vitchiznjanij mikrobiologichnij preparat dlja roslinnictva Kleps [In Ukraine registered the first domestic microbiological preparation for crop cultivation Cleps]. Propozicija [Proposal]. no. 10, pp. 60–61.

14. Chaikovska, L.O., Baranska, M.I., Ovsienko, O.L. (2009). Reguljuvannja aktivnosti mikroflori chornozemu pivdenного v rizosferi ozimoi' pshenici za vplivu fosfatomobilizujuchih bakterij [Regulation of the activity of the microflora of southern chernozem in the rhizosphere of winter wheat under the influence of phosphate-mobilizing bacteria]. Naukovij visnik NUBiPU [Scientific Bulletin of NULESU]. no. 140, pp. 110–115.

15. Shuvar, A., Behen, L., Dorota, H., Tymkiv, M. (2020). Zastosuvannja biologichnih preparativ v organichnij tehnologii' viroshhuvannja pshenici ozimoi' [Application of biological preparations in organic technology of winter wheat growing]. Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo [Foothill and mountain agriculture and stockbreeding]. no. 67, pp. 143–155. DOI: 10.32636/01308521.2020-(67)-1-10

16. Hlubokyi, O.M., Popov, S.I. (2021). Produktivnist' gorohu na zerno zalezno vid sposobiv zastosuvannja biopreparativ [Productivity of peas per grain depending on the methods of application of biological preparations]. Biologichni procesi optimizacii' produkciijnogo procesu kul'turnih roslin: materiali Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktichnoi' onlajn-konferencii', pr'svjachenoi' 60-richchju ISMAV NAAN [Biological processes of optimizing the production process of cultivated plants: materials of the All-Ukrainian scientific and practical online conference dedicated to the 60th anniversary of the IAMAV of the NAAS]. Chernihiv, pp. 133–134.

17. Kvasnitska, L.S., Voitova, G.P. (2021). Efektivnist' zastosuvannja biologichno aktivnih preparativ na posivah ljucerni posivnoi' na nasinnja [Effectiveness of the use of biologically active preparations on alfalfa crops sown for seeds]. Biologichni procesi optimizacii' produkciijnogo procesu kul'turnih roslin: materiali Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktichnoi' onlajn-konferencii', prisvjachenoi' 60-richchju ISMAV NAAN [Biological processes of optimizing the production process of cultivated plants: materials of the All-Ukrainian scientific and practical online conference dedicated to the 60th anniversary of the IAMAV of the NAAS]. Chernihiv, pp. 147–148.

18. Kolisnyk, S.I., Antoniv, S.F., Zapruta, O.A. (2021). Efektivnist' dii' biologichnih preparativ na produktivnist' ta posivni jakosti nasinnja ljadvencju rogatogo [Effectiveness of the action of biological preparations on the productivity and sowing quality of the seeds of the hornwort]. Biologichni procesi optimizacii' produkciijnogo procesu kul'turnih roslin: materiali Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktichnoi' onlajn-konferencii', prisvjachenoi' 60-richchju ISMAV NAAN [Biological processes of optimizing the production process of cultivated plants: materials of the All-Ukrainian scientific and practical online conference dedicated to the 60th anniversary of the IAMAV of the NAAS]. Chernihiv, pp. 154–156.

19. Chynchyk, A., Olifirovich, S., Olifirovich, V., Kravchenko, V. (2019). Zastosuvannja mikrobnih preparativ u tehnologii' viroshhuvannja zernobobovih kul'tur [Application of microbial preparations in the technology of growing cultures]. Zbirnik Umans'kogo NUS [Journal of Uman NUH]. no. 95, pp. 207–216. DOI: 10.31395/2415-8240-2019-95-1-207-216

20. Chinchik, A., Olifirovich, S., Olifirovich, V., Tretiakova, S. (2019). Perspektivi biologizacii' viroshhuvannja zernobobovih kul'tur v Ukrai'ni [Perspectives of biologization of cultivation of leguminous crops in Ukraine]. Zbirnik Umans'kogo NUS [Journal of Uman NUH]. no. 94, pp. 198–207. DOI: 10.31395/2415-8240-2019-94-1-198-207

21. Krutylo, D.V., Ushakova, M.A. (2021). Efficiency of biological preparations based on a new strain of *rhizobium phaseoli* FB1 when growing beans. Biologichni procesi optimizacii' produkciijnogo procesu kul'turnih roslin: materiali Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktichnoi' onlajn-konferencii', prisvjachenoi' 60-richchju ISMAV NAAN [Biological processes of optimizing the production process of cultivated plants: materials of the All-Ukrainian scientific and practical online conference dedicated to the 60th anniversary of the IAMAV of the NAAS]. Chernihiv, pp. 162–164.

22. Kravchuk, Yu., Levishko, A., Gumenyuk, I. (2022). Doslidzhennja vplivu zastosuvannja biopreparatu Hatake (Natake) na posivah kukurudzi [Study of the impact of the use of biological drug Hatake (Natake) on corn crops]. Vseukrai'ns'ka naukovo-praktichna konferencija «Ekologobezpechni tehnologii' v roslinnictvi v umovah vojenного stanu» [All-Ukrainian scientific and practical conference "Environmentally safe technologies in crop production under martial law"]. Kyiv–Skyra, pp. 84–85.

23. Gospodarenko, H.M., Lyubich, V.V., Chernov, O.D. (2022). Vplyv vapnuvannia ta mineralnykh dobryv na vrozhaist pshenytsi ozymoi na chornozemi opidzolenomu [The effect of liming and mineral fertilizers on the yield of winter wheat on podzolized chernozem]. Visnyk Umanskoho NUS [Bulletin of Uman NUH]. no. 1, pp. 32–36. DOI: 10.31395/2310-0478-2020-2-32-36

24. Yeschenko, V.O., Kopytko, P.G., Opryshko, V.P., Kostogryz, P.V. (2005). Osnovi naukovih doslidzhen' v agronomii' [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv, Diya, 288 p.

25. DSTU 4762:2007. Trytykale. Tehnichni umovy [chynnyj vid 2007-07-01] [DSTU 4762:2007. Triticale. Technical conditions [effective from 2007-07-01]]. Kyiv, State standard of Ukraine, 2010, 15 p.

Sowing productivity and grain quality of winter triticale with the use of biological preparations

Karpenko V.

The article highlights the experimental results of research on the influence of pre-sowing seeds and crops treatment with biological preparations of fungicidal properties on crop productivity formation and the quality of winter triticale grain. The analysis of yield and quality of winter triticale grain showed that they changed depending on the type and methods of application of the researched preparations and weather conditions during the years of research.

In 2021 when seeds were bacterised with «Melanoriz» and «Biozlak», there was a tendency to increase the yield level compared to the control by 0.4 and 0.3 t/ha respectively. Grain yield increment of 0.3–0.7 t/ha was obtained with the application of «Baktofit» biofungicide at the norms of 2.0–3.0 l/ha.

A noticeable increase in yield occurred when spraying crops by «Baktofit» on the background of seed bacteriization with microbial preparations. In particular, for application 2.0, 2.5 and 3.0 l/ha of biofungi-

cide on the background of seed treatment by «Biozlak» the yield increased by 0.9, 1.2 and 1.4 t/ha, on the background of seed treatment by «Melanoriz» – on 1.0, 1.3 and 1.7 t/ha according to the «Baktofit» norms. The dependence of winter triticale yield formation on the type and methods of application of the studied preparations was also observed in 2022 and 2023. However, in these years it slightly decreased, which was due to weather conditions and the active development of pathogenic microbiota in the sowings.

The studied preparations had a significant impact on the formation of winter triticale grain quality indicators, especially when used in combination (seed treatment and application during the growing season). In particular, the highest weight of 1000 grains (by 1.5–2.2 g more than the control) and grain weight (by 31.4–39.8 g/l more than the control) were formed by the application of «Baktofit» against the background of seed bacterisation with «Melanoriz».

The highest content of protein and starch in winter triticale grain was noted for spraying crops with «Baktofit» on the background of pre-sowing seed bacteriization with «Melanoriz», which exceeded the control by 0.6–1.5 % and 6.4–7.1 % respectively.

Key words: productivity, grain quality, biological preparations, «Melanoriz», «Biozlak», «Baktofit», winter triticale.



Copyright: Карпенко 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:

Карпенко В.В.

<https://orcid.org/0009-0003-6496-0262>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.53.01:633.933

Встановлення оптимальних параметрів визначення схожості насіння астрагалу серпоплідного (*Astragalus falcatus* Lam.)Кічігіна О.О.¹ , Дем'янюк О.С.¹ , Гаврилюк Л.В.¹ , Куценко Н.І.² ¹ Інститут агроекології і природокористування НААН² Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроекології і природокористування НААН

E-mail: seednlen@ukr.net



Кічігіна О.О., Дем'янюк О.С., Гаврилюк Л.В.,
Куценко Н.І. Встановлення оптимальних
параметрів визначення схожості насін-
ня астрагалу серпоплідного (*Astragalus*
falcatus Lam.). «Агробіологія», 2023.
№ 2. С. 163–171.

Kichigina O., Demyanyuk O., Havry-
liuk L., Kutsenko N. Establishing the
optimal parameters of determining the
sicklepod seed germination (*Astragalus*
falcatus Lam.). «Agrobiology», 2023.
no. 2, pp. 163–171.

Рукопис отримано: 05.10.2023 р.

Прийнято: 20.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-163-171

Встановлення доброякісності насіннєвого матеріалу та посів-
них якостей насіння є одним із важливих аспектів для успішного
культивування астрагалу серпоплідного. Водночас, контроль за
якістю посівного матеріалу лікарських рослин, вимоги до яко-
го мають узгоджуватись із міжнародними стандартами і вимога-
ми Настанови з належної практики культивування та збирання
(GACP) вихідної сировини рослинного походження, неможливий
без встановлення методів визначення його посівних якостей. Особ-
ливої уваги у вивченні цих питань потребує насіння лікарських
рослин, що нетривалий час вирощують у культурі, саме до таких
належить астрагал серпоплідний (*Astragalus falcatus* Lam.) Слід
зазначити, що схожість є нормованим та найбільш важливим по-
казником посівних якостей насіння, який є базовим за купівлі-про-
дажу насіння, відпуску насіння на посів. Адже рівень схожості,
встановлений стандартом, забезпечує нормальне проростання на-
сіння у польових умовах, формування оптимальної густоти посівів
та врожайності культури. Однак, проведений патентний пошук –
аналіз наукової літератури та нормативних документів показав, що
в Україні для широкого спектру лікарських й ефіроолійних куль-
тур, зокрема астрагалу серпоплідного, відсутні нормативні доку-
менти (чинні стандарти) на методи визначення посівних якостей
та технічні умови на насіння. Тому, метою проведених досліджень
було встановлення особливостей визначення схожості насіння
астрагалу серпоплідного з використанням стандартних процедур й
методик, які застосовують у вітчизняній та міжнародній практиці.
Враховували методичні підходи, які наведено для інших культур у
нормативних документах як чинних в Україні, так і за кордоном.
Експериментально встановлено оптимальні параметри визначення
енергії проростання та схожості насіння астрагалу серпоплідного.
Визначено, що оптимальним субстратом для ложе є фільтруваль-
ний папір. Спосіб пророщування – на папері (нФ). Оптимальним
температурним режимом для пророщування є змінні (+20–30 °С)
температури. Строки обліковування: енергії проростання – 5 доба,
схожості – 12 доба.

Ключові слова: астрагал серпоплідний, посівні якості насін-
ня, методи визначення, схожість, субстрат, спосіб пророщування,
температурний режим.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Астрагал серпоплідний (*Astragalus falcatus* Lam.) – трав'яниста багаторічна рослина з родини Fabaceae, яку здавна широко застосовують у народній медицині, використовуючи всі частини рослини – від коріння до квітів. Його лікувальні властивості є предметом активного вивчення для застосування у традиційній медицині, де як лікарську сировину використовують листя та квітки – *Folia et flores Astragali falcatus* [1]. Астрагал серпоплідний інтенсивно досліджують у Інституті фармакохімії імені І. Кутателадзе Тбіліського державного медичного університету [2], Дослідній станції лікарських рослин ІАП НААН та інших науково-дослідних установах [3, 4].

Відомо, що астрагал серпоплідний синтезує фенольні сполуки: флавоноїди, гідроксикумарини, фенолкарбонові та гідроксикоричні кислоти, дубильні речовини; тритерпеноїди: тритерпенові сапоніни, циклоартани; алкалоїди, амінокислоти [1, 3].

Фітопрепарати на його основі застосовують у комплексній терапії хронічної ниркової недостатності. Вони посилюють азотовидільну функцію нирок, зменшують вміст у крові залишкового азоту, сечовини, креатиніну, підвищують діурез. Позитивно впливають майже на всі системи організму людини, дають змогу уповільнити процеси старіння [1].

Такі характеристики астрагалу серпоплідного, як лікарської рослини, роблять його перспективним видом для створення сировинної бази з метою виготовлення ефективних фітопрепаратів. Однак, це ускладнюється відсутністю його природних місцезростань в Україні.

Батьківщиною астрагалу серпоплідного є Кавказ, Східне і Південне Закавказзя, Дагестан. Введений у культуру в Західній Європі, США, Канаді. Вирощують у відкритому ґрунті за допомогою насіння. Належить до видів, що успішно інтродуковані в Україні. Зокрема, астрагал серпоплідний вирощують й досліджують на Дослідній станції лікарських рослин ІАП НААН, де ще у 80-х рр. минулого століття розпочата робота з вивчення технологічних та селекційних питань щодо введення цього виду у культуру [5]. Упродовж 1991–2005 рр. була розроблена та апробована технологія його вирощування. Проведена селекційна робота дала змогу виділити перспективний матеріал астрагалу серпоплідного, тому вид має значний потенціал поширення в культурі [6, 7].

Водночас, одним із важливих аспектів для культивування астрагалу серпоплідного є питання, пов'язані із встановленням добро-

якості насіннєвого матеріалу та посівних якостей насіння. Однак контроль за якістю посівного матеріалу лікарських рослин, вимоги до якого мають узгоджуватись з міжнародними стандартами і вимогами Настанови з належної практики культивування та збирання (GACP) вихідної сировини рослинного походження, неможливий без встановлення методів визначення його посівних якостей. Особливої уваги у вивченні цих питань потребує насіння лікарських рослин, що нетривалий час вирощують у культурі, саме до таких належить астрагал серпоплідний (*Astragalus falcatus* Lam.) Слід зазначити, що схожість є нормованим та найбільш важливим показником посівних якостей насіння, який є базовим за купівлі-продажу насіння, відпуску насіння на посів. Адже рівень схожості, встановлений стандартом, забезпечує нормальне проростання насіння у польових умовах, формування оптимальної густоти посівів та врожайності культури.

Вивченню екологічних й біологічних особливостей проростання та інших якостей насіння лікарських рослин як введених у культуру, так і дикорослих присвячено ряд робіт зарубіжних учених [8–10]. Зокрема, з метою збереження чотирьох видів звіробою, що через неконтрольований збір стали рідкісними у флорі Туреччини, були детально вивчені умови пророщування насіння цих видів у лабораторних умовах. Отримані дані щодо схожості насіння та подальшого пророщування описані у відповідних протоколах. Результати показали, що розмноження з насіння є життєздатним методом для *ex situ* збереження цих видів.

Вплив чинників навколишнього середовища на проростання насіння деяких видів лікарських рослин наведено в роботах F. Vahabinia зі співавт. та A. Bhatt зі співавт. [8, 11].

Лабораторним дослідженням щодо поліпшення якості насіння, підготовки його до відновлення присвячена робота S. Pedrini та ін. [12].

Результати лабораторних досліджень із порушення спокою та проростання насіння *Astragalus gines-lopezii* (Fabaceae) описані A. Schnadelbach та його колегами [13].

Вивченню морфолого-біологічних особливостей, насіннєвої продуктивності та якості насіння деяких видів роду *Astragalus* L. присвячені наукові праці фахівців Кременецького ботанічного саду [14], науковців Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України [6, 7].

Питання насіннєзнавства лікарських рослин були предметом вивчення для фахівців Дослідної станції лікарських рослин ІАП НААН

у межах науково-дослідної роботи «Розробити методи і прийоми визначення посівних якостей насіння лікарських культур» (2006–2010 рр.). Фахівцями станції ведуться дослідження з вивчення технологічних та селекційних питань як із новими видами рослин, так і традиційно культивованими [15]. Однак, лише комплексний підхід до вирощування конкретної лікарської культури гарантує успіх. Водночас очевидно, що для повноцінного введення в культуру нових видів лікарських рослин, поряд із веденням селекційного процесу та розробленням технологічних аспектів вирощування, актуальним є розроблення методичних підходів визначення посівних якостей насіння цих видів [16].

Для вивчення цього питання нами також проаналізовано ряд нормативних документів як діючих в Україні, так і таких, що втратили чинність [17–22].

Встановлено, що в Україні для широкого спектру лікарських і ефіроолійних культур, зокрема астрагалу серпоплідного (*Astragalus falcatus* Lam.), відсутні чинні нормативні документи на методи визначення посівних якостей та технічні умови на насіння, що й визначило напрям наших досліджень.

Мета дослідження – виявлення оптимальних параметрів визначення схожості насіння астрагалу серпоплідного (*Astragalus falcatus* Lam.).

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено у Незалежній лабораторії екології насінництва Інституту агроєкології і природокористування НААН й Відділі селекції та насінництва Дослідної станції лікарських рослин ІАП НААН у межах виконання науково-дослідної роботи за завданням 28.01.01.03.П. «Розроблення методичних підходів визначення якості насіння перспективних для введення в культуру видів лікарських рослин» (ДР № 0121U108900) у 2021–2023 рр. Зазначені підрозділи оснащені всіма необхідними для проведення досліджень обладнанням і матеріалами. Незалежна лабораторія екології насінництва ІАП НААН акредитована Національним агентством з акредитації України на відповідність вимогам ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 у сфері визначення посівних якостей насіння сортів сільськогосподарських культур, квітково-декоративних та ефіроолійних культур (Атестат про акредитацію № 201448 від 13 лютого 2022 р. Дата первинної акредитації 13 лютого 2017 р.).

Для аналізування використовували насіння перспективного зразка астрагалу серпоплідного As-21-2, отримане з посівів другого року вегетації (розсадник конкурсного випробу-

вання Дослідної станції лікарських рослин ІАП НААН).

Відповідно до п. 7 ДСТУ 4138–2002 [17], перед проведенням аналізування підготували обладнання та субстрати. З метою встановлення оптимальних методів визначення схожості насіння використовували методи наведені у ДСТУ 4138–2020, Міжнародних правилах аналізу насіння, ДСТУ 7018:2009, ДСТУ 3657–97. Зокрема, відповідно до Міжнародних правил аналізу насіння, спочатку формували середню пробу 5 г, а з неї – робочу 0,5 г, з якої й відбирали насіння для визначення схожості.

Мета аналізування насіння на схожість – виявлення відсоткової кількості насінин, здатних утворювати нормально розвинуті проростки за оптимальних умов пророщування. Це важливий нормований і обов'язковий показник, що характеризує партію насіння. З метою більш повної оцінки посівних якостей насіння визначали енергію проростання, яка показує відсоток нормальних проростків за мінімальний термін, що встановлюють для кожної культури. Цей показник характеризує здатність насіння швидко і одночасно проростати.

Схожість визначали у чотириразовій повторності. Кількість насіння в кожному повторенні – 100 шт. Насіння основної культури висипали на розбірну дошку та ретельно перемішували. Розрівнювали у формі квадрата та хрестоподібно ділили на чотири частини і з кожної з них шпателем підряд відраховували по 100 насінин для кожного з чотирьох повторів.

Пророщування насіння проводили у чашках Петрі. На зовнішньому боці чашки Петрі маркером зазначали дату закладання насіння та номер повторності.

З метою визначення оптимального субстрату та способу пророщування були досліджені наступні варіанти: на піску, в піску, на папері, між папером (у папері). Перед аналізуванням пісок зволожували до 60 % від його повної вологомисткості. За використання як субстрату фільтрувального паперу – на дно чашки Петрі клали два шари зволоженого дистильованою водою фільтрувального паперу. Для зволоження папір занурювали у воду та давали надлишку води стекти (під час натискання пальцем водяна плівка навколо нього не утворюється). Насіння розкладали на субстрат так, щоб воно не торкалось одне до одного. Відстань між насінинами не менше 5 мм, що запобігає зараженню здорового насіння від насіння, ушкодженого хворобами. Чашки Петрі з розкладеним насінням накривали накривками та поміщали у термостат. Як світловий режим – використовували режим темряви (Т).

Для зволоження повітря у термостаті на дні встановлювали піддон з дистильованою водою, яку замінювали кожні три доби. Для забезпечення вентиляції, щоденно на кілька секунд відкривали кришки чашок Петрі, а за потреби проводили зволоження дистильованою водою за допомогою пульверизатора.

Оцінювання та облік пророслого насіння під час визначення енергії проростання (перший облік) та схожості (остаточний облік) проводили у встановлені дослідним способом терміни. За першим (на п'яту добу) строком обліковували енергію проростання. Оцінювали нормально пророслі насінини, а також насінини з вираженими ознаками аномалій та гниття.

Для астрагалу серпоплідного, як і для багатьох бобових культур, властива часткова твердонасінність. Тому, непроросле насіння, яке залишалося на ложі і не бубнявіло, за дві доби до завершення пророщування (на 10 добу) надрізали гострим ланцетом з протилежного боку від зародка.

За обліку схожості (на 12 добу) проводили остаточні підрахунки – нормально проросле насіння, тверде, зігниле, насіння з вираженими ознаками аномалії проростків.

До нормально пророслого відносили насіння з добре і пропорційно розвиненими найбільш важливими структурами (корінець, сім'ядоля, колеоптіль). Ціле й здорове насіння з незначними дефектами тих структур, що не впливають на нормальний розвиток проростка. До них належать і нормально розвинені проростки з ознаками поверхневої інфекції, набутої від сусідніх хворих насінин.

До непророслого (твердого) відносили набубнявіле насіння, яке на момент остаточного обліку схожості не проросло, але має здоровий вигляд і за натискання пінцетом не роздавлюється.

До зігнилого відносили насіння з м'яким ендоспермом, що розклався, почорнілими або зігнілими зародками та корінцями.

До аномально пророслого відносили насіння, що має одне з таких порушень розвитку проростків: немає головного зародкового корінця, або він слаборозвинений чи деформований.

Статистичну обробку даних проводили з використанням стандартних комп'ютерних програм Statistica та Excel.

Результати досліджень та обговорення. Для встановлення особливостей проведення аналізування щодо визначення схожості насіння астрагалу серпоплідного було проведено ряд попередніх досліджень з підбору субстрату для ложе, способу пророщування та температурних режимів. Використання піску як субстрату для пророщування мало ряд недоліків. Астрагал серпоплідний належить до

дрібнонасінних культур, що ускладнювало підрахунок та оцінювання структури непророслого насіння. Недоцільним для застосування виявився і метод аналізування у фільтрі (вФ). У процесі обліковування пророслого насіння виникали незручності, які ускладнювали проведення робіт. Проростки прилипали до верхнього шару фільтрувального паперу та відокремлювалися від насінин, що унеможливило точний підрахунок. Оптимальним субстратом для пророщування виявився фільтрувальний папір, а спосіб пророщування – на папері (нФ), як з погляду зручності проведення пророщування, так і мінімізації процесів, що супроводжують проведення обліків та матеріальних витрат.

Для встановлення оптимального температурного режиму було застосовано шість варіантів постійних: +10 °C, +15 °C, +20 °C, +25 °C, +30 °C, +35 °C та вісім варіантів змінних температур: +10–20 °C, +10–25 °C, +10–30 °C, +15–20 °C, +15–25 °C, +15–30 °C, +20–25 °C, +20–30 °C.

Сталі температури витримували упродовж усього періоду аналізування. Змінні температурні режими застосовували у такий спосіб: нижчу температуру підтримували близько 16 год, вищу – близько 8 год. Кожен із температурних режимів витримували впродовж усього періоду аналізування з точністю ± 2 °C.

Як видно з даних наведених у таблиці 1, при застосуванні сталих температур для пророщування насіння найнижчі показники енергії проростання та схожості отримали за варіанта (+10 °C) – 4 та 9 % відповідно, найвищі – за варіанта (+25 °C) – 64 та 71 % відповідно.

За чотирьох інших застосованих температурних режимів показники енергії проростання та схожості відповідно становили: за (+15 °C) – 16 та 34 %; (+20 °C) – 42 та 59 %; (+30 °C) – 58 та 66 %; за (+35 °C) – 44 та 57 % (табл. 1).

У разі застосування змінних температурних режимів для пророщування насіння (табл. 2), найнижчі показники енергії проростання та схожості отримали у варіанті (+15–20 °C) – 41 та 60 % відповідно. Подібним до нього був варіант (+10–20 °C), де енергія проростання становила 43 %, а схожість – 61 %.

Найвищими показниками характеризувався варіант (+20–30 °C), де енергія проростання та схожість становили – 81 та 85 % відповідно. Подібним до нього був варіант (+15–25 °C), де енергія проростання становила 79 %, а схожість – 83 %. За чотирьох інших застосованих змінних температур, показники енергії проростання та схожості насіння становили – за (+10–25 °C) – 52 та 67 %; (+10–30 °C) – 60 та 71 %; (+15–30 °C) – 71 та 79 %; за (+20–25 °C) – 47 та 73 % відповідно (табл. 2).

Таблиця 1 – Результати аналізування схожості насіння за сталих температурних режимів

Субстрат (ложе)	Світловий режим	Температура, $\pm 2^\circ\text{C}$	Енергія проростання, %	Схожість, %
			5 доба	12 доба
На фільтрувальному папері (нФ)	Темрява (Т)	10	$4\pm 0,2$	$9\pm 0,4$
		15	$16\pm 0,6$	$34\pm 1,4$
		20	$42\pm 1,7$	$59\pm 1,9$
		25	$64\pm 1,9$	$71\pm 1,4$
		30	$58\pm 2,1$	$66\pm 2,0$
		35	$44\pm 1,7$	$57\pm 1,7$

Таблиця 2 – Результати аналізування схожості насіння за змінних температурних режимів

Субстрат (ложе)	Світловий режим	Температура, $\pm 2^\circ\text{C}$	Енергія проростання, %	Схожість, %
			5 доба	12 доба
На фільтрувальному папері (нФ)	Темрява (Т)	10–20	$43\pm 1,8$	$61\pm 1,2$
		10–25	$52\pm 2,1$	$67\pm 2,0$
		10–30	$60\pm 2,7$	$71\pm 2,3$
		15–20	$41\pm 1,7$	$60\pm 1,8$
		15–25	$79\pm 3,2$	$83\pm 1,7$
		15–30	$71\pm 2,8$	$79\pm 3,2$
		20–25	$47\pm 1,5$	$73\pm 2,2$
		20–30	$81\pm 1,3$	$85\pm 1,0$

Як видно з даних наведених у таблиці 1 та 2, пророщування насіння досліджуваного виду за постійних температур не забезпечує отримання об'єктивної оцінки якісних показників. Найвищі показники енергії проростання та схожості отримано за змінного температурного режиму ($+20\text{--}30^\circ\text{C}$).

Проведені експериментальні дослідження дали змогу встановити оптимальні параметри для проведення визначення схожості насіння астрагалу серпоплідного. Зокрема: субстрат для ложе та метод пророщування, температурний режим, строки обліковування енергії проростання та схожості насіння, наведені у

таблиці 3, які у подальшому будуть рекомендовані для включення у нормативний документ на методи визначення посівних якостей насіння астрагалу серпоплідного.

Подальші дослідження проводили із використанням встановленого оптимального температурного режиму: змінного ($+20\text{--}30^\circ\text{C}$). Як субстрат використовували фільтрувальний папір. Метод аналізування – на фільтрі (нФ). Строки обліковування: енергії проростання – 5 доба, схожості насіння – 12 доба (табл. 3).

Далі наводимо середні дані за результатами експериментальних досліджень. Повторність дослідів – триразова (табл. 4).

Таблиця 3 – Умови аналізування схожості насіння

Субстрат (ложе)	Температура, $^\circ\text{C}$ $\pm 2^\circ\text{C}$	Строки обліку, доба		Світловий режим
		першого	остаточного	
На фільтрувальному папері (нФ)	20–30	5	12	Темрява (Т)

Таблиця 4 – Результати визначення схожості насіння за температурного режиму (+20–30 °C)

Проросло за 12 діб	Повторність дослідів			Середній %
	I	II	III	
5	82±1,2	81±1,0	83±0,5	82±1,0
12	3±0,5	6±0,5	3±0,5	4±1,3
Нормальних, всього	85±1,0	87±1,0	86±0,5	86±0,7
Залишилось, всього	15±0,5	13±0,5	14±0,5	14±0,5
Тверді	9±0,7	7±0,5	8±0,3	8±0,6
Зігнилі: за підрахунку енергії проростання	0	0	0	0
за підрахунку схожості	6	6	6	6
всього зігнилих	6	6	6	6
Аномальні: за підрахунку енергії проростання	0	0	0	0
за підрахунку схожості	0	0	0	0
всього аномальних	0	0	0	0
Разом	100	100	100	100

Як видно з даних таблиці 4, середній відсоток пророслого насіння на день визначення енергії проростання (п'ята доба) становив 82±1,0, на день визначення схожості (12 доба) – 86±0,7. Середній відсоток непророслого насіння становив 14±0,5, з них 8±0,6 – твердого та 6 % зігнилого насіння. Отже, насіння астрагалу серпоплідного характеризувалося високими показниками енергії проростання та схожості – 82 і 86 % відповідно, що підтверджує позитивний вплив на пророщування насіння досліджуваного виду застосування змінного температурного режиму (+20–30 °C).

Таким чином, у процесі проведених лабораторних досліджень, щодо визначення схожості насіння астрагалу серпоплідного встановлено, що оптимальним субстратом є фільтрувальний папір, а спосіб пророщування – на папері. Пророщування рекомендовано проводити за змінної (+20–30 °C) температури.

Висновки. Експериментально встановлено оптимальні параметри визначення енергії проростання та схожості насіння астрагалу серпоплідного.

Визначено, що оптимальним субстратом для ложе є фільтрувальний папір. Спосіб пророщування – на папері (нФ). Оптимальним температурним режимом для пророщування є змінні (+20–30 °C) температури. Строки обліковування: енергії проростання – 5 доба, схожості – 12 доба.

За результатами досліджень підготовлено методичні рекомендації з визначення посівних якостей насіння астрагалу серпоплідного (*Astragalus falcatus* Lam.) [23], що рекомендовані для використання у науково-дослідній роботі лабораторій з визначення посівних якостей насіння сільськогосподарських і лікарських культур, під час викладання дисциплін рослинництво, насінництво та насіннезнавство, екологія та ін.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волошин О.І., Бачук-Понич Н.В., Кардаш Г.Я. Рослини роду Астрагал та їх застосування у клінічній і народній медицині. Фітотерапія. 2016. № 2. С. 7–10. URL: [file:///C:/Users/VS-2/Downloads/Fch_2016_2_3%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/VS-2/Downloads/Fch_2016_2_3%20(1).pdf).
2. Sutiashvili M.G., Alaniya M.D., Skhirtladze A.V. Chemical constituents of stems of *Astragalus falcatus* growing in Georgia. Chemistry of Natural Compounds. 2022. No 58 (2). P. 337–338. DOI: 10.1007/s10600-022-03672-3
3. Лисюк Р.М., Дармограй Р.Є., Хтей Х.І. Вивчення фенольного складу трави астрагалу серпоплідного. Науково-технічний прогрес і оптимізація технологічних процесів створення лікарських препаратів: матеріали VII наук.-пр. конф. Тернопіль. 2018. С. 27–28.
4. Дослідження макро- і мікроелементного складу надземних органів інтродукованих видів роду *Astragalus* / Р. Лисюк та ін. Scientific proceedings of the International network AgroBioNet «Biodiversity after the Chernobyl Accident». Nitra, Slovakia. 2016. P. 148–152. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/25184/1/Biodiversity%20after%20the%20Chernobyl%20Accident.%20Part%20II.pdf>.

5. Дослідна станція лікарських рослин ІАП НААН. Відділ технології вирощування лікарських рослин. 2013. URL: <http://dslr-naan.com.ua/zdobutki-2/tehnologiya/55-viddil-tehnologijiviroshchuvannya-likarskikh-roslin.html>

6. Бондарчук О.П., Рахметов Д.Б. Морфолого-біологічні особливості насіння рослин видів роду *Astragalus* L. (Fabaceae), інтродукованих у Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України. Молодий вчений. 2017. № 3 (43). С. 10–13. URL: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2017/3/3.pdf>.

7. Бондарчук О.П., Рахметов Д.Б. Продуктивність видів роду *Astragalus* L. в умовах інтродукції в Правобережному Лісостепу України. Інтродукція рослин. 2017. № 4. С. 11–18. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR_2017_4_3

8. Vahabinia F., Pirdashti H., Bakhshandeh E. Environmental factors' effect on seed germination and seedling growth of chicory (*Cichorium intybus* L.) as an important medicinal plant. Acta Physiol Plant. 2019. 41 (27). DOI: 10.1007/s11738-019-2820-2

9. Germination and seedling growth of a set of rapeseed (*Brassica napus*) varieties under drought stress conditions / S. Channaoui et al. Int J Agric Environ Biotechnol. 2017. 2. P. 487–494. DOI: 10.22161/ijeab/2.1.61.

10. Seed germination requirements of *Hypericum scruglii*, an endangered medicinal plant species of Sardinia (Italy) / M. Porceddu et al. Botany. 2020. 98 (10). P. 545–621. DOI: 10.1139/cjb-2020-0039.

11. Maternal source affects seed germination of a rare Arabian desert species (*Astragalus sieberi*) / A. Bhatt et al. Botany. 2021. 99 (6). P. 293–378. DOI: 10.1139/cjb-2020-0144.

12. Pedrini S. Seed enhancement: getting seeds restoration-ready. Ecological Restoration. 2020. 28(3). P. 266–275. DOI: 10.1111/rec.13184.

13. Dormancy breaking and germination of *Adenocarpus desertorum*, *Astragalus gines-lopezii* and *Hippocrepis grossii* (Fabaceae) seeds, three threatened endemic Spanish species / A. Schnadelbach et al. Seed Science and Technology, 2016. 44 (1). P. 1–14. DOI: 10.15258/sst.2016.44.1.04.

14. Панкова О.В., Мельничук О.А., Кубінська Л.А. Насіннєва продуктивність та якість насіння видів роду *Astragalus* L. в умовах Кременецького ботанічного саду. Молодий вчений. 2022. 2 (102). С. 12–16. DOI: 10.32839/2304-5809/2022-2-102-3.

15. Федько Р.М., Шевченко Т.Л., Калініна М.А., Федько Л.А. Вирощування лікарських рослин на сільських селітебних територіях: переваги та проблеми. Вісник аграрної науки. 2019. 7 (796). С. 68–74.

16. Куценко О.О., Глущенко Л.А., Куценко Н.І. Встановлення оптимальних зон насінництва перспективного сорту козятника лікарського Чародій та уточнення методичних питань щодо визначення посівних якостей його насіння. Збалансоване природокористування. 2020. № 2. С. 110–118. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2020.208820.

17. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чин-

ний від 2004-01-01]. Київ: Держстандарт України, 2003. 173 с.

18. ДСТУ 3657-97. Насіння ефіроолійних культур. Метод визначення схожості. [Чинний від 1993-07-01]. Київ: Держстандарт України, 1992. 12 с.

19. ДСТУ 2116-92. Насіння ефіроолійних культур. Метод визначення чистоти і відходу насіння. [Чинний від 1999-07-01]. Київ: Держстандарт України, 1998. 13 с.

20. ДСТУ 7018:2009. Насіння квітково-декоративних культур. Правила приймання і методи визначення якості. [Чинний від 2011-01-01]. Київ: Держстандарт України, 2010. 54 с.

21. Международные правила анализа семян / пер. с англ. Н.Н. Антошкиной. Москва: Колос, 1984. 310 с.

22. Визначення посівних якостей насіння астрагалу серпоплідного (*Astragalus falcatus* Lam.): методичні рекомендації / О.С. Дем'янюк та ін. Київ: ДІА, 2022. 24 с.

REFERENCES

1. Voloshyn, O.I., Bachuk-Ponych, N.V., Kardash, G.Ya. (2016). Roslyny astrahal ta yikh vykorystannya v klinichnyy ta narodnyy medytsyni [Astragalus plants and their use in clinical and folk medicine]. Fitoterapiya [Phytotherapy]. no. 2, pp. 7–10. Available at: [file:///C:/Users/VS-2/Downloads/Fch_2016_2_3%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/VS-2/Downloads/Fch_2016_2_3%20(1).pdf).

2. Sutiashvili, M.G., Alaniya, M.D., Skhirtladze, A.V. (2022). Chemical constituents of stems of *Astragalus falcatus* growing in Georgia. Chemistry of Natural Compounds. no. 58 (2), pp. 337–338. DOI: 10.1007/s10600-022-03672-3.

3. Lysyuk, R.M., Darmogray, R.E., Khtei, H.I. (2018). Vyvchennya fenolnoho skladu travy astrahalu [Study of the phenolic composition of astragalus herb]. Naukovo-tekhnichnyy prohres ta optymizatsiya tekhnolohichnykh protsesiv stvorenniya likarskykh zasobiv: materialy 7 nauk.-prof. konf. Ternopil [Scientific and technical progress and optimization of the technological processes of the creation of medicinal products: materials of the 7th Science-Prof. conf. Ternopil]. pp. 27–28.

4. Lysyuk, R., Darmogray, R., Zarytska, E., Galaburda, A., Yanovych, D., Bondarchuk, O., Rakhmetov, D. (2016). Vyvchennya makro- ta mikroelementnoho skladu nadzemnykh orhaniv introdikovanykh vydiv rodu *Astragalus* [Study of the macro- and microelement composition of aerial organs of introduced species of the genus *Astragalus*]. Naukovi pratsi Mizhnarodnoyi merezhi AgroBioNet «Bioriznomanittya pislya Chornobylskoyi katastrofy» [Scientific proceedings of the International network AgroBioNet «Biodiversity after the Chernobyl Accident»]. Nitra, Slovakia, no. 2, pp. 148–152. Available at: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/25184/1/Biodiversity%20after%20the%20Chernobyl%20Accident.%20Part%20II.pdf>.

5. Doslidna stantsiya likarskykh roslyn IAP NAN [Experimental station of medicinal plants of the IAP of the National Academy of Sciences]. Kafedra tekhnolohiy vyroshchuvannya likarskykh roslyn [Department of the technology of cultivation of medicinal plants].

2013. Available at: <http://dslr-naan.com.ua/zdobutki-2/tehnologiya/55-viddil-tehnologiji-viroshchuvannya-likarskikh-roslin.html>.

6. Bondarchuk, O.P., Rakhmetov, D.B. (2017). Morfolohichni ta biolohichni osoblyvosti nasinnya roslin rodu *Astragalus* L. (Fabaceae), introdukovanykh u Natsionalnomu botanichnomu sadu imeni M.M. Hryshka NAN Ukrainy [Morphological and biological features of the seeds of plants of the genus *Astragalus* L. (Fabaceae), introduced in the National Botanical Garden named after M.M. Hryshka of the National Academy of Sciences of Ukraine]. *Molodyy vchenyy* [A young scientist]. no. 3 (43), pp. 10–13. Available at: <http://molodyyvcheny.in.ua/files/journal/2017/3/3.pdf>.

7. Bondarchuk, O.P., Rakhmetov, D.B. (2017). Produktivnist vydiv rodu *Astragalus* L. v umovakh introduktsiyi v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Productivity of *Astragalus* L. species under conditions of introduction in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Introduktsiya roslin* [Introduction of plants]. no. 4, pp. 11–18. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR_2017_4_3

8. Vahabinia, F., Pirdashti, H., Bakhshandeh, E. (2019). Environmental factors' effect on seed germination and seedling growth of chicory (*Cichorium intybus* L.) as an important medicinal plant. *Acta Physiol Plant.* no. 41 (27). DOI: 10.1007/s11738-019-2820-2

9. Channaoui, S., Kahkahi, R., Charafi, J., Mazouz, H., Fechtali, M., Nabloussi, A. (2017). Germination and seedling growth of a set of rapeseed (*Brassica napus*) varieties under drought stress conditions. *Int J Agric Environ Biotechnol.* no. 2, pp. 487–494. DOI: 10.22161/ijeab/2.1.61.

10. Porceddu, M., Sanna, M., Serra, S., Manconi, M., Bacchetta, G. (2020). Seed germination requirements of *Hypericum scutellarioides*, an endangered medicinal plant species of Sardinia (Italy). *Botany.* no. 98 (10), pp. 545–621. DOI: 10.1139/cjb-2020-0039

11. Bhatt, A., Caron, M., Moura, P., Filho, S., Gallacher, D. (2021). Maternal source affects seed germination of a rare Arabian desert species (*Astragalus sieberi*). *Botany.* no. 99 (6), pp. 293–378. DOI: 10.1139/cjb-2020-0144.

12. Pedrini, S., Balestrazzi, A., Madsen, M., Bhalasing, K., Hardegree, S., Dixon, K., Kildisheva, O. (2020). Seed enhancement: getting seeds restoration-ready. *Ecological Restoration.* no. 28(3), pp. 266–275. DOI: 10.1111/rec.13184.

13. Schnadelbach, A., Veiga-Barbosa, L., Ruiz, C., Pita, J.M., Perez-Garcia, F. (2016). Dormancy breaking and germination of *Adenocarpus desertorum*, *Astragalus gines-lopezii* and *Hippocrepis grossii* (Fabaceae) seeds, three threatened endemic Spanish species. *Seed Science and Technology.* no. 44 (1), pp. 1–14. DOI: 10.15258/sst.2016.44.1.04.

14. Pankova, O.V., Melnychuk, O.A., Kubinska, L.A. (2022). Nasinnyeva produktyvnist ta yakist nasinnya vydiv *Astragalus* L. v umovakh Kremetskoho botanichnoho sadu [Seed productivity and seed quality of *Astragalus* L. species under the conditions of the Kremets Botanical Garden]. *Molodyy*

vchenyy [A young scientist]. no. 2 (102), pp. 12–16. DOI: 10.32839/2304-5809/2022-2-102-3.

15. Fedko, R.M., Shevchenko, T.L., Kalinina, M.A., Fedko, L.A. (2019). Kultyvuvannya likarskykh roslin u silskiy mistsevoosti: perevahy ta problemy [Cultivation of medicinal plants in rural settlement areas: advantages and problems]. *Visnyk ahraryoi nauky* [Herald of Agrarian Science]. no. 7 (796), pp. 68–74.

16. Kutsenko, O.O., Hlushchenko, L.A., Kutsenko, N.I. (2020). Vstanovlennya optymalnykh zon nasinnytstva perspektyvnoho sortu molochayu kozlyatnyka Charodiya ta utochnennya metodychnykh pytan shchodo vyznachennya posivnykh yakostey yoho nasinnya [Establishing the optimal zones for seed production of the promising variety of Charodiys goats milkweed and clarifying methodological issues regarding the determination of the sowing qualities of its seeds]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya* [Balanced nature management]. no. 2, pp. 110–118. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2020.208820.

17. DSTU 4138-2002. Nasinnya silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennya yakosti. [Chynnyy vid 01.01.2004] [Seeds of agricultural crops. Quality determination methods. [Effective from 2004-01-01]]. Kyiv, 2003, State standard of Ukraine, 173 p.

18. DSTU 3657-97. Nasinnya efirooliynykh kultur. Metod vyznachennya skhozhosti. [Chynnyy vid 01.07.1993] [Seeds of essential oil crops. Method for determining germination. [Effective from 1993-07-01]]. Kyiv, 1992, State standard of Ukraine, 12 p.

19. DSTU 2116-92. Nasinnya efirooliynykh kultur. Metod vyznachennya chystoty i vidkhotu nasinnya. [Chynnyy vid 1999-07-01] [Seeds of essential oil crops. Method for determining the purity and waste of seeds. [Effective from 1999-07-01]]. Kyiv, 1998, State standard of Ukraine, 13 p.

20. DSTU 7018:2009. Nasinnya kvitkovo-dekorativnykh kultur. Pravyla pryymannya i metody vyznachennya yakosti. [Chynnyy vid 2011-01-01] [Seeds of flower and decorative crops. Acceptance rules and methods of determining quality. [Effective from 2011-01-01]]. Kyiv, 2010, State standard of Ukraine, 54 p.

21. Mezhdunarodnye pravyla analiza semyan / per. s anhl. N.N. Antoshkynoy [International rules of seed analysis / trans. with English N.N. Antoshkina]. Moscow, Kolos, 1984, 310 p.

22. Demyaniuk, O.S., Kichigina, O.O., Kutsenko, N.I., Hlushchenko, L.A., Tsybro, Yu.A., Chernenko, V.A., Gavrilyuk, L.V., Parenjuk, V.V., Kutsenko, O.O., Olkhovich, S.Ya. (2022). Vyznachennya posivnykh yakostey *Astragalus falcatus* Lam. nasinnya [Determination of sowing qualities of *Astragalus falcatus* Lam. seeds]. *Nastanovy* [Guidelines]. Kyiv, 24 p.

Establishing the optimal parameters of determining the sicklepod seed germination (*Astragalus falcatus* Lam.)

Kichigina O., Demyanyuk O., Havryliuk L., Kutsenko N.

Establishing the good quality of the seed material and the sowing qualities of the seeds is one of the important aspects of the successful cultivation of

sicklepod. At the same time, control of the seed material of medicinal plants, the requirements of which must be consistent with the international standards and the requirements of the «Guidelines on good cultivation and harvesting practice» (GACP) of raw materials of plant origin is impossible without establishing methods for determining its seed qualities. Special attention in the study of these issues should be paid to the seeds of medicinal plants that are grown in culture for a short time, such as sicklepod (*Astragalus falcatus* Lam.). It should be noted that germination is a standardised and most important indicator of seed quality, which is the basic indicator for the purchase and sale of seeds and the release of seeds for sowing. After all, germination rate established by the standard ensures normal germination of seeds in field conditions, formation of optimal crop density and crop yield. However the conducted patent search – analysis of scientific literature and regulatory documents – showed that in Ukraine for a wide range of medicinal and essential oil crops, in partic-

ular sicklepod, there are no regulatory documents (current standards) on methods of determining sowing qualities and technical conditions for seeds. Therefore, the purpose of the research was to establish the peculiarities of sicklepod seed germination determining using standard procedures and methods that are applied in domestic and international practice. The methodological approaches used for other crops in regulatory documents both in force in Ukraine and abroad were taken into account. The optimal parameters for determining the germination energy and germination rate of sicklepod seeds were experimentally determined. It was established that the optimal substrate is filter paper, and the germination method – on the filter. The optimal temperature regime for germination is variable (+20–30 °C) temperatures. Accounting periods: germination energy – 5 days, germination – 12 days.

Key words: sicklepod, sowing qualities of seeds, determination methods, germination, substrate, germination method, temperature regime.



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



ORCID iD:

Кічігіна О.О.

Дем'янюк О.С.

Гаврилюк Л.В.

Куценко Н.І.

<https://orcid.org/0000-0003-0879-627X>

<https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>

<https://orcid.org/0000-0001-6901-0766>

<https://orcid.org/0000-0002-4777-1860>

УДК 631.53/.547.2-021.387:634.75:613.12

Розробка окремих елементів протоколу сталого росту та розмноження суниці садової (*Fragaria ananassa* Duch.) в асептичних умовах

Мацкевич В.В. , Філіпова Л.М. , Мацкевич Ю.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Мацкевич В.В., Філіпова Л.М., Мацкевич Ю.В. Розробка окремих елементів протоколу сталого росту та розмноження суниці садової (*Fragaria ananassa* Duch.) в асептичних умовах. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 172–186.

Matskevych V., Filipova L., Matskevych Yu. Development of individual elements of a protocol for sustainable growth and propagation of garden strawberries (*Fragaria ananassa* Duch.) under aseptic conditions. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 172–186.

Рукопис отримано: 03.10.2023 р.

Прийнято: 18.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-172-186

Суниця садова (*Fragaria ananassa* Duch.) є одним із найцінніших фруктів, попит на який на продовольчому ринку стабільно високий. Одним з обмежуючих чинників одержання стабільно високих урожаїв високої якості суниці є наявність захворювань, спричинених бактеріями, фітоплазмами, вірусами, віроїдами. З метою інтенсифікації технології вирощування суниці садової актуальною є проблема виробництва у значних обсягах генетично константного, вільного від збудників хвороб матеріалу. Актуальними технологіями, які дозволяють масово виробляти садивний матеріал з високою фітосанітарною та генетичною якістю, є застосування біотехнологічних методів. Мета дослідження – оновлення протоколу мікроклонального розмноження суниці садової для отримання безвірусного садивного матеріалу. Дослідження проводили в умовах лабораторії мікроклонального розмноження ТОВ «Благодатне» (Тевітта™) Черкаської області на суниці садовій сортів Альба та Презент. Серія досліджень проведена за принципом «step by step» на двох типах експлантів: бруньки і меристеми.

Досліджено детермінанти отримання асептичної культури із брунькових та меристемних експлантів. Трофічний вплив досліджено на середовищах з різним умістом мінеральної частини (на етапі мультиплікації) та концентрацій сахарози на етапі ризогенезу.

Із фітогормональних детермінант на етапі мультиплікації серед досліджуваних кращою була комбінація речовин із цитокініновою активністю у складі: БАП 0,2 мг/л та кінетин 0,8 мг/л. Ефективним для збільшення коефіцієнта розмноження є додавання 0,1 мл/л препарату Gibb plus (ГК₄ + ГК₇).

Вирощування донорів експлантів на середовищі із БАП 0,2 мг/л, кінетин 0,3 мг/л, аденін 0,5, порівняно з контролем – БАП 1,0 мг/л, покращує ризогенез регенерантів. Найвищі показники коренеутворення виявлено на варіанті із 4 % сахарози (40 г/л).

Ключові слова: розмноження, мікроклональне розмноження, асептична культура, трофічна і гормональна детермінація.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Суниця садова (*Fragaria ananassa* Duch.), що належить до родини Розовцевих, є одним із найцінніших фруктів. Цінність суниці полягає у її смакових якостях, ароматі, свіжості, можливостях заморожування та переробки. Вона містить відносно велику кількість елагової кислоти, яка має широкий спектр біологічної активності. Також у її складі міститься багато корисних дієтичних компонентів, зокрема вітаміни, мінерали, фолієва кислота та

клітковина. Суниця садова є багатим джерелом фітохімічних сполук, представлених переважно поліфенолами, містить протиканцерогенні сполуки та допомагає запобігти віковій втраті пам'яті [1]. У плодах є сполуки, які знижують ризик серцево-судинних захворювань й тромбозів. Одна з ефективних протитромбозних речовин, які є в суниці, – аденозин [2].

Проте, незважаючи на високі споживчі, лікувальні якості та високий сільськогосподарський потенціал, є обмеження для її вирощування.

щування через наявність захворювань, зокрема спричинених бактеріями, фітоплазмами, вірусами, віроїдами. Це пов'язано з тим, що створені людиною штучні агробіоценози є нестійкими як до біотичних, так і абіотичних чинників, це призводить до фізіологічних та інфекційних захворювань.

За даними лабораторно-виробничого комплексу Фармер ЮА [3], в Україні на суниці найбільш поширені 16 фітопатогенів: 9 вірусів, 4 грибних збудника, 1 бактерія, 1 фітоплазма. В Інституті садівництва НААН (відділ вірусології, оздоровлення і розмноження плодівих і ягідних культур) для суниці проводять діагностику на такі внутріклітинні патогени [5]: 1. Вірус зморшкватості суниці (SCV). 2. Вірус легкого пожелтіння країв суниці (SMYEV). 3. Вірус крапчастості суниці (SMoV). 4. Вірус обрамлення жилок суниці (SVBV). 5. Вірус мозаїки резухи (ArMV). 6. Вірус кільцевої плямистості малини (RRSV). 7. Вірус латентної кільцевої плямистості суниці (SLRSV). 8. Вірус чорної кільчастості томатів (ToBRV). 9. Фітоплазми суниці. 10. Вірус кільцевої плямистості томатів (ToRSV). 11. Вірус мозаїки яблуни (ApMV).

Грибну й частково бактеріальну інфекцію можливо контролювати засобами захисту, проте віруси, віроїди і фітоплазми є внутрішньоклітинними паразитами. Їх достовірно можна позбутися, лише знищивши самого господаря.

Сприяє поширенню фітопатогенів розвиток логістичної індустрії, зокрема в аграрному розсадництві. Наприклад, список фітоплазм розширюється неєвропейськими фітоплазмами: *Cydonia* Mill., *Fragaria* L., *Malus* Mill., *Prunus* L., *Pyrus* L., *Ribes* L., *Rubus* L. і *Vitis* L. [4].

Більшість патогенів є поліфагами, тобто можуть мати багато господарів, що сприяє їх поширенню. Наприклад, фітоплазма, що спричинює жовтяницю айстр, заражає багато інших рослин, зокрема, моркву, селеру, суницю [6].

Фітоплазми – специфічна група фітопатогенних організмів, що мають проміжну форму життя між бактеріями та вірусами. Вони є поліморфними організмами. Клітини їх, здебільшого, округлі, але деякі мають подовжену або гантелеподібну форму. Один і той же фітоплазмовий організм може мати клітини різних розмірів і форм. Зокрема, у клітинах флоєми стовбурних рослин тютюну наявні фітоплазми сферичної, овальної, витягнутої та інших форм. Діаметр клітин 0,1–1 мкм [6]. Цей внутрішньоклітинний паразит на свою користь змінює вигляд й специфічні ознаки своїх господарів. Наприклад, рослини суниці із симптомами філодії, гіпертрофією сім'янок і почер-

вонінням листя [7]. Фітоплазми перетворюють квітки у листки, зумовлюють хворобливе розростання пагонів, збільшуючи привабливість рослини для комах – переносників фітоплазми. Хвора рослина втрачає здатність до розмноження й гине [8].

Фітоплазми не мають справжньої клітинної стінки, оточені тришаровою елементарною мембраною, чим відрізняються від бактерій. Порівняно з вірусами для них характерні клітинна будова та здатність розмножуватися на штучних живильних середовищах. На щільних середовищах вони утворюють дрібні специфічні колонії, що на вигляд нагадують «яєчно-глазуню». На відміну від вірусних частинок, у клітинах фітоплазм наявні два типи нуклеїнових кислот (ДНК та РНК) та рибосоми, за розмірами подібні до рибосом бактерій. Фітоплазми, на відміну від бактерій, є стійкими до пеніциліну, але порівняно з вірусами чутливі до тетрацикліну [8, 9].

Віруси є меншими за розмірами та простішої будови ніж фітоплазми. Ці патогени складаються з двох частин: носія генетичної інформації (ДНК або РНК) та захисної оболонки. Тимчасом ще простішими є віроїди, у яких є лише нуклеїнові кислоти. Віруси, віроїди не можуть жити поза клітинами жертв або переносників. Переносниками є найчастіше попелиці: сунична (*Chaetosiphon fragaefolii*), баштанна (*Aphis gossypii*), зелена персикова (*Myzus persicae*) [10]. Персистентні віруси здатні тривалий час зберігатися і навіть розмножуватися в організмі переносника.

До персистентних вірусів належить поширений вірус зморшкватості суниці (SCV). За введення очищеного вірусу SCV розмножується в попелицях [11]. Вірус слабкого пожелтіння країв суниці (*Strawberry mild yellow edge*, SMYE) – лише переноситься попелицями, тобто не розмножується в їх організмі декілька тижнів [8]. Вірус обрамлення жилок суниці (SVBV) живе в стилеті попелиці впродовж 1–4 діб, однак цього достатньо щоб за наявності незначної кількості вірусних рослин плантація на третій рік була без урожаю [12].

Не зважаючи на інтенсивне застосування пестицидів, посадковий матеріал може бути заражений збудниками грибних та бактеріальних хвороб: *Rhizoctonia*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora*, *Verticillium dahliae*, *Pythium*, *Colletotrichum* spp., *Mycosphaerella fragariae*, *Ramularia tulasnei*, *Phomopsis obscurans*, *Xanthomomas fragariae* [8].

Актуальними технологіями, які дозволяють масово виробляти садивний матеріал з високою фітосанітарною та генетичною якістю

є застосування біотехнологічних методів: культури меристем та ПЛР діагностика [15, 16]. Меристемні методи – це біотехнологічні процеси ізолювання, регенерації та культивування рослин *in vitro* для звільнення від патогенних та контамінуючих мікроорганізмів, які широко використовують для отримання однорідного генетичного матеріалу рослин впродовж короткого періоду часу і у промислових кількостях [17].

Першими, хто рекомендував використовувати культуру меристем для знищення вірусів *Fragaria* були P.W. Miller та R.O. Belkengren [18]. A.N. Adams першим застосував мікророзмноження полуниці [19]. S. Nishi та K. Oosawa розробили біотехнологічний спосіб масового розмноження безвірусних рослин суниці [20].

Ще у минулому столітті дослідники встановили, що рослинам *ex vitro* властива більша кількість листків та вища продуктивність погонів [21–23]. Подібні результати підтверджуються також в умовах комерційного промислового вирощування суниці, наприклад в Україні згідно з досвідом компанії Тевітта™ [24]. Не зважаючи на те, що мікроклональне розмноження (МКР) суниці триває понад пів століття [17–23], технологія потребує удосконалення, оптимізації.

Мета дослідження – оновлення протоколу отримання безвірусного садивного матеріалу суниці.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження, а саме перші три з чотирьох етапів

МКР суниці сортів Альба та Презент, проводили в умовах лабораторії мікроклонального розмноження ТОВ “Благодатне” (Тевітта™) Черкаської області. Рослинні об’єкти культивували у скляних банках об’ємом 200 мл, накритих стійкими до автоклавування поліпропіленовими кришками (рис. 1).

У досліджах використовували три модифіковані агаризовані середовища, які відрізнялися за вмістом мінеральних елементів (табл. 1). Більшість дослідників у своїх дослідженнях із суницею застосовують пропис середовища за Мурасіге і Скутом [16, 19, 20, 22, 23, 25, 29] – універсальне середовище для багатьох культур (надалі MS). Також нами використано два прописи, які розроблено В. В. Мацкевичем: для актинідії (№ 1) та малини (№ 2) [26]. Кислотність (pH) $5,65 \pm 0,1$.

Синтетичні аналоги гормонів, які належать до трьох класів, додавали згідно з етапами мікроклонального розмноження та схемами дослідів. Зокрема, це: ауксинова активність – індолілмасляна кислота (ІМК), індолілоцтова кислота (ІОК); цитокінінова активність – бензиламінопурин (БАП), кінетин та аденін; гіберелінова активність – гіберелова кислота № 3 (ГК₃) та комерційний препарат Гібб плюс (Gibb plus) (Глобалхем Н.В.), що містить в собі суміш гіберелових кислот 4 і 7 (75 % ГК₄ і ГК₇) [28].

Фотоперіод 16 годин на добу, інтенсивність освітлення 2,4 кЛюкс. Температура культивування 24 ± 2 °C.

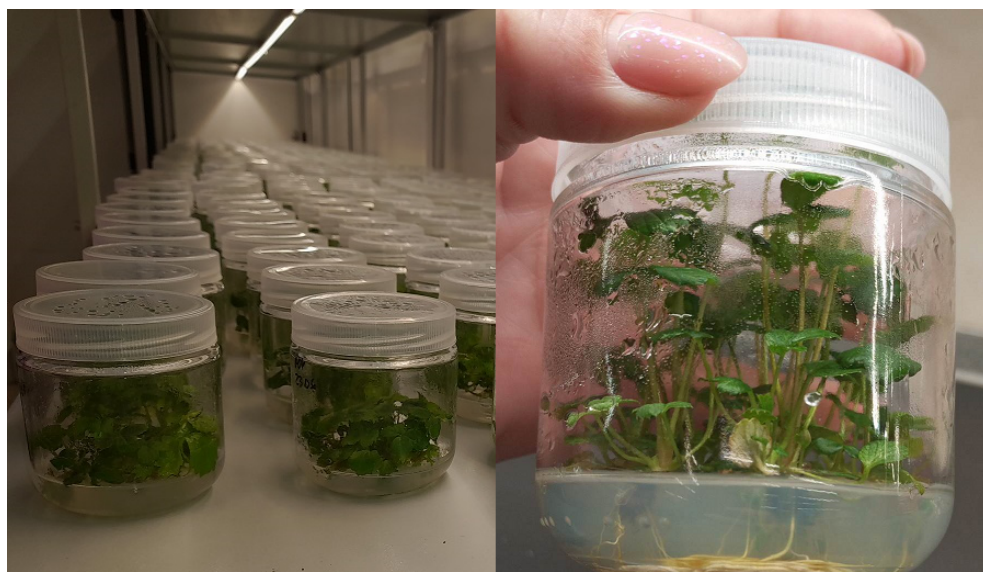


Рис. 1. Асептичне культивування об’єктів у ємностях об’ємом 200 мл.

Таблиця 1 – Мінеральні компоненти середовищ, мг/л

Компонент середовища		MS	№ 1	№ 2
Макросолі				
NH_4NO_3		1650,0	417	1250
KNO_3		1900,0	367	1100
KH_2PO_4		170,0	324	970
$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$		370,0	257	770
Сполуки кальцію				
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$		-	293	440
$\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$		440,0	-	-
Хелатні комплекси заліза				
*“зелений розчин”	$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	27,80	18,54	34,75
	$\text{Na}_2\text{EDTA} \times 2\text{H}_2\text{O}$	37,30	24,7	46,63
“червоний розчин” – Ferrilene 4.8 Orto – Orto		-	62,17	114,63
Мікроелементи				
H_3BO_3		6,2		
$\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$		22,3		
$\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$		0,025		
$\text{CuSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$		0,025		
$\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$		8,6		
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$		0,25		
KJ		0,83		

*Хелати заліза мали у першому випадку світло-зелений колір, а в іншому – насичений темно-червоний. Залежно від схеми окремих дослідів застосовували лише один із вказаних розчинів.

У дослідях використали два типи експлантів: бруньки і меристеми. Донорні рослини вирощували в умовах поля, закритого ґрунту та спеціалізованого приміщення – депозитарію. Для ізоляції експлантів взимку (11.01.2023) материнські рослини за два тижні заносили в опалюване приміщення. У депозитарії донори вирощували за розсіяного освітлення та контрольованого волого-температурного режиму із запобіганням появі переносників (кліщів, попелиць, трипсів та інших комах) збудників хвороб.

Стерилізацію матеріалу для ізоляції бруньок проводили у розчині препарату Бланідас 300 з попереднім замочуванням у розчинах фунгіциду Фунгіцид Магнікур Енерджі (Превікур Енерджі) згідно з раніше розробленими власними методиками [26, 27]. Наявність контамінантів (грибів, бактерій) визначали

візуально за їх появою на поверхні або помутніння живильного середовища.

МКР суніці, як і більшості культур, складається з наступних етапів:

- етап “0” – підготовчий (підбір та культивування донорів первинних експлантів);
- етап I – деконтамінація, первинне асептичне культивування;
- етап II – передбачає мультиплікацію рослин *in vitro*;
- етап III – індукція і власне процес ризогенезу в регенерантів;
- етап IV – постасептична адаптація *ex vitro* відбувається поза асептичної частини лабораторії в спеціалізованих приміщеннях закритого ґрунту.

Серія досліджень проведена за принципом «step by step». Тобто кращий варіант попереднього дослідів був контрольним у наступному.

Результати дослідження та обговорення. На етапі "0" встановили вплив способів підготовки материнських рослин донорів експлантів на ефективність деконтамінації та регенераційний потенціал брунькових і меристемних експлантів (табл. 2).

Встановлено сортову особливість щодо наявності контамінантів та кількості регенованих рослин з експлантів. Зокрема, сорт Альба за обома показниками в усіх трьох варіантах переважав сорт Презент. Найбільше випадків контамінування мікрофлорою як брунькових, так і меристемних експлантів, було на варіанті культивування донорних материнських рослин в умовах поля (відкритий ґрунт). Вважаємо, це пов'язано зі складністю контролювання поширення контамінантів. Причиною низького регенераційного потенціалу є факторонестатичні умови перебігу онтогенезу материнських рослин. Це впливає на проходження ембіонального етапу як бруньок, так і меристем, зокрема.

Отже, для подальших досліджень відібрано варіант вирощування донорів експлантів у депозитарії. З цих донорів ізолювали експланти у різні пори року. Не зважаючи на те, що приміщення депозитарію ізольоване від низки сезонних чинників впливу на приживлюваність та деконтамінацію, показники у варіантах були різними (табл. 3). Кращі показники як у випадку брунькових, так і меристемних експлантів, отримано за ізоляції експлантів 15.03.2023.

Технологічно найнижчі показники відмічено у випадку введення в асептичну культур експлантів у серпні. Встановлено також сортову реакцію на сезонність. За перших двох термінів ізоляції (11.01.2023 і 15.03.23) сорту Альба були властиві вищі показники регенерації, в останніх двох термінах (04.04.2023 та 07.08.2023) сорт Презент мав вищий відсоток експлантів, які регенерували. Стосовно кількості контамінованих експлантів за усіх чотирьох термінів відбору вищий відсоток був у сорту Презент як у брунькових, так і меристемних експлантів.

Таблиця 2 – Вплив умов вирощування донорів експлантів на їх контамінування та приживлюваність, % (ізоляція 11.01.2023)

Показник	Умови вирощування донорів експлантів					
	Депозитарій		Закритий ґрунт		Поле	
	Сорт					
	Альба	Презент	Альба	Презент	Альба	Презент
Бруньки						
Контаміновано, %	14	24	21	57	68	71
Прижилось, %	84	68	26	19	16	11
Меристеми						
Контаміновано, %	3	5	12	16	21	36
Прижилось, %	19	12	11	7	8	4

Таблиця 3 – Вплив сезонності контамінування та приживлюваність експлантів, %

Показник	Дата ізоляції донорів							
	11.01. 2023		15.03.23		04.04. 2023		07.08. 2023	
	Сорт							
	*А	П	А	П	А	П	А	П
Бруньки								
Контаміновано, %	14	24	19	30	11	16	24	32
Прижилось, %	84	68	86	79	61	65	53	62
Меристеми								
Контаміновано, %	3	5	5	7	5	6	11	19
Прижилось, %	19	12	27	23	18	19	13	15

*Скороченням «А» відповідає сорт Альба, «П» – сорт Презент.

На етапах отримання асептичної культури та мультиплікації середовище MS використано як контрольне. В усі середовища додавали: бензиламінопурин (БАП) 1,0 мг/л та ІМК 0,1 мг/л.

Порівняння середовищ проводили, висаджуючи ізолювані бруньки та меристеми (табл. 4). Доцільність дослідження двох видів експлантів пов'язана з їх диференційованим застосуванням. Брунькові експланти дають менше калюсів і порівняно з меристемними мають швидші темпи регенерації. Їх технологічно доцільно використовувати за умов наявності маточних рослин, вільних за результатами діагностики від вірусів та інших збудників хвороб. Меристемні експланти попри довший період регенерації та менший відсоток приживання є єдиним видом експлантів, якщо донори експлантів містять збудники хвороб.

Експлантам на середовищі MS був властивий як прямий морфогенез, так і непрямий через калюсоутворення. Як відомо, непрямий морфогенез відбувається через дедиференціацію й потім деференціацію клітин калюсних тканин. На цих етапах зростає ймовірність втрати генетичної константності [17, 26]. Це є технологічно неприпустимим під час застосування біотехнологічних методів у розсадництві.

За порівняння двох типів експлантів на середовищах з однаковим умістом біологічно активних речовин встановлено, що менший відсоток експлантів з ознаками формування калюсних тканин був у брунькових експлантів. Зокрема, по сорту Альба у брунькових експлантів на контрольному середовищі було 4 % експлантів, тимчасом всього живими – 86 %, у сорту Презент відповідно 9 і 79 %.

У меристемних експлантів за меншої приживлюваності – всього 27 % у сорту Альба й 23 % у сорту Презент, калюсогенез становив відповідно 15 і 17 %. Також на контрольному середовищі була візуально більша кількість вітрифікованих регенерантів.

Серед порівнюваних середовищ для отримання регенерантів як з бруньок, так і з меристем, кращим було середовище № 1, яке мало відносно менший уміст мінеральних елементів (табл. 1). Вважаємо, що порівняно нижча концентрації елементів у живильному розчині зменшує стрес на етапі переходу рослинних об'єктів *in vivo* – *in vitro*.

Варіант середовища № 2 за досліджуваними показниками займав проміжне положення між MS та № 1.

Процеси морфогенезу детермінуються не лише трофічними елементами, а також біологічно активними речовинами, зокрема, біологічно активними речовинами вторинного походження (вторинними метаболітами). Вони не є джерелом енергії або будівельним матеріалом, однак визначають напрями і швидкість онтогенезу. Домінантними такими речовинами є фітогормони, або їх штучно синтезовані аналоги.

У дослідженнях на етапі отримання морфогенної асептичної культури випробувано такі синтетичні аналоги цитокінінів: бензиламінопурин, кінетин та речовина, з якої рослинні клітини самі синтезують природний цитокінін – бензиламінопурин (табл. 5). Порівняно варіанти із додаванням по 1,0 мг/л БАП, кінетину, аденіну та сумісне додавання цих цитокінінів у сумарній кількості 1,0 мг/л (три речовини по 0,333 мг/л).

Таблиця 4 – Особливості морфогенезу первинних експлантів на різних живильних середовищах, % (ізоляція донорів 15.03.23)

Середовище	MS (контроль)		№ 1		№ 2	
Сорт	Альба	Презент	Альба	Презент	Альба	Презент
Бруньки						
Прижилося всього	86	79	94	91	90	86
Прямий морфогенез	82	70	92	87	84	79
Калюсогенез	4	9	2	4	6	7
Меристеми						
Прижилося всього	27	23	47	34	36	27
Прямий морфогенез	12	6	41	26	25	14
Калюсогенез	15	17	6	8	11	13

Таблиця 5 – Регенерація експлантів на середовищі № 1 з різним умістом цитокінінів на фоні 0,1 мг/л ІМК

	БАП 1,0 мг/л (контроль)		Кінетин 1,0 мг/л		Аденін 1,0 мг/л		БАП, кінетин, аденін по 0,333 мг/л	
	*А	П	А	П	А	П	А	П
Бруньки								
Прижилось, %	93	90	93	91	91	87	95	92
Морфогенних, %	83	77	80	69	56	43	89	82
Вітрифікованих, %	11	17	2	6	1	3	1	3
Меристеми								
Прижилось, %	48	32	46	33	44	29	57	49
Морфогенних, %	44	29	41	24	16	12	36	32
Вітрифікованих, %	13	17	7	9	3	4	4	7

*Скороченням “А” відповідає сорт Альба, “П” – сорт Президент.

За показником приживлюваності брунькових експлантів варіанти суттєво не відрізнялися. Приживалося від 90 до 95 % бруньок. У випадку меристемних експлантів кращі показники приживлюваності встановлено на варіанті сумісного додавання речовин. З меристем сорту Альба приживалося в середньому 57 %, у сорту Президент – 49 %. На решті варіантів приживлюваність меристемних експлантів становила у сорту Альба 44–48 %, а у сорту Президент – 29–33 %. Тобто різниця в межах одного чи іншого сорту становила п'ять відсотків, що є на рівні розрахункової помилки.

Кращий показник приживлюваності на середовищі із сумішшю гормонів, на нашу думку, пов'язаний з тим, що фітогормони у різних формах детермінують різні процеси [26, 27, 30]. Також на середовищі із одночасним додаванням по 1/3 кількості БАПу, кінетину й аденіну відмічено найменший показник гіпергідратації тканин (вітрифікації).

Найбільше морфогенних як брунькових, так і меристемних експлантів було за додавання бензиламінопурину. У сорту Альба морфогенез відбувся на середовищі з БАП у бруньок 83 % і у меристем 44 %, у сорту Президент відповідно 77 і 29 %. Водночас, на цьому варіанті кількість вітрифікованих експлантів обох типів становила від 11 до 17 %.

У меристемних експлантів, порівняно з бруньковими, відмічено більше вітрифікованих регенерантів. Вважаємо, що це зумовлено комплексом чинників, такими як, зокрема, різні рівні метаболізму неоднакових за розмірами

первинних експлантів (наявність ендогенних фітогормонів, ферментів, їх транспорту), різні анатомічні особливості та неоднаковий рівень порушення кореляційних взаємозв'язків між частинами цілісного організму, різне співвідношення розміру експланта і раневої поверхні.

Варіант із кінетином поступався за кількістю морфогенних експлантів, але мав меншу кількість регенерантів з гіпергідратованими тканинами. Також візуально регенеранти мали більші листкові пластинки.

На середовищі з аденіном (1,0 мг/л) відсоток вітрифікованих рослин був найнижчим. Водночас кількість морфогенних меристемних експлантів також була найнижчою: 16 % у сорту Альба і 12 % у сорту Президент.

Враховуючи високий відсоток гіпергідратованих регенерантів та ефект накопичення фітотоксичного надлишку цитокінінів, є потреба підбору комбінацій гормонів, які б забезпечували сталі показники морфогенності експлантів. Тому в подальшому нами випробувано комбінації з поєднанням гормонів класу цитокінінів (табл. 6). Контролем був БАП у кількості 1,0 мг/л. У решті варіантів кількість цієї речовини зменшено у п'ять разів, тобто до 0,2 мг/л. До 0,2 мг/л БАПу залежно від варіанта додано: 0,8 мг/л кінетину; 0,3 мг/л кінетину + 0,5 аденіну; 1,0 мг/л кінетину + 1,0 мг/л аденіну. Найбільше приживалося, були морфогенними й встановлено найменший відсоток з гіпергідратованими тканинами в обох видів експлантів на варіанті із сумісним додавання 0,2 мг/л БАП, кінетину 1,0 мг/л, аденіну 1,0 мг/л.

Порівняно з контролем залежно від сорту приживлюваність брунькових експлантів зростала на 1–3 %. Кількість меристем, що прижилися, зростала із 48 % на контролі до 56 % у сорту Альба, у сорту Презент із 32 до 51 % відповідно. Інші варіанти (БАП 0,2 + Кінетин 0,8; БАП 0,2 + Кінетин 0,3 + Аденін 0,5) поступалися контролю як за приживлюваністю, так і кількістю морфогенних експлантів. Проте кількість регенерантів з ознаками гіпергідратації в брунькових експлантах становила на рівні 0–3 %, у меристемних 1–5 %. За досліджуваних концентрацій встановлено обернену залежність між кількостями морфогенних та з ознаками гіпергідратації експлантів.

них рослин формувалися у розетці бруньки, донори живців після цього значно не збільшувалися в розмірах. На середовищі № 1 регенеранти повільніше росли, мали порівняно менші розміри. У середньому період між повторними живцюваннями становив по сорту Альба 41 добу і по сорту Презент 56 діб.

Після п'яти послідовних живцювань методом накладання різниці між середовищами за періодом повторного живцювання збільшилася. На контролі цей показник становив у сорту Альба 30 діб, у сорту Презент 32 доби, середовищі № 2 – відповідно 26 і 28 діб. Тобто за п'яти послідовних живцювань період між живцюваннями скоротився із 27 до

Таблиця 6 – Регенерація експлантів на середовищі № 1 з різним комбінаціями речовин з цитокиніною активністю на фоні 0,1 мг/л ІМК

Цитокиніни, мг/л	БАП 1,0 мг/л (контроль)		БАП 0,2 Кінетин 0,8		БАП 0,2 Кінетин 0,3 Аденін 0,5		БАП 0,2 Кінетин 1,0 Аденін 1,0	
	*А	П	А	П	А	П	А	П
Бруньки								
Прижилося, %	93	90	91	89	88	85	96	91
Морфогенних, %	83	77	80	74	77	72	90	86
Вітрифікованих, %	11	17	1	3	0	1	2	6
Меристеми								
Прижилося, %	48	32	51	42	39	30	56	51
Морфогенних, %	44	29	50	33	22	18	49	37
Вітрифікованих, %	13	17	2	5	1	2	3	9

*Скороченням «А» відповідає сорт Альба, «П» – сорт Презент.

На етапі мультиплікації *in vitro* порівняно за основними технологічними показниками (коефіцієнт розмноження, період між живцюваннями) три варіанти середовищ різних за умістом мінеральних речовин, та проведено підбір оптимальних фітогормональних детермінант цитокинінової та гіберелінової природи.

Онтогенез регенерантів, у яких донорами живцевих експлантів були рослини *in vitro*, залежав від мінеральної частини живильного середовища за однакових органічних компонентів (табл. 7), зокрема і цитокинінів.

На контрольному (MS) і на середовищі № 2 швидкість росту рослин була однаковою. Період між живцюваннями становив близько одного місяця: 27–28 діб у сорту Альба та 33 доби у сорту Презент. За цей період у маточ-

26 діб у сорту Альба і з 33 до 28 діб у сорту Презент. На середовищі № 1 період між живцюваннями зріс із 41 і 56 до 49 і 60 діб відповідно.

Період між живцюваннями та коефіцієнт розмноження – це основні показники, які характеризують технологічну швидкість мультиплікації. Найвищий коефіцієнт розмноження був по обох сортах як за першого, так і п'ятого живцювання методом накладання на середовищі № 2. У сорту Альба за першого живцювання він становив 3,1, у випадку п'ятого живцювання 3,3 за 2,4 і 2,0 на контрольному варіанті. У сорту Презент на середовищі № 2 коефіцієнт розмноження становив відповідно 2,8 і 3,0 за 1,9 і 1,9 на контролі. Отже, на середовищі MS порівняно із середовищем № 2 зменшився коефіцієнт розмноження.

Таблиця 7 – **Особливості морфогенезу первинних експлантів на різних живильних середовищах, %**
(БАП 0,2 Кінетин 1,0 Аденін 1,0, ІМК 0,1)

Середовище	MS (контроль)		№ 1		№ 2	
Сорт	Альба	Презент	Альба	Презент	Альба	Презент
1-й пасаж						
Період між живцюваннями, діб	28	33	41	56	27	33
Коефіцієнт розмноження	2,4	1,9	2,1	1,7	3,1	2,8
Непридатні для живцювання, %	1	2	0	1	1	1
5-й пасаж						
Період між живцюваннями, діб	30	32	49	60	26	28
Коефіцієнт розмноження	2,0	1,9	1,6	1,4	3,3	3,0
Непридатні для живцювання, %	5	7	1	3	3	6

Серед порівнюваних середовищ найменший коефіцієнт розмноження встановлено на середовищі № 1. За першого пасажу у сорту Альба 2,1 і сорту Презент 1,7. За п'ятого живцювання цей показник знизився до 1,6 і 1,4 відповідно.

Середовище № 1 серед порівнюваних містило меншу кількість рослинних об'єктів, непридатних для живцювання (не морфогенні, інтенсивна гіпергідратація).

Отже, якщо серед порівнюваних середовищ № 1 виявилось кращим на етапі переходу первинних експлантів з нативних в асептичні умови, то для сталої тривалої мультиплікації за показниками періоду культивування і коефіцієнта розмноження кращим було середовище № 2.

Для збільшення коефіцієнта розмноження застосовано гормональну детермінацію пробудження більшої кількості сплячих пазушних бруньок (табл. 8). У першому живцюванні порівняно з контролем у разі застосування гіберелінів встановлено значне зростання кое-

фіцієнта розмноження як завдяки пробудженню більшої кількості пазушних бруньок, так і утворенню вусів з 1–2 бруньками (рис. 2). За першого живцювання на середовищі із ГК₃ у сорту Альба зростання відбулося із 3,1 до 3,9. На варіанті із ГК₄₊₇ цей показник зріс до 4,9. Подібна тенденція встановлена у сорту Презент. Варіант із ГК₄₊₇ порівняно із ГК₃ за коефіцієнтом розмноження переважав останній. За впливом на період між живцюваннями по сорту Альба варіанти суттєво не відрізнялися від контролю, а по сорту Презент період між культивуваннями становив 35 діб на контролі проти 29 діб на варіантах із гібереліном.

Якщо за першого живцювання за додавання гіберелінів виявлено позитивний вплив на показники мультиплікації (зменшення тривалості періоду між живцюваннями й збільшення коефіцієнта розмноження), то у наступних живцюваннях ці показники змінювалися, а у п'ятому й наступних пасажах за цими показниками варіанти із ГК₃ і ГК₄₊₇ поступалися безгібереліновому контролю.

Таблиця 8 – **Особливості морфогенезу первинних експлантів на середовищі № 2 з різними гіберелінами, %**
(БАП 0,2 Кінетин 1,0 Аденін 1,0, ІМК 0,1)

Середовище	Без гіберелінів		ГК ₃		ГК ₄₊₇	
Сорт	Альба	Презент	Альба	Презент	Альба	Презент
1 пасаж						
Період між живцюваннями, діб	28	35	24	29	23	29
Коефіцієнт розмноження	3,1	2,8	3,9	3,4	4,9	4,1
5 пасаж						
Період між живцюваннями, діб	25	30	30	32	27	29
Коефіцієнт розмноження	3,3	3,0	2,1	1,7	2,2	2,0

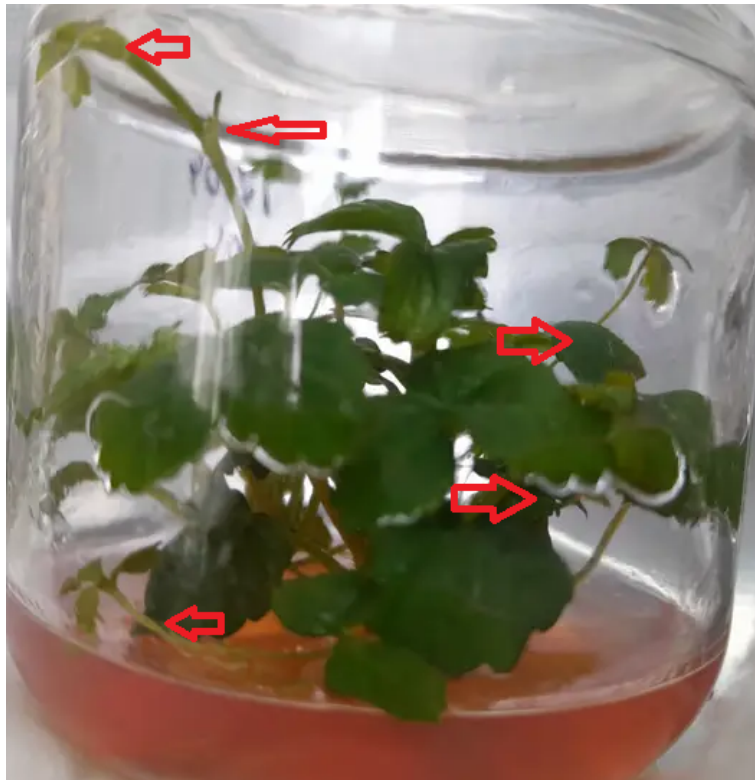


Рис. 2. Утворення вусів на середовищі № 2 з додаванням препарату Gibb plus ($ГК_4 + ГК_7$).

У літературі, зокрема, у дослідженнях, що стосуються розмноження малини, ожини встановлено кращий розвиток регенерантів у разі заміни класичного Fe-хелату на еквівалентну кількість іонів ферума у формі добрива Ferrilen 4.8 Orto-Orto [31, 26]. Проте встановлено доцільність такої заміни через 4–5 пасажів одного виду залізоумісних сполук на інші. Це сприяє кращому розвитку та зменшенню кількості регенерантів із гіпергідратованими тканинами.

На третьому етапі МКР основною технологічною потребою є індукція та розвиток кореневої системи. Це необхідно для ефективної постасептичної адаптації. Ризогенез детермінується низкою чинників. Це, зокрема, кількісний і якісний склад мінеральної частини середовища, фітогормони або їх синтетичні аналоги та органічні речовини.

Наприклад, згідно з правилом Скуга-Мілера, за кількісного переважання цитокінінів над ауксинами знімається апікальне гілкування. Відбувається пробудження бічних бруньок. Це є технологічно позитивним ефектом, який застосовують на етапі мультиплікації для збільшення коефіцієнта розмноження.

На третьому етапі МКР для стимулювання ризогенезу необхідне «переформатування»

гормонального статусу, а саме, зменшити вміст цитокінінів і збільшити – ауксинів.

Рослини мають властивість відкладати гормони у різних формах про запас. У випадках вегетативного розмноження, зокрема в умовах *in vitro* частина материнського організму з набутим її фітогормональним статусом регенерується до нового дочірнього організму. Накопичені гормони впливають на розвиток потомства [17, 26, 30]. Таким чином створюється ситуація, що експлант містить надлишок цитокінінів, а у регенований з нього рослині мають відбуватися процеси коренеутворення.

За вирощування донорів експлантів на середовищах з різним умістом речовин з цитокініновою активністю встановлено неоднаковий ризогенез у потомства (табл. 9). В обох сортів найбільший відсоток регенерантів встановлено у потомства з донорів експлантів, які вирости на середовищі з трьома речовинами з цитокініновою активністю порівняно з контролем у невеликих концентраціях: БАП 0,2 + Кінетин 0,3 + Аденін 0,5. Ці речовини володіють процитокіновою активністю (аденін) або мають м'якшу дію (кінетин і уміст БАП 0,2 мг/л), порівняно із застосуванням 1,0 мг/л БАПу на контролі. За культивування донорів експлантів ризогенез відбувався у 94 % регенерантів сорту

Альба та 89 % сорту Презент порівняно з 85 і 61 % на контролі відповідно. Також процес початку ризогенезу проявлявся швидше порівняно з контролем в інших варіантах зі зменшеною кількістю БАП (0,2 мг/л).

У нативних умовах наявний тісний кореляційний зв'язок між ризосферою та фотоасиміляційним апаратом. Складовою взаємодії між органами є поглинання (або) асиміляція, перетворення органічних та мінеральних компонентів метаболізму, інакше кажучи фотосинтез та кореневе живлення. Надходження органічних елементів живлення забезпечує корінь як енергією, так і будівельним матеріалом. В асептичному міксотрофному живленні з переважанням гетеротрофного способу фотоасиміляція виконує переважно регулюючі функції. Уміст органічних речовин залежить від тих синтетичних речовин, які додають технологічно у середовище. Для більшості культур, зокрема суниці, таким вуглеводом є сахароза, яку ще називають цукровий цукор. Уміст цього вуглеводу впливає на розвиток як листостеблового апарату, так і кореневої системи [17, 26, 30]. Наприклад, додавання у середовище для МКР картоплі 1–2 % сахарози ефективно для мультиплікації, а збільшення до 4–6 % уповільнює ріст та стимулює бульбоутворення [26]. У базовому середовищі уміст сахарози MS 3 %. Про-

те для суниці доцільним є підбір оптимальної концентрації сахарози у середовищі. Нами випробувано варіанти з такими концентраціями сахарози: 1; 2; 3; 4; 5; 6 % (табл. 10).

Встановлено, що за збільшення концентрації із 1 до 4 % зростає як кількість коренів, так і їх довжина. Зокрема, у сорту Альба у регенерантів, вирощених на середовищі із 4 % сахарози, довжина коренів була у чотири рази більшою порівняно із регенерантами, які виростили на середовищі з 1 % сахарози (рис. 3). У регенерантів на середовищі із 1 % сахарози візуально відмічено утворення більшої кількості листків, що ймовірно, вказує на індукцію фотоасиміляційного апарату за низького умісту екзогенних штучних синтетичних вуглеводів (сахарози) для синтезу ендогенних вуглеводів.

На середовищі із максимальною кількістю (6 %) сахарози спостерігалось інгібування як ризогенезу, так і листостеблового апарату (рис. 4).

Порівняння впливу ІМК та ІОК проводили за такими комбінаціями: ІМК 1,0 мг/л (контроль); ІМК 0,2 мг/л + ІОК 0,2 мг/л; ІМК 0,2 мг/л + ІОК 0,5 мг/л; ІМК 0,2 мг/л + ІОК 0,8 мг/л; ІМК 0,2 мг/л + ІОК 1,0 мг/л; ІМК 0,2 мг/л + ІОК 1,2 мг/л. Більшу кількість коренів та з більшою довжиною отримано на варіанті ІМК 0,2 мг/л + ІОК 1,0 мг/л.

Таблиця 9 – Коренеутворення регенерантів залежно від умов вирощування донорів експлантів

Цитокініни, мг/л	БАП 1,0 мг/л (контроль)		БАП 0,2 Кінетин 0,8		БАП 0,2 Кінетин 0,3 Аденін 0,5		БАП 0,2 Кінетин 1,0 Аденін 1,0	
	*А	П	А	П	А	П	А	П
Регенерантів з коренями, %	85	61	92	79	94	89	90	78
Початок ризогенезу, діб	21	29	19	24	14	17	20	23
Приживання регенерантів з коренями в умовах закритого ґрунту, %	81	73	90	78	92	90	84	82

*Скороченням «А» відповідає сорт Альба, «П» – сорт Презент.

Таблиця 10 – Вплив різних концентрацій сахарози на ризогенез суниці (ІМК 1,0 мг/л)

Показник	Сорт/ концентрація	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %
Довжина кореневої системи, мм	Альба	43	56	89	117	62	17
	Презент	27	33	77	100	97	64
Кількість коренів, шт.	Альба	2,3	2,7	3,4	5,4	2,1	1,3
	Презент	2,1	2,5	3,3	5,2	5,0	1,9



Рис. 3. Розвиток регенерантів суниці на етапі ризогенезу на середовищах з різним умістом сахарози, сорт Альба.

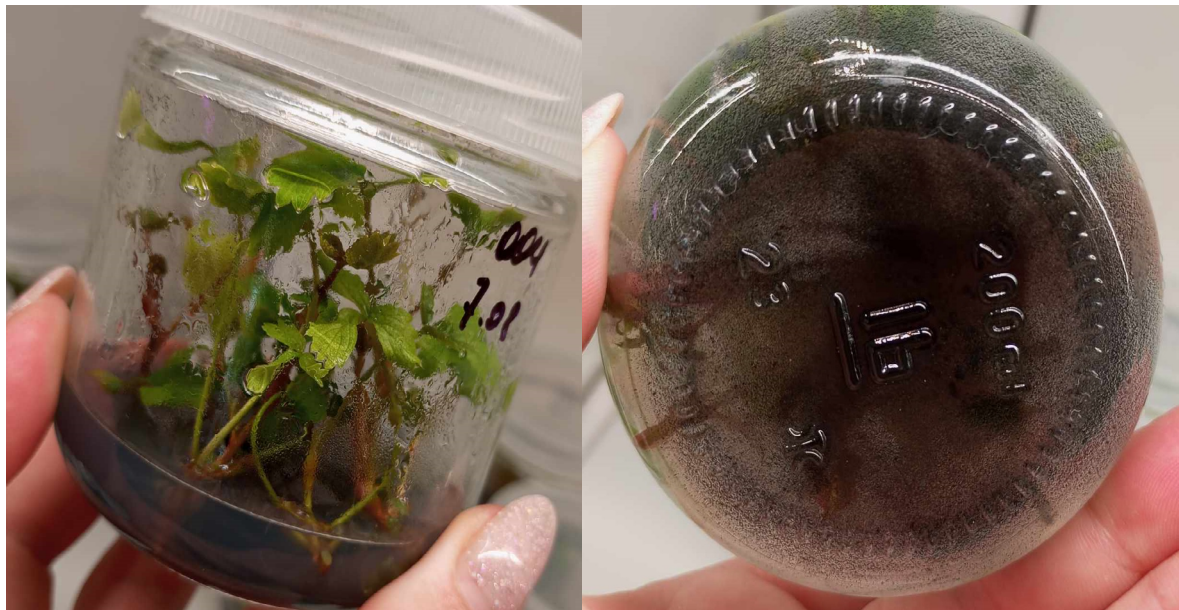


Рис. 4. Пригнічення росту регенерантів на середовищі із 6 % сахарози.

Висновки. На основі експериментальних досліджень розроблено наступні компоненти протоколу мікроклонального розмноження:

- у випадках наявності за результатами діагностики вільних від збудників хвороб асептичну культуру отримують введенням *in vitro* брунькових експлантів;
- за потреби оздоровлення донори первинних експлантів вирощують в умовах депози-

тарію з подальшою культурою меристем та ПЛР діагностикою;

- для первинного культивування використовують середовище № 1, для мультиплікації та ризогенезу – № 2;

- на етапі мультиплікації додають БАП 0,2 мг/л, кінетин 0,8 мг/л;

- останнє перед коренеутворенням культивування на етапі мультиплікації донорів

експлантів для отримання індукованих для вкорінення маточних рослин проводять з додаванням БАП 0,2 мг/л, кінетин 0,3 мг/л, аденін 0,5 мг/л.

- на етапі індукції ризогенезу кількість цитокінінів зменшують, додають ауксини ІМК 0,2 мг/л + ІОК 1,0 мг/л;

- для покращення ризогенезу кількість сахарози збільшують із 3 до 4 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health / F. Giampieri et al. *Nutrition* 28. 2012. P. 9–19.
2. Adenosine Acts as an Active Antiplatelet Constituent in Strawberries (*Fragaria × ananassa*) BPB Reports / N. Ichihara et al. 2023. Vol. 6. Issue 1. P. 27–32.
3. Розсада суниці з маточників in vitro. URL: <https://farmer.ua/centr-posadkovogo-materialu/rozsa-da-sunici-z-matochnikiv-in-vitro/>
4. List of non EU phytoplasmas of *Cydonia* Mill., *Fragaria* L., *Malus* Mill., *Prunus* L., *Pyrus* L., *Ribes* L., *Rubus* L. and *Vitis* L. / C. Bragard et al. *EFSA Journal*. 2020. 18(1). 5930 p. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.5930
5. Ідентифікація збудників вірусних та інших хвороб плодових, ягідних, горіхоплідних культур і хмелю. URL: <https://labprice.ua/wp-content/uploads/2021/03/Patogeni-poslugi.pdf>
6. Gardener. Фітопатогенні мікоплазми – збудники хвороб рослин. URL: <https://fruit-grower.info/2022/12/13/fitopatogenni-mikoplazmi-zbudniki-hvorob-roslin/>
7. Detection and identification of 16SrXIII-F and a novel 16SrXIII phytoplasma subgroups associated with strawberry phyllody in Chile / Cui Weier et al. *European Journal of Plant Pathology*. 2019. 155 p. DOI: 10.1007/s10658-019-01808-w.
8. Namba S. Molecular and biological properties of phytoplasmas. *Proceedings of the Japan Academy. Series B*. 2019. Vol. 95. Issue 7. P. 401–418. DOI: 10.2183/pjab.95.028.
9. Літвіненко С.Г., Буджак В.В. Фітопатологія: конспект лекцій. Вид. 2-ге, випр. і доп. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2022. 92 с.
10. Удовиченко К. Вірусні хвороби суниці. URL: <http://www.jagodnik.info/virusni-hvoroby-sunytsi-sadovoyi/>
11. Posthuma Karin, Adams A., Hong Yiguo, Kirby M. Detection of Strawberry crinkle virus in plants and aphids by RT-PCR using conserved L gene sequences. *Plant Pathology*. 2002. 51. P. 266–274. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2002.00725.x.
12. Molecular characterization of strawberry vein banding virus from China and the development of loop-mediated isothermal amplification assays for their detection / J. Ren et al. *Scientific Reports*. 2022. 12. 4912 p. DOI: 10.1038/s41598-022-08981-9 <https://www.nature.com/articles/s41598-022-08981-9>
13. Павлюк В. Суниця цілий рік – сорти і способи вирощування. *Agroexpert*. 2013. 72 с.
14. Вукович Г. Важнейшие болезни плодовых. Київ: ООО "Аграр Медіен Украина", 2010. 129 с.
15. An Optimized Protocol for Micropropagation and Acclimatization of Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) Variety 'Aroma' / J.C. Neri et al. *Agronomy*. 2022. 12. 968 p. DOI: 10.3390/agronomy12040968
16. Meristem culture and subsequent micropropagation of Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis* (L.) Duch.) / Karla Quiroz et al. *Biological Research*. 2017. 50 p. DOI: 10.1186/s40659-017-0125-8.
17. Мацкевич В.В., Філіпова Л.М., Олешко О.Г. Фізіологія та біотехнологія рослин: підручник. Біла Церква: БНАУ, 2022. 427 с.
18. Miller P.W., Belkengren R.O. Elimination of yellow edge, crinkle and vein banding viruses and certain other virus complexes from strawberries by excision and culturing of apical meristems. *Plant Dis. Rep.* 1963. 47. P. 298–300.
19. Adams A.N. An improved medium for strawberry meristem culture. *J. Hort. Sci.* 1972. 47. P. 263–264.
20. Nishi S., Oosawa K. Mass production method of virus-free strawberry plants through meristem callus. *Japan Agr. Res. Quart.* 1973. 7. P. 189–194.
21. Torres K.C. Tissue Culture of Strawberry (*Fragaria*). In: *Tissue Culture Techniques for Horticultural Crops*. Springer, Boston, MA. 1989. DOI: 10.1007/978-1-4615-9756-8_9
22. Effect of in vitro propagation methods on field performance of two strawberry cultivars / N.S. Nehra et al. *Euphytica*, 1994. 76. P. 107–115. DOI: 10.1007/BF00024027
23. Cameron J.S., Hancock J.F., Nourse T.M. The field performance of strawberry nursery stock produced originally from runners or micropropagation. *Adv. Strawberry Prod.* 1985. 4. P. 56–58.
24. Юлія Немцева. Стало відомо, яку технологію вирощування полуниці використовує Tevitta. 2022. URL: <https://kurkul.com/news/31477-stalo-vidomo-yaku-tehnologiyu-viroshchuvannya-polunitsi-vikoristovuye-tevitta>
25. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962. 15. P. 473–497.
26. Мацкевич В.В. Мікроклональне розмноження видів рослин in vitro та їх постасептична адаптація: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.05. Суми, 2020. 478 с.
27. Мацкевич В.В., Подгаєцький А.А., Філіпова Л.М. Мікроклональне розмноження окремих видів рослин (протоколи технологій): науково-практичний посібник. Біла Церква: БНАУ, 2019. 85 с.
28. Регулятор росту рослин ГІББ ПЛЮС (GIBB PLUS). URL: <https://agrarii-razom.com.ua/preparations/gibb-plus-gibb-plus>
29. Tashmatova L.V., Matsneva O.V., Khromova T.M., Shakhov V.V. Optimization of individual elements of clonal micro-propagation of fruit and berry crops in the production system of healthy planting material. *E3S Web Conf. The Role of Biotechnology in Obtaining Pure Virus-free Material*. 2021. Vol. 254. DOI: 10.1051/e3sconf/202125404001

30. Терек О.І., Пацула О.І. Ріст і розвиток рослин: навч. посібн. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 328 с.

31. Мацкевич В.В., Подгаєцький А.А. Особливості використання форми і кількості заліза за вирощування *in vitro* ожини і малини. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія. 2015. Вип. 9 (30). С. 46–51.

REFERENCES

- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Quiles, J.L., Mezzetti, B., Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*. no. 28, pp. 9–19.
- Ichihara, N., Maekawa, S., Ogawa, N., Yamada, A., Nagasato, T., Maruyama, I., Sone, K., Yasuda, M., Matsushita, K., Ito, C., Takaya, Y. (2023). Adenosine Acts as an Active Antiplatelet Constituent in Strawberries (*Fragaria × ananassa*) BPB Reports. Vol. 6, Issue 1, pp. 27–32.
- Rozsada sunytsi z matochnykyv *in vitro* [Strawberry seedlings from the mother plant nursery *in vitro*]. Available at: <https://farmer.ua/centr-posadkovogo-materialu/rozsada-sunytsi-z-matochnikiv-in-vitro>
- Bragard, C., Dehnen-Schmutz, K., Di Serio, F., Gonthier, P., Jacques, M.A., Miret, J.A.J., Justesen, A.F., MacLeod, A., Magnusson, C.S., Milonas, P., Navas-Cortes A, J., Parnell L.S., Potting, R., Reignault, P.L., Thulke, Hans-Hermann, Van der Werf, W., Civera, A.V., Yuen, J., Zappalà, L. (2020). List of nonEU phytoplasmas of *Cydonia* Mill., *Fragaria* L., *Malus* Mill., *Prunus* L., *Pyrus* L., *Ribes* L., *Rubus* L. and *Vitis* L. EFSA Journal. no. 18(1), 5930 p. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.5930.
- Identyfikatsiia zbudnykyv virusnykh ta inshykh khvorob plodovykh, yakhidnykh, horikhoplidnykh kultur i khmeliu [Identification of pathogens of viral and other diseases of fruit, berry, nut crops and hops]. Available at: <https://labprice.ua/wp-content/uploads/2021/03/Patogeni-poslugi.pdf>
- Gardener. Fitopatohenni mikoplazmy – zbudnyky khvorob roslyn [Phytopathogenic mycoplasmas are pathogens of plant diseases]. 2022. Available at: <https://fruit-grower.info/2022/12/13/fitopatogeni-mikoplazmi-zbudniki-hvorob-roslyn/>
- Weier, Cui, Barrera, Quiroga, Curkovic, Nicolas, Zamorano, S., Fiore Nicola, Alan. (2019). Detection and identification of 16SrXIII-F and a novel 16SrXIII phytoplasma subgroups associated with strawberry phyllody in Chile. *European Journal of Plant Pathology*. 155 p. DOI: 10.1007/s10658-019-01808-w.
- Namba, S. (2019). Molecular and biological properties of phytoplasmas. *Proceedings of the Japan Academy. Series B*. Vol. 95, Issue 7, pp. 401–418. DOI: 10.2183/pjab.95.028.
- Litvinenko, S.H., Budzhak, V.V. Fitopatolohiia: konspekt lektsii [Phytopathology]. Chernivtsi, Chernivtsi National University named after Yu. Fedkovycha, 92 p.
- Udovychenko, K. Virusni khvoroby sunytsi sadovoi [Virus diseases of garden strawberries]. Available at: <http://www.jagodnik.info/virusni-hvoroby-sunytsi-sadovoi/>
- Posthuma, Karin, Adams, A., Hong, Yiguo, Kirby, M. (2002). Detection of Strawberry crinkle virus in plants and aphids by RT-PCR using conserved L gene sequences. *Plant Pathology*. no. 51, pp. 266–274. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2002.00725.x.
- Ren, J., Zhang, J., Wang, Q., Zhou, Y., Wang, J., Ran, C., Shang, Q. (2022). Molecular characterization of strawberry vein banding virus from China and the development of loop mediated isothermal amplification assays for their detection. *Scientific Reports*. no. 12, 4912 p. DOI: 10.1038/s41598-022-08981-9
- Pavliuk, V. (2013). Sunytsia tsilyi rik – sorty i sposoby vyroshchuvannya [Strawberries all year round – varieties and methods of cultivation]. *Agroexpert*, 72 p.
- Vukovych, H. (2010). Vazhneishye bolezny plodovykh [The most important fruit diseases]. Kyiv, OOO Agrar Medien Ukraine, 129 p.
- Neri, J.C., Meléndez-Mori, J.B., Tejada-Alvarado, J.J., Vilca-Valqui, N.C., Huaman-Huaman, E., Oliva, M., Goñas, M. (2022). An Optimized Protocol for Micropropagation and Acclimatization of Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) Variety ‘Aroma. *Agronomy*. no. 12, 968 p. DOI: 10.3390/agronomy12040968
- Quiroz, Karla, Berrios, Miguel, Carrasco, Basilio, Retamales, Jorge, Caligari, Peter, Garcia-Gonzales, Rolando. (2017). Meristem culture and subsequent micropropagation of Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis* (L.) Duch.). *Biological Research*. 50 p. DOI: 10.1186/s40659-017-0125-8.
- Matskevych, V.V., Filipova, L.M., Oleshko, O.H. (2022). Fiziolohiia ta biotekhnolohiia roslyn: pidruchnyk [Physiology and biotechnology of plants]. Bila Tserkva, BNAU, 427 p.
- Miller, P.W., Belkengren, R.O. (1963). Elimination of yellow edge, crinkle and vein banding viruses and certain other virus complexes from strawberries by excision and culturing of apical meristems. *Plant Dis. Rep.* no. 47, pp. 298–300.
- Adams, A.N. (1972). An improved medium for strawberry meristem culture. *J. Hort. Sci.* no. 47, pp. 263–264.
- Nishi, S., Oosawa, K. (1973). Mass production method of virus-free strawberry plants through meristem callus. *Japan Agr. Res. Quart.* no. 7, pp. 189–194.
- Torres, K.C. (1989). Tissue Culture of Strawberry (*Fragaria*). In: *Tissue Culture Techniques for Horticultural Crops*. Springer, Boston, MA. DOI: 10.1007/978-1-4615-9756-8_9
- Nehra, N.S., Kartha, K.K., Stushnoff, C. (1994). Effect of *in vitro* propagation methods on field performance of two strawberry cultivars. *Euphytica*. no. 76, pp. 107–115. DOI: 10.1007/BF00024027
- Cameron, J.S., Hancock, J.F., Nourse, T.M. (1985). The field performance of strawberry nursery stock produced originally from runners or micropropagation. *Adv. Strawberry Prod.* no. 4, pp. 56–58.
- Nemtseva, Yu. (2022). Stalo vidomo, yaku tekhnolohiiu vyroshchuvannya polunytisi vykorystovuie Tevitta [It became known what technology of growing strawberries is used by Tevitta]. Available at: <https://>

kurkul.com/news/31477-stalo-vidomo-yaku-tehnologiyu-viroshchuvannya-polunitsi-vikorisovuyete-vitta

25. Murashige, T., Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* no. 15, pp. 473–497.

26. Matskevych, V.V. (2020). Mikroklonalne rozmnozhenia vydiv roslyn in vitro ta yikh postaseptychna adaptatsiia: dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.05 [Microclonal propagation of plant species in vitro and their postaseptic adaptation: dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.05]. Sumy, 478 p.

27. Matskevych, V.V., Podhaietskyi, A.A., Filipova, L.M. (2019). Mikroklonalne rozmnozhenia okremykh vydiv roslyn (protokoly tekhnolohii): nauko-praktychnyi posibnyk [Microclonal propagation of certain plant species (technology protocols)]. Bila Tserkva, BNAU, 85 p.

28. Regulyator rostu roslyn GIBB PLYUS [Plant growth regulator GIBB PLUS]. Available at: <https://agrarii-razom.com.ua/preparations/gibb-plyus-gibb-plus>

29. Tashmatova, L.V., Matsneva, O.V., Khromova, T.M., Shakhov, V.V. (2021). Optimization of individual elements of clonal micro-propagation of fruit and berry crops in the production system of healthy planting material. E3S Web Conf. The Role of Biotechnology in Obtaining Pure Virus-free Material. Vol. 254. DOI: 10.1051/e3sconf/202125404001

30. Terek, O.I., Patsula, O.I. (2011). Rist i rozvytok roslyn: navch. posibn [Growth and development of plants]. Lviv, LNU after name Ivana Franka, 328 p.

31. Matskevych, V.V., Podhaietskyi, A.A. (2015). Osoblyvosti vykorystannia formy i kilkosti zaliza za vyroshchuvannya in vitro ozhyiny i malyny [Peculiarities of using the form and amount of iron for in vitro cultivation of blackberries and raspberries]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia i biolohiia* [Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Agronomy and biology]. Issue 9 (30), pp. 46–51.

Development of individual elements of a protocol for sustainable growth and propagation of garden strawberries (*Fragaria ananassa* Duch.) under aseptic conditions

Matskevych V., Filipova L., Matskevych Yu.

Garden strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) is one of the most valuable fruits the demand for which in the food market is consistently high. One of the limiting factors for achieving consistently high-quality strawberry yields is the presence of diseases caused by bacteria, phytoplasmas, viruses, and viroids. In order to intensify the technology of garden strawberries cultivation, the problem of production in significant volumes of genetically constant material free from pathogens is essential. Biotechnological methods are currently relevant technologies that allow mass production of planting material with high phytosanitary and genetic quality. The purpose of the study is to update the protocol for microclonal propagation of garden strawberries to obtain virus-free planting material. The research was conducted in the micropropagation laboratory of LLC «Blahodatne» (Tevitta™) Cherkasy region, Ukraine using the «Alba» and «Present» strawberry cultivars. A series of experiments were conducted according to the «step by step» principle on two types of explants: buds and meristems.

The determinants for obtaining aseptic cultures from bud and meristem explants were investigated. The trophic influence was studied in media with different mineral content (at the multiplication stage) and sucrose concentrations during rhizogenesis.

Among the phytohormonal determinants during the multiplication stage, the best combination among those investigated was the use of substances with cytokinin activity consisting of BAP at 0.2 mg/l and kinetin at 0.8 mg/l. The addition of 0.1 ml/l of «Gibb plus preparation» (GK4 + GK7) was effective for the reproduction rate increasing. Growing of donor explants in media with BAP at 0.2 mg/l, kinetin at 0.3 mg/l, and adenine at 0.5 mg/l, compared to the control (BAP at 1.0 mg/l) improved rhizogenesis in regenerants. The highest root formation rates were observed in the variant with 4 % of sucrose (40 g/l).

Key words: propagation; microclonal propagation; aseptic culture; trophic and hormonal determination.



Copyright: Мацкевич В.В., Філіпова Л.М., Мацкевич Ю.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:

Мацкевич В.В.

Філіпова Л.М.

Мацкевич Ю.В.

<https://orcid.org/0000-0002-9314-8033>

<https://orcid.org/0000-0002-7447-5418>

<https://orcid.org/0009-0008-4464-5958>



УДК 633.852:631.524

Особливості формування генофонду гірчиці в Україні

Миколайко І.І.¹ , Карпук Л.М.² ¹ Уманський державний педагогічний університет імені П. Тичини² Білоцерківський національний аграрний університет

Миколайко І.І., Карпук Л.М. Особливості формування генофонду гірчиці в Україні. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 187–194.

Mykolaiko I., Karpuk L. Peculiarities of mustard genofond formation in Ukraine. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 187–194.

Рукопис отримано: 03.11.2023 р.

Прийнято: 20.11.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-187-194

Мета досліджень – дати оцінку особливостей формування генофонду гірчиці та її поширення у виробництві в Україні. Станом на 2023 р. в Реєстрі сортів рослин дозволених для використання в Україні налічується 40 сортів гірчиці, з них гірчиці білої 14 сортів або 35 % від загальної кількості. Найбільша кількість сортів гірчиці сарептської ярої – 42,5 % від загальної кількості, що обумовлено більшою потребою, оскільки всі інші види гірчиці висівають під зиму й наявна велика загроза їх загибелі у період перезимівлі, а за сівби гірчиці ярої такої загрози немає. Переважна кількість сортів рекомендовані для вирощування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Найінтенсивніше сортозміну проводять для сортів гірчиці білої та чорної, у реєстрі нових сортів гірчиці білої 57,2 %, чорної – 66,7 %. Гірчицю в Україні вирощували господарства усіх категорій і основні показники – площа сівби до збирання, урожайність зерна та валовий збір були обов'язковими для статистичної звітності до 2015 р., після цього в статистичні звітності її окремо не виділяють, що ускладнює облік та аналіз обсягів вирощування культури. Аналізування площ гірчиці до збирання показало, що основну кількість її вирощували у сільськогосподарських підприємствах у 2009 р. – 167,53 тис. га або 96,5 % від усієї площі. До 2015 р. площі посіву гірчиці значно зменшилися й становили у господарствах усіх категорій 58,8 тис. га або в 2,85 разів менше, порівняно з 2009 роком, а урожайність зерна збільшилась в середньому на 0,24 т/га. Підвищення урожайності забезпечило збільшення валового збору зерна гірчиці інтенсивним способом, хоча через зменшення площ до збирання валовий збір зерна знижувався.

Ключові слова: сорт, гірчиця біла, реєстр сортів, вид гірчиці, урожайність, зерно, зони вирощування.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Вирощування олійних культур є одним із найбільш перспективних та стабільних напрямів серед основних джерел прибутковості сільськогосподарських підприємств. Продукція олійних культур конкурентоспроможна та користується попитом на внутрішньому й світовому ринках [1]. Гірчиця може формувати гарантовані, стабільні врожаї насіння й сировини доброї якості та вирізняється відносною невибагливістю до умов вирощування, що забезпечує зменшення собівартості продукції, й дає змогу більш успішно конкурувати на сучасному ринку с.-г. продукції [2].

Одним з головних елементів технології гірчиці є використання сучасних високопро-

дуктивних сортів. У сучасних умовах сорт став засобом, без якого неможливо реалізувати науково-технічні досягнення у землеробстві. Сорт – необхідна та незамінна ланка складного комплексу організаційно-економічних та технічних заходів, спрямованих на збільшення виробництва високоякісної продукції, а також чинник пом'якшення впливу екстремальних умов погоди [3]. Зростання інтересу до вирощування цієї культури обумовлює ріст цін на неї до 600 доларів за тону [4].

Враховуючи різнобічне народногосподарське значення гірчиці й невибагливість до агрофону, вона останнім часом привертає увагу вчених і виробників як сировинна база для поповнення рослинних ресурсів у сільському

господарстві [5]. Попит на насіння гірчиці постійно зростає [6]. Широке впровадження нових сортів, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов їх вирощування забезпечує отримання високих урожаїв культури [7, 8], для чого необхідно мати достатню кількість насіння сортів.

Численними дослідженнями та практичним досвідом доведено, що сорт має важливе значення у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур, однак відсоток цього підвищення різний як у культурах, так і умовах їх вирощування [9, 10]. Його значення зростає за умови ефективного використання нових сортів [11]. За адаптивних технологій вирощування у виробничих умовах можна отримати до 2,50–2,70 т/га насіння гірчиці сизої та 1,80–2,00 т/га білої [12, 13].

Мета дослідження – дати оцінку особливостей формування генофонду гірчиці та її поширення у виробництві в Україні.

Матеріал і методи дослідження. За аналізу структури Реєстру сортів рослин дозволених для використання в Україні за 2022 р. та бюлетенів статистичної звітності за 2010, 2011 та 2015 рр. застосовували аналітичний, математично-статистичний методи досліджень. Досліджували видовий склад гірчиці, рекомендовані ґрунтово-кліматичні зони вирощування, інтенсивність сортозміни за видами гірчиці, площі гірчиці до збирання, її урожайність та валові збори зерна залежно від категорій господарств України за період 2009–2015 рр. Наведено характеристику сортів гірчиці, які досліджували.

Результати дослідження та обговорення.

Формування генофонду сільськогосподарських культур, зокрема гірчиці, розпочинається з селекційної роботи, створення нових сортів та занесення їх до Реєстру сортів рослин дозволених для поширення в Україні. Провідними установами з селекції гірчиці в нашій країні є науково-дослідні інститути Національної академії аграрних наук, а саме: Інститут олійних культур, Інститут кормів, НВЦ «Інститут землеробства НААН», Інститут Карпатського регіону, а також приватні селекційні установи (ТОВ «НДВАП Українська гірчиця», ПСП «Агротехсервіс» та ін.).

Станом на 2023 р. в реєстрі налічується 40 сортів гірчиці, з них гірчиці білої 14 сортів або 35 % від загальної кількості (рис. 1).

Найбільша кількість сортів гірчиці сарептської ярої – 42,5 % від загальної кількості, що обумовлено більшою потребою, оскільки всі інші види гірчиці висівають під зиму і є велика загроза їх загибелі в період перезимівлі, а за сівби гірчиці ярої такої загрози немає. Найменше – 7,5 % сортів гірчиці чорної, сарептської озимої вдвічі більше – 15,0 %.

Переважає кількість – понад 66 % занесених до Реєстру видів гірчиці, крім гірчиці сарептської ярої, рекомендовано для всіх трьох ґрунтово-кліматичних зон (табл. 1).

Найбільше 71,4 % сортів гірчиці білої адаптовано до всіх ґрунтово-кліматичних зон і 14,3 % – лише для Полісся. Сорти гірчиці сарептської ярої, на відміну від інших, для всіх зон рекомендовано 29,4 % і 17,6 % лише для зони Степу. Це єдині два види гірчиці, що рекомендовано окремо для зон Полісся й Степу.

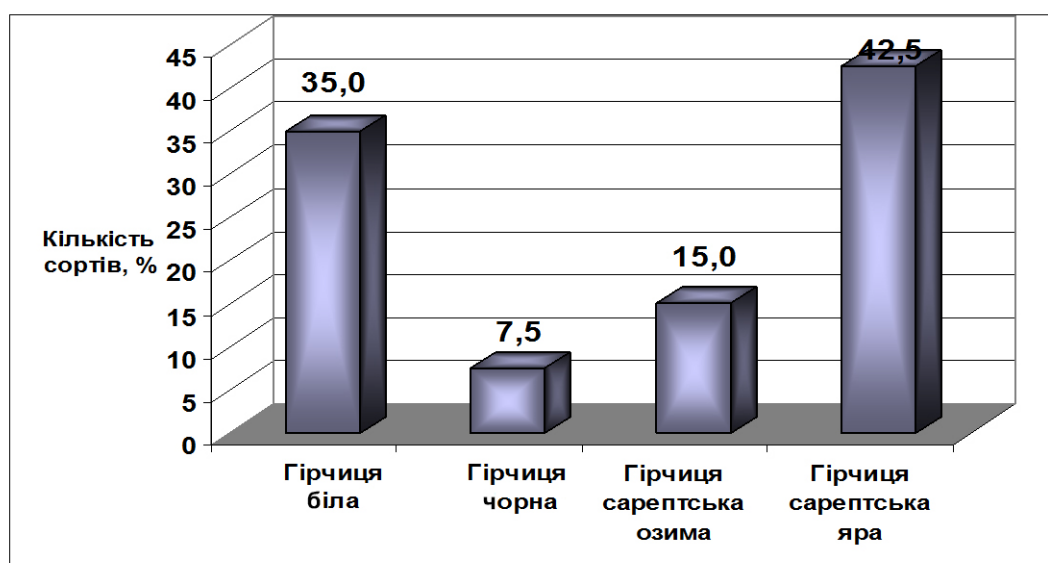


Рис. 1. Видовий склад гірчиці, що занесено до Реєстру станом на 2023 р. [1].

Таблиця 1 – Види гірчиці, рекомендовані для вирощування у ґрунтово-кліматичних зонах України [14]

Рекомендовано для зони	Види гірчиці, % від кількості кожного виду			
	гірчиця біла	гірчиця чорна	гірчиця сарептська озима	гірчиця сарептська яра
СЛП	71,4	66,7	66,7	29,4
ЛП	7,1	33,3	0,0	35,3
П	14,3	0,0	0,0	0,0
С	0	0	0	17,6
Не вказано	7,1	0,0	33,3	17,6

За даними А.П. Орлюк і К.В. Гончарова [15], своєчасна сортозаміна дозволяє значно підвищити рівень урожайності культури без великих витрат коштів. Аналіз сортів гірчиці всіх видів показав, що стосовно нових сортів, які створені за період 2015–2022 рр., у Реєстрі найбільше гірчиці чорної та білої, що становить, відповідно – 66,7 та 57,2 % (рис. 2). Селекційна робота щодо створення сортів гірчиці сарептської озимої та гірчиці сарептської ярої проходить менш інтенсивно, нових сортів гірчиці цих видів лише 33,3 та 29,5 %.

Доцільно зазначити, що в Реєстрі 7,1 % сортів гірчиці білої та 17,6 % сортів гірчиці сарептської, що створені до 2000 року.

Для досліджень використано сорти гірчиці білої та один сорт гірчиці чорної, які створені у різних науково-дослідних установах НААН різного екотипу: Інститут сільського господарства Карпатського регіону (сорт Аріадна, 2018 р., Підпечерська, 2000 р.), Інститут кормів (сорт Ослава, 2010 р.), ННЦ «Інститут

землеробства НААН (Еталон, 2004 р. та сорт гірчиці чорної Царівна Півночі, 2018 р.).

Гірчицю в Україні вирощували господарства усіх категорій і основні показники – площа сівби до збирання, урожайність зерна та валовий збір були обов'язковими для статистичної звітності до 2015 р., а в бюлетенях після цього року окремо гірчицю не відтворюють у статистичній звітності, що значно ускладнює проведення обліку та аналізу виробництва зерна цієї культури. Аналізування площ гірчиці до збирання показало, що основну кількість її вирощували у сільськогосподарських господарствах в 2009 р. – 167,53 тис. га або 96,5 % від усієї площі (рис. 3).

Водночас гірчицю вирощували господарства усіх категорій, площа до збирання була незначною – 6,04 тис. га, що становило 3,5 % від загальної площі. Динаміка площ гірчиці до 2015 р. показала, що вони зменшувалися в господарствах усіх категорій, а після 2010 р. більше ніж удвічі, порівняно з 2009 р.

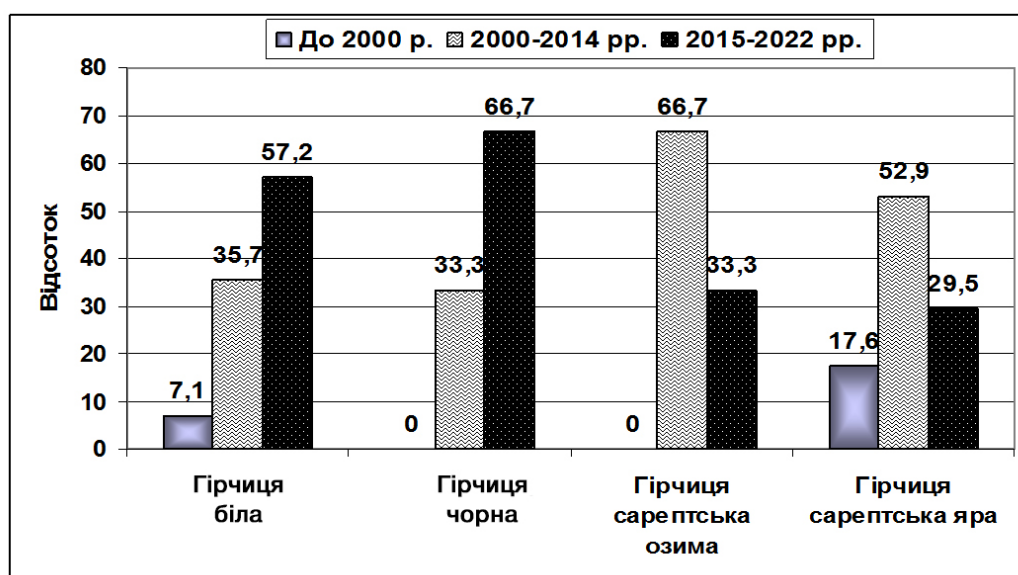


Рис. 2. Інтенсивність сортозміни за видами гірчиці [14].

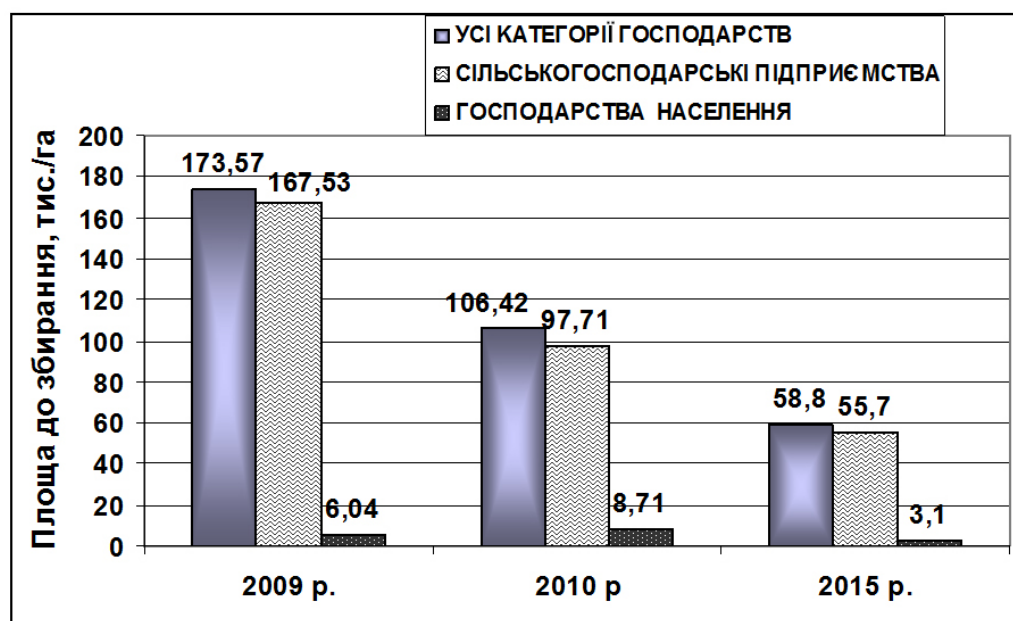


Рис. 3. Площі гірчиці до збирання в Україні [16, 17, 18].

У середньому за господарствами усіх категорій урожайність гірчиці була незначною (рис. 4).

Найнижча урожайність зерна гірчиці спостерігалась у господарствах населення, яка за всі роки не перевищувала 0,54 т/га. У сільськогосподарських господарствах урожайність зерна була найвищою у 2015 р. – 0,75 т/га.

Доцільно зазначити, що як в середньому за господарствами усіх категорій, так і сільськогосподарськими господарствами спостерігала-

ся тенденція до підвищення урожайності зерна з 2009 до 2015 р.

Підвищення урожайності забезпечило зростання валового збору зерна гірчиці інтенсивним способом, хоча через зменшення площ до збирання валовий збір зерна знижувався (рис. 5).

Якщо в 2009 р. у господарствах усіх категорій валовий збір становив 118,20 тис. т, то у 2010 р. він був меншим на 53,82 тис. т або у 1,8 рази.

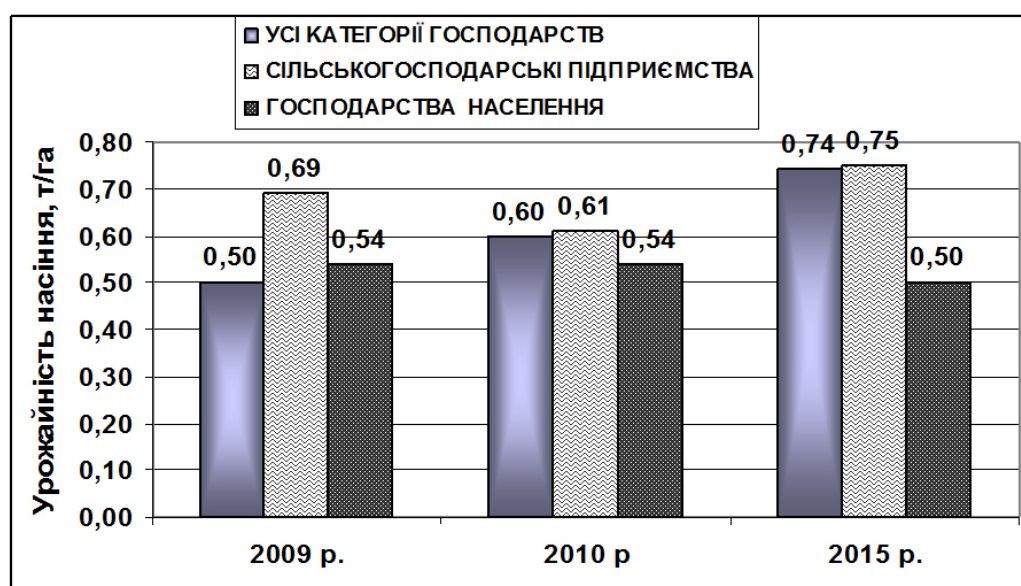


Рис. 4. Урожайність зерна гірчиці залежно від категорій господарств вирощування [16, 17, 18].

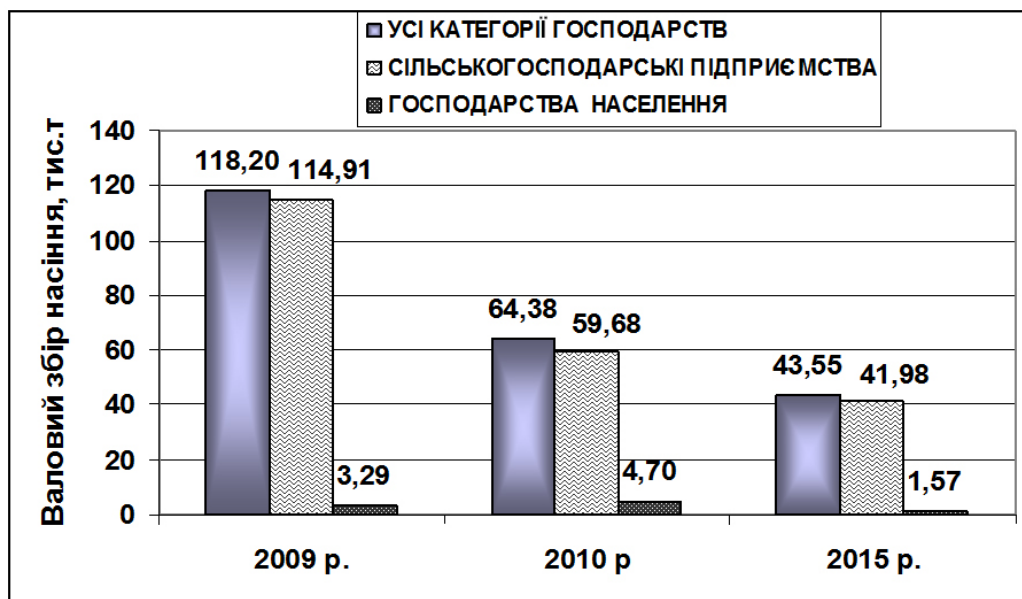


Рис. 5. Валовий збір зерна гірчиці залежно від категорій господарств [16, 17, 18].

Характеристика сортів гірчиці, які вивчали.

Сорти Інституту кормів та сільського господарства Поділля: [20].

Ослава – гірчиця біла, в Реєстрі сортів з 2011 р. для Полісся, Лісостепу і Степу. Рекомендується для використання як кормова, технічна та сидеральна культура. Характеризується підвищеною кормовою та насінневою продуктивністю. Вегетаційний період до укисної стиглості – 40–45 діб, до збирання насіння – 85–95 діб. Урожай сухої речовини – 6,0–6,5 т/га, насіння – 2,8–3,0 т/га. Вміст у сухій речовині сирого протеїну – 18–19 %, клітковини – 21–22 % (рис. 6).



Гірчиця біла, сорт ОСЛАВА

Рис. 6. Гірчиця біла, сорт Ослава.

Кароліна – в Реєстрі сортів з 1994 р. для зон Полісся, Лісостепу і Степу. Рекомендується для використання як кормова, технічна та сидеральна культура. Сорт середньопізньюстиглий. Підвищена кормова та насіннева продуктивність, якість зеленої маси. Характеризується подовженим періодом використання на кормові цілі та високою посухостійкістю. Вегетаційний період до укисної стиглості – 40–45 діб, до збирання насіння – 85–95 діб. Урожай сухої речовини – 5,5–6,5 т/га, насіння – 1,5–2,0 т/га. Вміст у сухій речовині сирого протеїну – 17–19 %, клітковини – 21,5 %.

Сорти Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН» [21].

Еталон – сорт гірчиці білої, дозволений для вирощування у Степу, Лісостепу та Поліссі сільськогосподарським підприємствам різних форм власності. Сорт створений методом гібридизації з наступним індивідуально-сімейним доббором. Призначений для отримання продовольчої олії і шроту для виробництва гірчичного порошку. Тривалість вегетаційного періоду – 102 доби. Висота рослини – до 132 см. Суцвіття – китиця довжиною 24–25 см, плід – стручок довжиною 2–3 см, в якому розміщується 7–8 насінин округлої форм світло-жовтого кольору. Маса 1000 насінин – 3,5 г. Сорт стійкий до вилягання і осипання насіння, середньостійкий до шкідників і хвороб. Вміст ерукової кислоти в олії – до 15,6 мкмол/г, вміст олії в насінні – 42 %. Урожайність насіння – 3,5 т/га (рис. 7).



Рис. 7. Гірчиця біла, сорт Еталон.

Царівна Півночі – гірчиця чорна сорт диплоїдний (рис. 8), у реєстрі сортів з 2014 р., для Полісся, Лісостепу і Степу. Урожайність насіння – 1,8 т/га. Вміст в насінні олії – 35 %, білка – 25 %. Посухостійкість – 6 балів, стійкість до осипання насіння – 9 балів, стійкість до збудників хвороб – 9 балів, стійкість до шкідників – хрестоцвіті блішки – 9 балів [22].



Рис. 8. Гірчиця чорна, сорт Царівна Півночі.

Сорти Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН».

Підпечерецька – гірчиця біла (рис. 9), занесена до реєстру сортів рослин в 2000 році для Лісостепу [22].

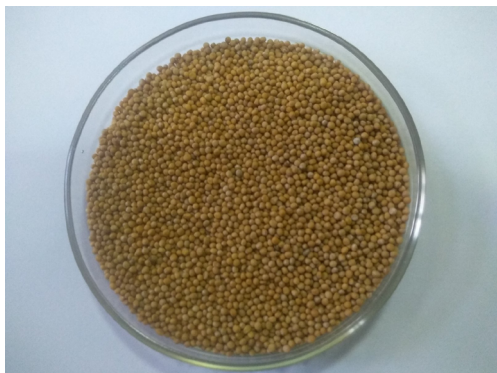


Рис. 9. Гірчиця біла, сорт Підпечерецька.

Аріадна – гірчиця біла (рис. 10), занесена до Реєстру сортів у 2018 році, для Полісся, Лісостепу і Степу. Створена методом самозапилення. Тривалість періоду вегетації – 85 діб. Маса 1000 насінин – 4,5 г. Вміст в насінні олії – 35 %, білка – 26 %. Посухостійкість – 8 балів, стійкість до осипання – 9 балів. Урожайність – 2,8 т/га. Стійкість до збудників хвороб: філотиктозу – 9 балів, борошнистої роси, білої гнилі, септоріозу, кили – 8 балів, до шкідників: клопа гірчичного, листоїда гірчичного, хрестоцвітних блішок – 8 балів [23].

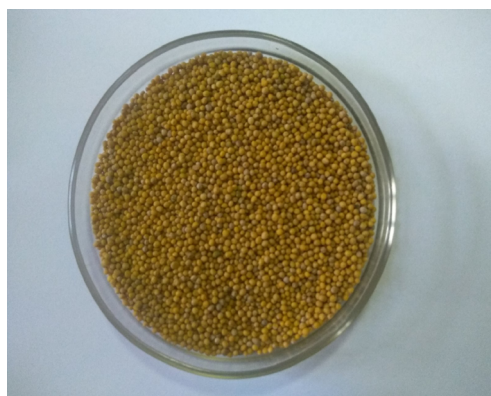


Рис. 10. Гірчиця біла, сорт Аріадна.

Аналіз генофонду гірчиці показав, що в Реєстрі є нові сорти різних видів культури, рекомендованих для вирощування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, переважна кількість це сорти гірчиці білої, впровадження у виробництво яких забезпечить збільшення їх продуктивності. Підвищення попиту на зерно гірчиці сприятиме збільшенню площ посіву культури й, відповідно – дасть змогу більш успішно конкурувати виробникам на сучасному ринку сільськогосподарської продукції.

Висновки. Враховуючи збільшення попиту на зерно гірчиці з метою підвищення урожайності культури доцільно впроваджувати у виробництво створені сорти гірчиці, які дозволені для використання в Україні. Доцільно відновити статистичну звітність за цією культурою, що забезпечить аналіз сортових ресурсів, які найбільше використовують виробники.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кирилюк В.П., Тимушук Т.М., Кальчук М.М. Урожайність гірчиці білої залежно від системи основного обробітку ґрунту та удобрення. Наукові горизонти. 2019. № 2. (75). С. 27–33. DOI: 10.332491/2663-2144-2019-75-2-27-33.
2. Кернасук Ю. Експортний тренд – нішеві культури. Агробізнес сьогодні. 2015. № 4. С. 55–59.
3. Жуйков О.Г., Жуйков Г.С. Роль гірчиці та продуктів її переробки у формуванні продукто-

го сегменту АПК України. Бізнес-навігатор. 2013. № 1. С. 141–147.

4. 100 % рентабельності. URL: <http://expres.ua/news/2017/12/27/278295-100-vidsotkiv-rentabelnosti-fermery-zalyubky-rozshyryuyut-posivy-girchyci>

5. Поляков О.І., Нікітенко О.В., Вендель В.В. Вплив мінерального живлення на продуктивність гірчиці ярої за різних норм висіву. Інститут олійних культур НААН. 2018. № 26. 89 с.

6. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) / І.А. Шевченко та ін. Запоріжжя, 2017. Статус. 44 с.

7. Наукові основи агропромислового виробництва з зони Лісостепу України / М.В. Зубець та ін. Київ, 2010. 980 с.

8. Поляков О., Журавель В., Буділка Г. Вирощування гірчиці на півдні України. Пропозиція. Олійні культури. 2013. С. 28–30.

9. Гаврилюк М.М., Салатенко В.Н., Чехов А.В. Олійні культури в Україні: монографія. Київ: Основа, 2007. 416 с.

10. Вишнівський П.С., Губенко Л.В., Ремез Г.Г., Любич О.Я. Вплив системи удобрення на формування продуктивності гірчиці сарептської (*Brassica juncea* L.). Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства УААН". Київ, 2010. Вип. 3. С. 233–237.

11. Шолонкевич І.М. Селекційна оцінка сортозразків гірчиці білої, сизої, чорної. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (7 червня 2019 р., м. Київ). Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. С. 69–71.

12. Сиденко Д. Украинская горчица и просо на европейском экспортном рынке АПК-информ. 2013. URL: <http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/opinion/1012960#.Wc1IR9SLSH>.

13. Гриднев А.К., Пивень Л.Е. Об изменении стандарта на семена горчицы. Технические культуры. 1991. № 6. С. 33–34.

14. Державний реєстр сортів рослин України. Київ: Урожай, 2022.

15. Орлюк А.П., Гончарова К.В. Адаптивний і продуктивний потенціал пшениці: монографія. Херсон: Айлант. 2002. 276 с.

16. Збір урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України за 2009 р. Статистичний бюлетень. Київ, 2010.

17. Збір урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України за 2010 р. Статистичний бюлетень. Київ, 2011.

18. Збір урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України за 2015 р. Статистичний бюлетень. Київ, 2016.

19. Глеваський І.В. Буряківництво. Київ: Вища школа, 1991. С. 278–280.

20. Сорти Інституту кормів та сільського господарства Поділля. 2019. URL: http://fri.vin.ua/seeds_class.htm

21. Сорти Інституту землеробства НААН. 2019. URL: <https://zemlerobstvo.com/sorti/>

22. Охорона прав на сорти рослин. Бюлетень. Офіційне видання. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2018. Вип. 2. 355 с.

23. Сорт Аріадна. Бюлетень № 1. 2018. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/ariadna-1>

REFERENCES

1. Kyryliuk, V.P., Tymushchuk, T.M., Kalchuk, M.M. (2019). Urozhainist hirschytsi biloi zalezho vid systemy osnovnoho obrobittu hruntu ta udobrennia [The yield of white mustard depends on the system of the main tillage and fertilization]. *Naukovi horyzonty* [Scientific horizons]. no. 2 (75), pp. 27–33. DOI: 10.332491/2663-2144-2019-75-2-27-33.

2. Kernasiuk, Yu. (2015). Eksportnyi trend – nishevi kultury [Export trend – niche crops]. *Ahrobiznes sohodni* [Agribusiness today]. no. 4, pp. 55–59.

3. Zhuikov, O.H., Zhuikov, H.Ye. (2013). Rol hirschytsi ta produktiv yii pererobky u formuvanni produktovoho sehmentu APK Ukrainy [The role of mustard and its processing products in the formation of the agricultural sector of Ukraine]. *Biznes-navihator* [Business navigator]. no. 1, pp. 141–147.

4. 100 % rentabelnosti [100% profitability]. Available at: <http://expres.ua/news/2017/12/27/278295-100-vidsotkiv-rentabelnosti-fermery-zalyubky-rozshyryuyut-posivy-girchyci>.

5. Poliakov, O.I., Nikitenko, O.V., Vendel, V.V. (2018). Vplyv mineralnoho zhyvlennia na produktyvnist hirschytsi yaroї za riznykh norm vysivu [The influence of mineral nutrition on the productivity of spring mustard under different sowing rates]. *Instytut oliynykh kultur NAAN* [Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences]. no. 26, 89 p.

6. Shevchenko, I.A., Liakh, V.O., Poliakov, O.I., Soroka, A.I., Vedmedieva, K.V., Zhuravel, V.M., Makhno, Yu.O., Tovstonovska, T.H., Budilka, H.I. (2017). Lon oliinyi, hirschytsia. Stratehiia vyrobnytstva oliinoi syrovyny v Ukraini (maloposhyreni kultury) [Flax oil, mustard. Strategy for the production of oil raw materials in Ukraine (uncommon crops)]. *Zaporizhzhia, Status*, 44 p.

7. Zubets, M.V. (2010). Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva z zoni Lisostepu Ukrainy [Scientific basis of agro-industrial production from the forest-steppe zone of Ukraine]. Kyiv, 980 p.

8. Poliakov, O., Zhuravel, V., Budilka, H. (2013). Vyroshchuvannia hirschytsi na pivdni Ukrainy [Growing mustard in the south of Ukraine]. *Propozytsiia. Oliini kultury* [Offer. Oil crops]. pp. 28–30.

9. Havryliuk, M.M., Salatenko, V.N., Chekhov, A.V. Oliini kultury v Ukraini: monohrafiya [Oil crops in Ukraine]. Kyiv, Osнова, 416 p.

10. Vyshnivskyi, P.S., Hubenko, L.V., Remez, H.H., Liubchych, O.Ya. (2010). Vplyv systemy udobrennia na formuvannia produktyvnosti hirschytsi sareptskoї (*Brassica juncea* L.) [The influence of the fertilization system on the productivity of Sarepta mustard (*Brassica juncea* L.)]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs "Instytut zemlerobstva UAAN"* [A collection of scientific works of the NSC "Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences"]. Kyiv, Issue 3, pp. 233–237.

11. Sholonkevych, I.M. (2019). Seleksiina otsinka sortozrazkiv harchytsi biloi, syzoi, chornoi. Svitovi roslynni resursy: stan ta perspektyvy rozvytku: materialy V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (7 chervnia 2019 r., m. Kyiv). [Selective evaluation of white, gray, and black mustard varieties. World plant resources: state and prospects for development: materials of the V International Scientific and Practical Conference]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 69–71.

12. Sydenko, D. (2013). Ukraynskaia horchytsa y proso na evropeiskom eksportnom rynke APK-ynform. [Ukrainian mustard and millet on the European export market of agriculture-inform]. Available at: <http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/opinion/1012960#.Wc1IR9SLSH>.

13. Hrydnev, A.K., Pyven, L.E. (1991). Ob yzmenenyystandarta na semenahorchytsy [About changes in the mustard seed standard]. Tekhnicheskyye kul'tury [Technical culture]. no. 6, pp. 33–34.

14. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn Ukrainy [State Register of Plant Varieties of Ukraine]. Kyiv, Harvest, 2022.

15. Orliuk, A.P., Honcharova, K.V. (2002). Adaptivnyi i produktyvnyi potentsial pshenytsi: monohrafiia [Adaptive and productive potential of wheat]. Khereson, Ailant, 276 p.

16. Zbir urozhaiu silskohospodarskykh kultur, plodiv, yahid ta vynuhrad v rehionakh Ukrainy za 2009 r [Harvesting of agricultural crops, fruits, berries and grapes in the regions of Ukraine for 2009]. Statystychnyi biuleten [Statistical bulletin]. Kyiv, 2010.

17. Zbir urozhaiu silskohospodarskykh kultur, plodiv, yahid ta vynuhrad v rehionakh Ukrainy za 2010 r [Harvesting of agricultural crops, fruits, berries and grapes in the regions of Ukraine for 2010]. Statystychnyi biuleten [Statistical bulletin]. Kyiv, 2011.

18. Zbir urozhaiu silskohospodarskykh kultur, plodiv, yahid ta vynuhrad v rehionakh Ukrainy za 2015 r [Harvesting of agricultural crops, fruits, berries and grapes in the regions of Ukraine for 2015]. Statystychnyi biuleten [Statistical bulletin]. Kyiv, 2016.

19. Hlevaskyi, I.V. (1991). Buriakivnytstvo [Beet growing]. Kyiv, High school, pp. 278–280.

20. Sorty Instytutu kormiv ta silskoho hospodarstva Podillia [Varieties of the Institute of Fodder and Agriculture of Podillia]. 2019. Available at: http://fri.vin.ua/seeds_class.htm.

21. Sorty Instytutu zemlerobstva NAAN [Varieties of the Institute of Agriculture of the National Academy

of Sciences]. 2019. Available at: <https://zemlerobstvo.com/sorti/>.

22. Okhorona prav na sorty roslyn [Protection of rights to plant varieties]. Biuleten [Bulletin]. Vinnytsia, FOP Korzun D.Yu, 2018, Issue 2, 355 p.

23. Sort Ariadna [Ariadne variety]. Biuleten [Bulletin]. no. 1, 2018. Available at: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/ariadna-1>.

Peculiarities of mustard genofond formation in Ukraine

Mykolaiko I., Karpuk L.

The purpose of the research is to assess the features of the formation of the mustard genofond and its distribution in production in Ukraine. As of 2023 in the Register of plant varieties approved for the use in Ukraine, there are 40 varieties of mustard, of which 14 varieties are white mustard or 35 % of the total. The largest number of varieties of sarepda spring mustard is 42.5 % of the total number, which is due to a greater demand, since all other types of mustard are sown before winter. There is a great threat of their death during the overwintering period, but there is no such threat when sowing spring mustard. Most varieties are recommended for cultivation in all soil and climatic zones of Ukraine. Varietal change is most intense in varieties of white and black mustard, in the register of new varieties white mustard contains 57.2 %, black mustard – 66.7 %. Mustard was grown in Ukraine by all categories of farms, and the main indicators – sowing area before harvesting, grain yield and gross harvest – were mandatory for statistical reporting until 2015. After that it was not separately identified in statistical reporting, which complicates the accounting and analysis of crop cultivation volumes. The analysis of mustard areas before harvesting showed that the main amount of mustard was grown in agricultural farms in 2009, 167.53 thousand hectares or 96.5 % of the total area. By 2015, the mustard sown areas had been significantly decreased and amounted to 58.8 thousand ha in all categories of farms, or 2.85 times, compared to 2009, and the grain yield increased by an average of 0.24 t/ha. Yield enhancement provided gross harvest increment of mustard grain intensively, although due to the reduction in areas before harvesting, the gross grain harvest decreased.

Key words: variety, white mustard, varieties register, mustard type, crop productivity, grain, growing areas.



Copyright: Миколайко І.І., 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:

Миколайко І.І.

Карпук Л.М.

<https://orcid.org/0000-0002-4985-4918>

<https://orcid.org/0000-0002-2303-7899>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.5.633:85.483

Урожайність і якість насіння гірчиці сизої за впливу передпосівного внесення добрив і позакоренових підживлень в умовах Північно-східного Степу України

Рожков А.О. , Кириченко М.О. 

Державний біотехнологічний університет

 zms19760403@ukr.net

Рожков А.О., Кириченко М.О. Урожайність і якість насіння гірчиці сизої за впливу передпосівного внесення добрив і позакоренових підживлень в умовах Північно-східного Степу України. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 195–204.

Rozhkov A., Kyrychenko M. Crop productivity and quality of brown mustard seeds under the influence of pre-sowing fertilization and foliar feeding in the conditions of the North-Eastern Steppe of Ukraine. «Agrobiologia», 2023. no. 2, pp. 195–204.

Рукопис отримано: 28.10.2023 р.

Прийнято: 14.11.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-195-204

У статті наведено результати досліджень щодо комплексного впливу передпосівного внесення добрив й позакоренових підживлень на врожайність та якість насіння гірчиці сизої в умовах Північно-східного Степу України. Метою досліджень було виявлення варіантів передпосівного внесення комплексних добрив й позакоренових підживлень, які забезпечують формування найвищої врожайності насіння та найбільший збір олії гірчиці сизої сорту Феліція. Дослідження проводили в 2020, 2021 і 2023 рр. на базі ФГ «Кириченко М» Борівського району Харківської області. Двофакторний польовий дослід закладали методом розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях. Ділянками першого порядку були п'ять варіантів передпосівного внесення добрив, другого порядку – п'ять варіантів позакоренових підживлень різними сполученнями водорозчинних добрив. Площа посівної ділянки становила 90 м², облікової – 70 м². Найвища врожайність насіння (2,27–2,33 т/га) і збір олії (0,915–0,939 т/га) відмічені на варіантах поєднання передпосівного внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ і $N_{45}P_{45}K_{45}$ з двома позакореновими підживленнями під час 21–23 і 50–53 мікрофаз розчином карбаміду (10 кг/га) й комплексного водорозчинного добрива Квантум технічні (2,0 л/га). Вміст олії в насінні не зазнавав істотних змін. Відмічали лише тенденцію підвищення вмісту олії в насінні за умови проведення позакоренових підживлень та зменшення дози передпосівного внесення добрив. Зокрема, на варіантах проведення двох позакоренових підживлень вміст олії в насінні гірчиці порівняно з контролем підвищувався на 0,3–0,4 %, а на варіантах передпосівного внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ зменшувався порівняно з контролем на 0,7 %. Погодні умови спричиняли значні зміни врожайності насіння та збору олії з гектара, проте загальна тенденція впливу досліджуваних чинників зберігалася. Враховуючи це, підвищення дози передпосівного внесення від $N_{45}P_{30}K_{30}$ до $N_{45}P_{45}K_{45}$, як і додавання до робочих розчинів для позакоренових підживлень моноелементного добрива Квантум-БОР Актив не доцільне.

Ключові слова: гірчиця сиза, система живлення, урожайність, вміст олії, позакоренові підживлення, водорозчинні добрива.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. За виробництвом рослинної олії Україна є одним із світових лідерів. Більшість олій виробляють із соняшнику, площі під яким вже перевищують 5,0 млн га. Стихійне розширення площ під соняшником призвело до загострення проблем пов'язаних з родючістю та фітосанітарним станом ґрунтів. Аби не допустити зниження валового виробництва олій і водночас вирішити проблему надмірних площ соняшни-

ку, слід диверсифікувати виробництво олій через розширення площ олійних культур родини капустяних, яким наразі приділяють недостатньо уваги. Серед них перспективною є гірчиця, яка маючи високий потенціал продуктивності, здатна ефективно його розкривати фактично в усіх агрокліматичних зонах України [1].

Доцільність розширення посівних площ гірчиці також обумовлено зміною клімату. У нинішніх реаліях ця посухостійка культура

є альтернативою культурам, які через високі температури й дефіцит опадів мають невисоку врожайність. Наразі посівні площі під гірчицею в Україні становлять лише близько 50 тис. га, при тому що ґрунтово-кліматичні умови дозволяють вирощувати її по всій території України [2].

Урожайність насіння гірчиці в Україні є низькою. За останні 12 років вона змінювалася від 0,3 до 0,8 т/га. Тимчасом в країнах ЄС врожайність насіння становить 1,5–2,5 т/га, а зеленої маси – до 30,0 т/га [3].

Однією з причин низької врожайності насіння гірчиці є примітивізм системи живлення рослин, а саме вона є основним джерелом розкриття генетичного потенціалу продуктивності рослин. Серед виробників поширена практика вносити так звану середньостатистичну норму мінеральних добрив, яка для хрестоцвітих олійних становить $N_{40}P_{60}$. До того ж стосовно періоду внесення добрив, у кожного свої підходи [4]. За численними даними, лише завдяки оптимізації підходів живлення рослин, врожайність насіння гірчиці реально підвищити на 40 % і більше [5–7]. Аби досягти цього потрібно забезпечити бездефіцитний баланс поживних елементів впродовж всієї вегетації рослин. У зв'язку з цим зростає значення позакоренових підживлень, які дають можливість оперативного усувати нестачу поживних елементів і, водночас, згладжувати стреси, зумовлені абіотичними і біотичними чинниками [8, 9].

Ефективність системи живлення залежить від низки чинників, зокрема від вологозабезпечення, температурного режиму, родючості й фізичних показників ґрунтів, попередника, виду обробітку ґрунту тощо. Саме тому оптимізація системи живлення з урахуванням сукупної дії інших чинників є основою для максимальної «віддачі» одиниці діючої речовини добрив, а отже – ведення агробізнесу на засадах ресурсо-енергозбереження [10].

Жоден з елементів технології вирощування гірчиці не є таким дискусійним як система живлення рослин. У питаннях доз, періоду внесення добрив, а також їх марок навіть для однієї ґрунтово-кліматичної зони погляди науковців досить різняться. Є пропозиції застосовувати для передпосівного внесення як помірні дози мінеральних добрив у діапазоні – $N_{(30-45)}P_{(30-45)}K_{(30-45)}$ [3, 4, 11], так і значно вищі – $N_{(60-90)}P_{(60-90)}K_{(60-90)}$ [12–15].

Не менш дискусійними є аспекти позакоренового підживлення рослин, що обумовлено широким асортиментом добрив, комплексом абіотичних, біотичних, едафічних і технологічних чинників, а також різними підходами в

питаннях фаз проведення позакоренових підживлень. Водночас, не зважаючи на різні підходи проведення позакоренових підживлень, науковці відмічають їх значну роль для підвищення врожайності та якості насіння гірчиці, акцентуючи увагу саме на важливості підбору компонентів на основі аналізу вмісту елементів у ґрунті й рослинах, а також враховуючи наявні погодні умови [5, 8, 16–18].

Актуальність досліджень щодо системи живлення також обумовлена систематичним уведенням нових сортів гірчиці, які маючи специфічні морфологічні і біологічні особливості, можуть по-різному реагувати на період застосування добрив, їх склад і дози внесення [16, 19]. Сучасні сорти гірчиці вирізняються високим генетичним потенціалом продуктивності, однак вони досить вибагливі до умов вирощування, зокрема до системи живлення. А оскільки вони не завжди своєчасно й в достатньому обсязі отримують поживні елементи, реалізація їх потенціалу у виробничих умовах залишається низькою [4].

Враховуючи важливість системи живлення рослин, зокрема основних її складових – передпосівного внесення добрив і позакоренових підживлень, дослідження у цьому напрямі в умовах сьогодення є своєчасними й актуальними.

Мета досліджень полягала у пошуку варіантів сполучень передпосівного внесення добрив й позакоренових підживлень, які забезпечують повніше розкриття генетичного потенціалу продуктивності гірчиці сизої.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2020, 2021 і 2023 рр. на базі ФГ «Кириченко М» Борівського р-ну Харківської області за поширеною методикою [20]. Ґрунти господарства – чорноземи дерново-підзолисті, слабогумусні. Вміст гумусу в орному шарі становить 2,7–3,0 %, рухомого фосфору (за Чириковим) – 12,5 мг, калію – 11,8 мг на 100 г ґрунту.

Варіанти двофакторного дослідження розміщували методом розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях. Ділянками першого порядку (чинник *A*) були п'ять варіантів передпосівного внесення мінеральних добрив: 1 – контроль (без добрив); 2 – $N_{15}P_{15}K_{15}$; 3 – $N_{30}P_{30}K_{30}$; 4 – $N_{45}P_{45}K_{45}$; 5 – $N_{45}P_{30}K_{30}$. Ділянками другого порядку (чинник *B*) були 5 варіантів підживлень водорозчинними добривами (табл. 1). Площа посівної ділянки становила 90 м², облікової – 70 м². Агротехніка у досліді була загальноприйнятою для району досліджень, за виключенням досліджуваних елементів. Дослідження проводили із сортом гірчиці сизої

Феліція, створеним на Прикарпатській державній сільськогосподарській станції НААН. Цей сорт внесено у Державний реєстр у 2018 р. й рекомендовано до вирощування в усіх агрокліматичних районах України.

Позакореневі підживлення проводили різними сполученнями карбаміду з продуктами НВК «Квадрат» – Квантум технічні і Квантум-БОР Актив. Висококонцентроване комплексне добриво Квантум технічні розроблено для передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень технічних культур. Воно має підвищений вміст міді (11,0 г/л), цинку (12,0 г/л) і марганцю (11,3 г/л). Мікроелементи містяться в хелатній формі. Додатково добриво містить комплекс біологічно активних речовин, має слаболужну реакцію.

Моноелементне добриво Квантум-БОР Актив містить 140 г/л (14,0 %) легкодоступних біологічно активних форм бору. Також до його складу входять близько 1,5 % амінокислот, які покращують поглинання бору листками рослин, активізують метаболізм та підвищують стійкість рослин до стресів.

декади червня, дефіциту вологи не було. Температура повітря у травні була значно меншою порівняно з середньобагаторічними показниками, що ускладнювало перебіг ростових процесів рослин гірчиці сизої.

У 2021 р. дефіциту вологи впродовж вегетації посівів гірчиці не було. Кількість опадів була більшою порівняно з показниками кліматичної норми, крім того їх розподіл був відносно рівномірний. Більше потерпали рослини гірчиці від температурного режиму. Достатньо прохолодна температура у травні й висока у другій половині червня (в окремі дні – 33 °С) ускладнювали перебіг розвитку рослин гірчиці наприкінці вегетації.

Найбільш сприятливі погодні умови для рослин гірчиці склалися у 2023 р., що вплинуло на її врожайність. Впродовж вегетації опадів випало більше від показника кліматичної норми, до того ж їх розподіл був рівномірний. Цього року температурний режим відповідав біологічним потребам культури. У найбільш спекотні дні температура не перевищувала 28 °С.

Таблиця 1 – Варіанти позакореневих підживлень (чинник В)

Варіант	Фази росту та розвитку за міжнародною шкалою ВВСН	
	21–23	50–53
1 (контроль)	–	–
2	Карбамід (10 кг/га) + Квантум технічні (2,0 л/га)	–
3	Карбамід (10 кг/га) + Квантум технічні (2,0 л/га)	Карбамід (10 кг/га) + Квантум технічні (2,0 л/га)
4	Карбамід (10 кг/га) + Квантум технічні (2,0 л/га) + Квантум БОР Актив (1,0 л/га)	Карбамід (10 кг/га) + Квантум технічні (2,0 л/га)
5	Карбамід (10 кг/га) + Квантум технічні (2,0 л/га)	Карбамід (10 кг/га) + Квантум технічні (2,0 л/га) + Квантум БОР Актив (1,0 л/га)

Місце досліджень характеризується нестабільними умовами зволоження й значним перепадом температур. У роки досліджень кількість опадів за вегетації рослин значно відхилялася від середньобагаторічних показників.

Найменш сприятливі погодні умови для вирощування гірчиці склалися в 2020 р. У березні та квітні опадів було значно менше порівняно з показниками кліматичної норми, а у травні, навпаки, їх сума фактично вдвічі перевищувала цей показник. У другій половині вегетації, завдяки рясним опадам у травні та перші дві

Загалом варто зазначити, що різний температурний режим й розбіжність за кількістю опадів впродовж вегетації рослин гірчиці у роки досліджень, помітно впливали на їх ріст і розвиток, що відобразилося на показниках урожайності насіння. Водночас, це дало можливість більш повно визначити вплив досліджуваних варіантів передпосівного внесення комплексних добрив й позакореневих підживлень на врожайність і якість насіння гірчиці сизої.

Результати дослідження та обговорення. Аналіз отриманих результатів виявив значний вплив досліджуваних варіантів системи живлення на врожайність насіння гірчиці. Цілком прогнозовано врожайність насіння більших змін зазнавала за впливу передпосівного внесення добрив, оскільки саме вони закладають основу для кращого росту та розвитку рослин і відповідно, – формування вищої врожайності насіння.

У середньому за роками й варіантами позакоренових підживлень врожайність насін-

ня гірчиці сизої найбільшою була у варіанті передпосівного внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 2,26 т/га (табл. 2). Порівняно з контролем приріст врожайності становив 0,73 т/га або 48 %. Водночас, врожайність насіння у цьому варіанті істотно не відрізнялася від варіанта з дозою передпосівного внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$. Різниця за врожайністю між цими варіантами була неістотною – 0,03 т/га і за статистичним аналізом з використанням рангового критерію показники урожайності насіння на цих варіантах належали до однієї рангової групи.

Таблиця 2 – Урожайність насіння гірчиці за впливу передпосівного внесення добрив й позакоренових підживлень у середньому за 2020, 2021 і 2023 роки

Передпосівне внесення (чинник А)	Позакоренові підживлення (чинник В)	Урожайність, т/га		± до контролю чинника А	± до контролю чинника В
		показник	РГ**		
Контроль	1*	1,35	◇	–	–
	2	1,48	◇◇	–	+ 0,13
	3	1,62	◇◇◇	–	+ 0,27
	4	1,60	◇◇◇	–	+ 0,25
	5	1,60	◇◇◇	–	+ 0,25
$N_{15}P_{15}K_{15}$	1	1,68	◇	+ 0,33	–
	2	1,80	◇◇	+ 0,32	+ 0,12
	3	1,88	◇◇	+ 0,26	+ 0,20
	4	1,88	◇◇	+ 0,28	+ 0,20
	5	1,90	◇◇	+ 0,30	+ 0,22
$N_{30}P_{30}K_{30}$	1	1,93	◇	+ 0,58	–
	2	2,06	◇◇	+ 0,58	+ 0,13
	3	2,15	◇◇	+ 0,53	+ 0,22
	4	2,14	◇◇	+ 0,54	+ 0,21
	5	2,16	◇◇	+ 0,56	+ 0,23
$N_{45}P_{45}K_{45}$	1	2,12	◇	+ 0,77	–
	2	2,23	◇	+ 0,75	+ 0,11
	3	2,33	◇◇	+ 0,71	+ 0,21
	4	2,31	◇◇	+ 0,71	+ 0,19
	5	2,31	◇◇	+ 0,71	+ 0,19
$N_{45}P_{30}K_{30}$	1	2,09	◇	+ 0,74	–
	2	2,20	◇	+ 0,72	+ 0,11
	3	2,28	◇◇	+ 0,66	+ 0,19
	4	2,30	◇◇	+ 0,70	+ 0,21
	5	2,27	◇◇	+ 0,67	+ 0,18
Середнє за чинником А	Контроль	1,53	■	–	–
	$N_{15}P_{15}K_{15}$	1,83	■■	+ 0,30	–
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,09	■■■	+ 0,56	–
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	2,26	■■■■	+ 0,73	–
	$N_{45}P_{30}K_{30}$	2,23	■■■■	+ 0,70	–
Середнє за чинником В	1	1,83	◆	–	–
	2	1,95	◆◆	–	+ 0,12
	3	2,05	◆◆◆	–	+ 0,22
	4	2,05	◆◆◆	–	+ 0,22
	5	2,05	◆◆◆	–	+ 0,22
HP_{05} головного ефекту А – 0,06 т/га; HP_{05} головного ефекту В – 0,08 т/га; HP_{05} часткових порівнянь А – 0,09 т/га; HP_{05} часткових порівнянь В – 0,11 т/га					

Примітки: * – варіанти позакоренових підживлень наведено в табл. 1; ** РГ – рангова група.

Слід відмітити тенденцію зниження приросту врожайності насіння гірчиці за поступового підвищення дози добрив на 15 кг/га д. р. НРК. Зокрема, порівняно з контролем (без добрив), за внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ врожайність насіння гірчиці підвищувалася на 0,30 т/га або 19,6 %. З підвищенням дози передпосівного внесення від $N_{15}P_{15}K_{15}$ до $N_{30}P_{30}K_{30}$ приріст врожайності насіння становив 0,26 т/га (14,2 %), а від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{45}P_{45}K_{45}$ – лише 0,17 т/га або 8,1 %. При цьому врожайність зростала саме завдяки підвищенню дози азоту, оскільки істотної різниці між варіантами з дозами добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ і $N_{45}P_{30}K_{30}$ на було.

Значення позакореневих підживлень зводиться до коригування поживного режиму і нівелювання стресів абіотичної природи. Оскільки погодні умови, насамперед за режимом опадів, наближалися до показників кліматичної норми, то й значення підживлень було меншим. Водночас вони також забезпечували істотне підвищення врожайності насіння гірчиці сизої.

У середньому за роками і варіантами передпосівного внесення добрив, найбільша врожайність насіння гірчиці сизої (2,05 т/га) була у варіантах проведення двох позакореневих підживлень під час фаз розетки і бутонізації (мікрофази 21–23 і 50–53) сумішшю карбаміду й водорозчинного добрива Квантум технічні. Додавання до робочих розчинів моноелементного добрива Квантум-БОР Актив на врожайність насіння не впливало.

Одноразове позакореневе підживлення під час мікрофаз 21–23 сумішшю карбаміду й водорозчинного добрива Квантум технічні також забезпечувало отримання істотного приросту врожайності насіння порівняно з контролем (без підживлень), однак поступалося за ефективністю варіантам проведення двох позакореневих підживлень.

Вплив позакореневих підживлень більшою мірою проявлявся на варіантах, де передпосівне внесення добрив не проводили. Зокрема, на контролі чинника А, урожайність насіння гірчиці за проведення позакореневих підживлень максимально підвищувалася на 20 %, тимчасом на фоні $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{45}P_{45}K_{45}$ – на 13; 12 і 10 % відповідно. Це логічно, адже на кращому агрофоні вплив відносно невеликих доз мінеральних елементів буде меншим.

У дослідях відмічено взаємодію досліджуваних чинників. Зокрема, перевага варіантів з двома позакореневими підживленнями у середньому за три роки досліджень спостерігалась лише у варіанті без передпосівного внесення добрив. На досліджуваних фонах передпосівного внесення добрив різниці між

одним і двома позакореневими підживленнями не встановлено.

У середньому за роки, найвищу врожайність насіння забезпечив варіант поєднання передпосівного внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ і двох позакореневих підживлень під час мікрофаз 21–23 і 50–53 розчином карбаміду і комплексного добрива Квантум технічні в разовій дозі 10 кг/га і 2,0 л/га відповідно. Підвищення дози передпосівного внесення до $N_{45}P_{45}K_{45}$, як і додавання під час позакореневих підживлень до робочого розчину моноелементного добрива Квантум-БОР Актив, істотного приросту врожайності насіння не забезпечували.

Цей варіант поєднання передпосівного внесення добрив і позакореневих підживлень забезпечив отримання найвищого приросту врожайності насіння гірчиці порівняно з контролем в усі роки досліджень.

Незважаючи на відносну подібність погодних умов під час вегетації посівів гірчиці сизої, розбіжність за врожайністю насіння у роки досліджень була високою й фактично на одному рівні з розбіжністю показників за впливу досліджуваних варіантів передпосівного внесення добрив. Зокрема, різниця за врожайністю насіння між досліджуваними варіантами передпосівного внесення добрив у середньому за іншими чинниками становила 0,73 т/га, між роками – 0,69 т/га (1,71 т/га – у 2020 р. і 2,40 т/га – у 2023 р.) (табл. 3).

Ефективність передпосівного внесення добрив вищою була в менш сприятливих погодних умовах. Зокрема, у відносних показниках, максимальний приріст врожайності насіння гірчиці сизої за впливу передпосівного внесення добрив у 2020 р. становив 53 %, тимчасом у 2021 і 2023 рр. – 43 %. Оскільки погодні умови району досліджень зазвичай не є сприятливими, системи живлення і передпосівного внесення добрив зокрема, має виключно важливе значення. З огляду на це, зробити цю культурою «привабливою» для виробників можна лише завдяки оптимізації системи її живлення, головне значення в якій має передпосівне внесення добрив.

На відміну від врожайності насіння, вміст олії в насінні не зазнавав істотних змін за впливу досліджуваних чинників. Спостерігалась лише тенденція підвищення вмісту олії у насінні за умови проведення позакореневих підживлень і зменшення дози передпосівного внесення добрив. Зокрема, на варіантах проведення двох позакореневих підживлень вміст олії у насінні гірчиці, порівняно з контролем, підвищувався на 0,3–0,4 %, а на варіантах передпосівного внесення найбільшої досліджуваної дози добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ зменшувався порівняно з контролем на 0,7 % (табл. 4).

Таблиця 3 – Урожайність насіння гірчиці за різних варіантів передпосівного внесення комплексних добрив і позакоренових підживлень у роки досліджень, т/га

Варіант передпосівного внесення (чинник <i>A</i>)	Варіант позакоренового підживлення (чинник <i>B</i>)					Середнє
	1*	2	3	4	5	
2020 рік						
Контроль	1,14	1,21	1,31	1,34	1,28	1,26
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1,46	1,54	1,63	1,60	1,61	1,57
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,65	1,77	1,86	1,84	1,87	1,80
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	1,89	1,97	2,01	2,06	2,03	1,99
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,86	1,92	1,96	1,94	1,98	1,93
Середнє	1,60	1,68	1,75	1,76	1,75	1,71
НІР ₀₅ ефекту <i>A</i> – 0,06 т/га; НІР ₀₅ ефекту <i>B</i> – 0,07 т/га; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 0,09 т/га; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – 0,10 т/га						
2021 рік						
Контроль	1,27	1,44	1,53	1,51	1,53	1,46
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1,56	1,68	1,77	1,73	1,80	1,71
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,84	1,97	2,01	2,03	2,00	1,97
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	1,97	2,06	2,14	2,17	2,11	2,09
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,94	2,07	2,09	2,12	2,06	2,06
Середнє	1,72	1,84	1,91	1,91	1,90	1,86
НІР ₀₅ ефекту <i>A</i> – 0,08 т/га; НІР ₀₅ ефекту <i>B</i> – 0,08 т/га; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 0,11 т/га; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – 0,12 т/га						
2023 рік						
Контроль	1,63	1,80	2,01	1,96	1,98	1,88
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	2,01	2,19	2,23	2,32	2,29	2,21
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,31	2,44	2,58	2,55	2,61	2,50
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	2,50	2,66	2,83	2,71	2,79	2,70
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	2,47	2,61	2,79	2,83	2,77	2,69
Середнє	2,18	2,34	2,49	2,47	2,49	2,40
НІР ₀₅ ефекту <i>A</i> – 0,11 т/га; НІР ₀₅ ефекту <i>B</i> – 0,12 т/га; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 0,14 т/га; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – 0,14 т/га						

Примітка: * – варіанти позакоренових підживлень наведені в табл. 1.

Таблиця 4 – Вміст олії у насінні гірчиці за різних варіантів передпосівного внесення добрив і позакоренових підживлень, % (середнє за 2020, 2021 і 2023 рр.)

Варіант передпосівного внесення (чинник А)	Варіант позакоренового підживлення (чинник В)					Середнє
	1*	2	3	4	5	
Контроль	40,6	40,7	40,9	41,0	40,9	40,8
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	40,5	40,6	40,8	40,9	40,9	40,8
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	40,4	40,3	40,4	40,5	40,5	40,4
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	39,5	40,1	40,3	40,4	40,3	40,1
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	40,1	40,1	40,2	40,2	40,3	40,2
Середнє	40,2	40,4	40,5	40,6	40,6	40,5

Примітка: * – варіанти позакоренових підживлень наведено в табл. 1.

Завдяки позитивній тенденції підвищення вмісту олії в насінні, вплив позакоренових підживлень на збір олії з гектара був вищий, ніж на врожайність насіння. Зокрема, на варіантах проведення двох позакоренових підживлень сумішшю карбаміду з водорозчинним комплексним добривом Квантум технічні врожайності насіння порівняно з контролем в середньому за іншими чинниками зростала на 12,0 %, а збір олії з гектара – на 12,8 %.

Збір гірчиної олії понад 0,9 т/га відмічено на варіантах передпосівного внесення N₄₅P₄₅K₄₅ і N₄₅P₃₀K₃₀ у поєднанні з двома позакореновими підживленнями різними сумішами препаратів

(табл. 5). На цих варіантах збір олії варіював у межах від 0,915 до 0,939 т/га.

Зменшення передпосівної дози від N₄₅P₄₅K₄₅ до N₄₅P₃₀K₃₀ не спричиняло істотного зниження збору олії з гектара, при цьому істотно скорочувалася вартість гектарної дози добрив. Отже, оптимальною дозою передпосівного внесення як для отримання найвищої врожайності, так і найбільшого збору олії з гектара є N₄₅P₃₀K₃₀. Подальше підвищення дози передпосівного внесення істотного приросту показників не забезпечує, при цьому значно зростають витрати, а також посилюється «тиск» на екологічну складову.

Таблиця 5 – Збір олії гірчиці за різних варіантів передпосівного внесення добрив і позакоренових підживлень у середньому за 2020, 2021 і 2023 рр., т/га

Варіант передпосівного внесення (чинник А)	Варіант позакоренового підживлення (чинник В)					Середнє
	1*	2	3	4	5	
Контроль	0,548	0,602	0,663	0,656	0,654	0,625
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	0,680	0,731	0,767	0,771	0,777	0,745
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	0,780	0,830	0,869	0,867	0,875	0,844
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0,837	0,894	0,939	0,933	0,931	0,907
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,838	0,882	0,917	0,925	0,915	0,895
Середнє	0,737	0,788	0,831	0,830	0,830	0,803

Примітка: * – варіанти позакоренових підживлень наведено в табл. 1.

Висновки. Виявлено оптимальні варіанти поєднання передпосівного внесення добрив й позакоренових підживлень посівів гірчиці сизої сорту Феліція. Найвища врожайність насіння (2,27–2,33 т/га) і збір олії (0,915–0,939 т/га) цього сорту відмічено на варіантах поєднання передпосівного внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ і $N_{45}P_{45}K_{45}$ з двома позакореновими підживленнями під час 21–23 і 50–53 мікрофаз за міжнародною шкалою ВВСН різними сумішами добрив. Погодні умови спричиняли значні зміни врожайності насіння та збору олії з гектара, однак загальна тенденція впливу досліджуваних варіантів передпосівного внесення добрив й позакоренових підживлень за роками була однаковою. З огляду на це, підвищення дози передпосівного внесення від $N_{45}P_{30}K_{30}$ до $N_{45}P_{45}K_{45}$, як і додавання до робочих розчинів для позакоренових підживлень моноелементного добрива Квантум-БОР Актив не доцільне.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Enrichment of field crops biodiversity in conditions of climate changing / S. Kalenska et al. Ukrainian journal of ecology. 2019. No 9(1). P. 19–29.
2. Журавель В., Буділка Г. Гірчиця біла – і рентабельно, і корисно. Аграрний тиждень. URL: <http://www.a7d.com.ua/analitika/tehnology/17183-grchicya-bla-rentabelno-korisno.html>.
3. Губенко Л.В., Любич О.Я. Вплив добрив на продуктивність гірчиці білої. Зернові культури. 2020. Т. 4. № 2. С. 289–295. DOI: 10.31867/2523-4544/0137
4. Мельник А.В., Жердецька С.В. Вплив доз мінеральних добрив на врожайність гірчиці ярої сизої в умовах північно-східного Лісостепу України. Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. № 269. С. 177–185.
5. Шахід А. Вплив норм мінеральних добрив на ріст та розвиток рослин гірчиці білої в умовах Північно-східного Лісостепу України. Таврійський науковий вісник. 2018. № 101. С. 136–140.
6. Sarkar A., Jana K., Mondal R. Growth and yield of hybrid mustard (*Brassica juncea* L.) as influenced by foliar nutrition in Gangetic plains of West Bengal. Journal of crop and weed. 2021. 17(3). P. 35–40. DOI: 10.22271/09746315.2021.v17.i3.1488
7. Sandeep K., Bhim S., Aparna V., Durgesh K. Effect of Novel Sources of Nutrients, their Dose and Mode of Application on Yield, quality and Profitability of Indian Mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern & Coss]. Biological Forum – An International Journal. 2022. No 14(3). P. 1385–1390.
8. Effect of nano-particles on growth, productivity, profitability of Indian mustard (*Brassica juncea*) under semi-arid conditions / S.S. Rathore et al. Indian Journal of Agricultural Sciences. 2019. No 89(7). P. 1145–1150. DOI: 10.56093/ijas.v89i7.91669.
9. Mondal R., Goswami S., Goswami B.S., Jana K. Effect of different nutrient management practices on growth, grain yield, production economics, soil nutrient availability of transplanted kharif rice and correlation studies. J. Crop and Weed. 2020. No 16(1). P. 172–179. DOI: 10.22271/09746315. 2020.v16.i1.1290
10. Жуйков О.Г. Гірчиця в Південному Степу: агроекологічні аспекти і технології вирощування. Херсон, 2014. 416 с.
11. Блащук М.І., Тетерещенко Н.М. Вплив строків сівби та доз мінеральних добрив на продуктивність гірчиці білої. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур. 2014. № 21. С. 65–74.
12. Вишнівський П.С., Вишнівський В.С. Вплив рівня удобрення та позакоренового підживлення на формування продуктивності різних видів гірчиці. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур. 2015. № 22. С. 99–109.
13. Сайко В.Ф., Вишневський В.С. Вплив елементів технології на формування продуктивності гірчиці білої сорту Еталон. Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства НААН”. 2015. Вип. 4. С. 72–78.
14. Поляков О.І., Вахненко С.В., Нікітенко О.В., Вендель В.В. Особливості формування продуктивності гірчиці ярої під впливом мінеральних добрив за різних норм висіву. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур. 2016. № 23. С. 155–161.
15. Sarkar A., Jana K., Mondal R. Growth and yield hybrid mustard as influenced by foliar nutrition in Gangetic plains of West Bengal. Journal of Crop and Weed. 2021. No 17(3). P. 35–40. DOI: 10.22271/09746315.2021.v17.i3.1488
16. Kumar R., Pandey D., Singh V., Singh I. Nano-technology for better fertilizer use (Research Experiences at Pantnagar). Research Bulletin. 2014. 201. P. 16–25.
17. Sandeep K., Bhim S., Aparna V., Durgesh K. Effect of Novel Sources of Nutrients, their Dose and Mode of Application on Yield, quality and Profitability of Indian Mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern & Coss]. Biological Forum – An International Journal. 2022. No 14(3). P. 1385–1390.
18. Luharch I., Tomar V., Sharma D., Kaur S. Effect of planting methods and nutrient management on growth, yield and economics of mustard (*Brassica Rapa* L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2022. No 11 (6). P. 25–32. DOI: 10.22271/phyto.2022.v11.i6a.14521
19. Effect of plant growth regulators on growth, biochemical and yield of Indian mustard [*Brassica juncea*] under drought stress condition / N. Nehal et al. Plant Archives. 2017. No 17(1). P. 580–584.
20. Дослідна справа в агрономії: у 2-х кн. Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків: Майдан, 2016. Кн. 1. 316 с.

REFERENCES

1. Kalenska, S., Yeremenko, O., Novitska, N., Yunyk, A. (2019). Enrichment of field crops biodiversity in conditions of climate changing. Ukrainian journal of ecology. no. 9(1), pp. 19–29.

2. Zhuravel, V. Budilka, G. Hirchytsia bila – i rentabelno, i korysno [White mustard is both profitable and useful]. *Ahrarnyi tyzhden [Agrarian week]*. Available at: <http://www.a7d.com.ua/analtika/tehnologiy/17183-grchicya-bla-rentabelno-korisno.html>.
3. Hubenko, L.V., Liubchych, O.Ya. (2020). Vplyv dobryv na produktyvnist hirchytsi biloi [The effect of fertilizers on the productivity of white mustard]. *Zer-novi kultury [Cereal crops]*. Vol. 4, no. 2, pp. 289–295. DOI: 10.31867/2523-4544/0137
4. Melnyk, A.V., Zherdetska, C.V. (2017). Vplyv doz mineralnykh dobryv na vrozhaunist hirchytsi yaroï syzoi v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [The effect of mineral fertilizer doses on the yield of spring gray mustard in the condition of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. *Naukovyi visnyk natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]*. no. 269, pp. 177–185.
5. Shakhid, A. (2018). Vplyv norm mineralnykh dobryv na rist ta rozvytok roslyn hirchytsi biloi v umovakh Pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [The influence of mineral fertilizer rates on the growth and development of white mustard plants in the condition of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk [Taurian Scientific Bulletin]*. no. 101, pp. 136–140.
6. Sarkar, A., Jana, K., Mondal, R. (2021). Growth and yield of hybrid mustard (*Brassica juncea*) as influenced by foliar nutrition in Gangetic plains of West Bengal. *Journal of crop and weed*. no. 17(3), pp. 35–40. DOI: 10.22271/09746315.2021.v17.i3.1488
7. Sandeep, K., Bhim, S., Aparna, V., Durgesh, K. (2022). Effect of Novel Sources of Nutrients, their Dose and Mode of Application on Yield, quality and Profitability of Indian Mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern & Coss]. *Biological Forum – An International Journal*. no. 14(3), pp. 1385–1390.
8. Rathore, S.S., Shekhawat, K.A., Singh, R.K., Updhyay, P.K., Shekhawat, R., Premi, O.P. (2019). Effect of nano-particles on growth, productivity, profitability of Indian mustard (*Brassica juncea*) under semi-arid conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. no. 89(7), pp. 1145–1150. DOI: 10.56093/ijas.v89i7.91669.
9. Mondal, R., Goswami, S., Goswami, B.S., Jana, K. (2020). Effect of different nutrient management practices on growth, grain yield, production economics, soil nutrient availability of transplanted kharif rice and correlation studies. *J. Crop and Weed*. no. 16(1), pp. 172–179. DOI: 10.22271/09746315.2020.v16.i1.1290
10. Zhuikov, O.G. (2014). Hirchytsia v Pivden-nomu Stepu: ahroekolohichni aspekty i tekhnolohii vyroshchuvannya [Mustard in the Southern Steppe: agroecological aspects and growing technologies]. *Kherson*, 416 p.
11. Blashchuk, M.I., Tetereshchenko, N.M. (2014). Vplyv strokiv sivy ta doz mineralnykh dobryv na produktyvnist hirchytsi biloi [The influence of sowing dates and doses of mineral fertilizers on the productivity of white mustard]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur [Scientific and technical bulletin of the Institute of oil Crops]*. no. 21, pp. 65–74.
12. Vyshnivskiy, P.S., Vyshnivskiy, V.S. (2015). Vplyv rivnia udobrennia ta pozakorenevoho pidzhyvlennia na formuvannya produktyvnosti riznykh vydiv hirchytsi [The influence of the level of fertilization and foliar feeding on the formation of productivity of different types of mustard]. *Naukovo-tekh-nichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur [Scientific and technical bulletin of the Institute of oil Crops]*. no. 22, pp. 99–109.
13. Saiko, V.F., Vyshnevskiy, V.S. (2015). Vplyv elementiv tekhnolohii na formuvannya produktyvnosti hirchytsi biloi sortu Etalon [The influence of elements of technology on the formation of Etalon white mustard]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs “Instytut zemlerobstva NAAN” [Collection of scientific works of the NSC “Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences”]*. Vol. 4, pp. 72–78.
14. Poliakov, O.I., Vakhnenko, S.V., Nikitenko, O.V., Vendel, V.V. (2016). Osoblyvosti formuvannya produktyvnosti hirchytsi yaroï pid vplyvom mineralnykh dobryv za riznykh norm vysivu [Peculiarities of formation of spring mustard productivity under the influence of mineral fertilizers at different sowing rates]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur [Scientific and technical bulletin of the Institute of oil crops]*. no. 23, pp. 155–161.
15. Sarkar, A., Jana, K., Mondal, R. (2021). Growth and yield hybrid mustard as influenced by foliar nutrition in Gangetic plains of West Bengal. *Journal of Crop and Weed*. no. 17(3), pp. 35–40. DOI: 10.22271/09746315.2021.v17.i3.1488
16. Kumar, R., Pandey, D., Singh, V., Singh, I. (2014). Nano-technology for better fertilizer use (Research Experiences at Pantnagar). *Research Bulletin*. no. 201, pp. 16–25.
17. Sandeep, K., Bhim, S., Aparna, V., Durgesh, K. (2022). Effect of Novel Sources of Nutrients, their Dose and Mode of Application on Yield, quality and Profitability of Indian Mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern & Coss]. *Biological Forum – An International Journal*. no. 14(3), pp. 1385–1390.
18. Luharch, I., Tomar, V., Sharma, D., Kaur, S. (2022). Effect of planting methods and nutrient management on growth, yield and economics of mustard (*Brassica Rapa L.*). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. no. 11(6), pp. 25–32. DOI: 10.22271/phyto.2022.v11.i6a.14521
19. Nehal, N., Sharma, N., Singh, M., Singh, P., Rajpoot, P., Kumar Pandey, A., Khan, A., Singh, A., Yadav, R. (2017). Effect of plant growth regulators on growth, biochemical and yield of Indian mustard [*Brassica juncea*] under drought stress condition. *Plant Archives*. no. 17(1), pp. 580–584.
20. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M., Popov, S.I., Puzik, L.M. (2016). Doslidna sprava v ahronomii. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy [Research case in agronomy. Theoretical aspects of the research case]. *Kharkiv, Maidan*, 316 p.

Crop productivity and quality of brown mustard seeds under the influence of pre-sowing fertilization and foliar feeding in the conditions of the North-Eastern Steppe of Ukraine**Rozhkov A., Kyrychenko M.**

The article presents the research results of the complex impact of the pre-sowing fertilizers and foliar fertilization on the yield and quality of gray mustard seeds in the conditions of the North-Eastern Steppe of Ukraine. The purpose of the research was to identify the options for pre-sowing application of complex fertilizers and foliar feeding, which ensure the formation of the highest seed yield and the largest collection of gray mustard oil the «Felicia» variety. The research was conducted in 2020, 2021 and 2023 on the basis of farm «Kyrychenko M» of Boriv district, Kharkiv region. A two-factor field experiment was set up using the split-plot method in four replications. The first-order plots were five variants of pre-sowing fertilization, the second order ones – five variants of foliar fertilizing with various combinations of water-soluble fertilizers. The area of the sown plot was 90 m², the accounting plot was 70 m². The highest seed yield (2.27–2.33 t/ha) and oil collection (0.915–0.939 t/ha)

were noted on the variants of the combination of pre-sowing application of N₄₅P₃₀K₃₀ and N₄₅P₄₅K₄₅ with two foliar top dressings during 21–23 and 50–53 microphases with a solution urea (10 kg/ha) and complex water-soluble fertilizer «Quantum technical» (2.0 l/ha). The oil content in the seeds did not undergo significant changes. There was only a tendency to increase the oil content in the seeds under the condition of foliar fertilizing and the dose reducing of pre-sowing fertilizers. In particular, the oil content in mustard seeds increased by 0.3–0.4 % in the variants of two foliar feedings compared to the control, and in the variants of pre-sowing application of N₄₅P₄₅K₄₅ it decreased by 0.7 % compared to the control. Weather conditions led to significant changes in seed yield and oil yield per hectare, but the general tendency of influence of the studied factors remained. Based on this, increasing the dose of pre-sowing application from N₄₅P₃₀K₃₀ to N₄₅P₄₅K₄₅, as well as adding to the working solutions for foliar fertilization of the monoelement fertilizer «Quantum-BOR Active» is not advisable.

Key words: brown mustard, nutrition system, crop productivity, oil content, foliar feedings, water-soluble fertilizers.



Copyright: Рожков А.О., Кириченко М.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:

Рожков А.О.

Кириченко М.О.

<https://orcid.org/0000-0001-9138-7973><https://orcid.org/0009-0008-9328-1636>

АГРОНОМІЯ

УДК 634.23; 631.52

Фенологічні аспекти розвитку сортів черешні в умовах Правобережного Лісостепу УкраїниШубенко Л.А.¹ , Леус В.В.² , Заболотний О.І.³ , Котинін Ю.М.¹¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Державний біотехнологічний університет³ Уманський національний університет садівництва Шубенко Л.А. Lidia.shubenko@btsau.edu.ua

Шубенко Л.А., Леус В.В., Заболотний О.І., Котинін Ю.М. Фенологічні аспекти розвитку сортів черешні в умовах Правобережного Лісостепу України. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 205–213.

Shubenko L., Leus V., Zabolotnyi O., Kotinyn Yu. Phenological aspects of the development of sweet cherry varieties in the environmental conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 205–213.

Рукопис отримано: 02.11.2023 р.

Прийнято: 17.11.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-205-213

У статті наведено результати дослідження сезонного ритму процесів росту й розвитку сортів черешні в умовах Правобережного Лісостепу України. Визначено початок розвитку культури, проходження та тривалість основних фенофаз. Спостерігається незначна сортова мінливість між термінами початку і тривалості вегетації відповідно до зміни погодних умов. У результаті проведених спостережень встановлено, що початок вегетації сортів черешні проходить у першій декаді квітня. Початок цвітіння дерев черешні відмічено у першій половині третьої декади квітня, варіювання початку цвітіння черешні по роках сягає 5–10 діб, що найбільш характерно на прикладі сортів Дар Млієва і Дрогана жовта. Настання знімальної стиглості плодів значною мірою визначає належність сорту до групи стиглості. Першими починають збирати плоди сорту Мліївська жовта, Дар Млієва, Зоряна і через 26 діб збирають плоди сорту Амазонка. За результатами спостережень сорти черешні умовно поділили на групи стиглості: ранньостиглі, в яких плоди досягають на 44–48 добу після цвітіння, середньостиглі – плоди досягають через 50–60 діб після закінчення цвітіння, пізньостиглі – плоди досягають пізніше ніж на 60 добу після цвітіння. Залежно від початку настання знімальної стиглості плодів й тривалості фази плодоношення, для своєчасності і зручності збирання врожаю, стало можливим створити своєрідний конвейєр збирання врожаю. Тривалість вегетаційного періоду становила у середньому 186 діб у ранньостиглої групи сортів черешні з найкоротшим терміном у сорту Мліївська жовта, 191 добу для сортів середньостиглої групи з найтривалішим у сорту Мелітопольська крапчаста і найкоротшим у сорту Альонушка, у пізньостиглих сортів у сорту Бірюза й Амазонка – 196 і 200 діб відповідно.

Ключові слова: сорти черешні, фенологічні фази, вегетаційний період, вегетативні органи, тривалість вегетаційного періоду.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Елементом господарсько-біологічного вивчення сортів є спостереження за процесами проходження фенологічного розвитку. Це закономірне чергування й щорічне повторення феноциклів (вегетації та спокою, росту пагонів і його завершення, появи й опадання листя, цвітіння, дозрівання плодів і насіння). У межах циклів відбувається послідовне проходження фенологічних фаз росту й розвитку. Фенологічна фаза – це такий етап у річному циклі розвитку рослини та її окре-

мих органів, який характеризується явно вираженими зовнішніми морфологічними змінами. Тривалість вегетаційного періоду, темпи росту й розвитку, пристосованість до певних умов обумовлені особливостями онтогенезу рослин [1, 2, 18]. Строки проходження фенофаз перебувають у тісному взаємозв'язку з метеорологічними умовами, які визначають тепловий, світловий, водний режими. Фенологічні спостереження дають можливість визначити тривалість вегетаційного періоду кожного сорту й відповідність цього періоду теплій порі

року у даній місцевості; встановити потреби сорту щодо тепла, світла, вологості та інших умов зовнішнього середовища в різні фази вегетаційного періоду; визначити оптимальні терміни для планування різних агрозаходів (обрізування, полив, внесення добрив, обприскування, знімання плодів тощо); добирати сорти-запилювачі [3–5, 19].

Тривалість вегетаційного періоду сільськогосподарських культур є генетично обумовленою ознакою. Ритмічність сезонного росту й розвитку рослин тісно пов'язана з чинниками навколишнього природного середовища [6, 20]. Вважають, що сезонна біоритмічність є одним з найважливіших інтегральних показників, які характеризують біологічні особливості й ступінь адаптації рослин до абіотичних чинників довкілля [7, 8]. Ріст і розвиток певних сортів у районах їх поширення визначають багаторічним вивченням проходження ними фенологічних фаз розвитку впродовж вегетаційного періоду, строки яких характеризують їх ритмічність відповідно до кліматичних умов району вирощування [9–11]. На підставі візуальних спостережень розробляють науково-практичні рекомендації з розмноження та вирощування рослин за межами їх ареалу. Сезонні ритми розвитку рослин входять до комплексу найважливіших біоекологічних та господарсько-біологічних показників, що характеризують ступінь відповідності нових кліматичних умов природним потребам сорту.

Визначальними фізіологічними показниками, тісно пов'язаними з сезонним розвитком, є зимо- та посухостійкість рослин. З урахуванням цих властивостей визначають адаптивну здатність рослин до виживання в антропогенно змінених умовах зростання. Знання про варіації фенологічних циклів і росту рослинності дають цінну інформацію про кліматичні та фізико-географічні характеристики території [12–14]. Фенологічні моделі, інформуючи про стадії росту та розвитку сільськогосподарських культур впродовж вегетаційного періоду, можуть бути корисними інструментами для підвищення ефективності та своєчасності управління культурами. Особливо у стратегічних рішеннях, як, наприклад, вибір зон вирощування, підбір сортів, системи навчання, густота насаджень, терміни фітосанітарного контролю, внесення добрив і проріджування. Кісточкові породи мають унікальні фенологічні цикли у кожному географічному регіоні, які можна виміряти за допомогою даних дистанційного зондування в критичні дати фенологічного циклу.

Індекси рослинності, такі як індекс нормалізованої різниці рослинності (NDVI), широко

використовують для моніторингу сезонних, міжрічних і довгострокових коливань структурних, фенологічних і біофізичних параметрів рослинного покриву [15, 16].

Метою дослідження було визначення строків проходження фенологічних фаз розвитку сортів черешні у зв'язку зі змінами клімату, оскільки процеси метаболізму рослин тісно пов'язані з температурним чинником.

Матеріал і методи дослідження. Фенологічні спостереження за рослинами черешні проводили впродовж трьох років у багаторічних насадженнях Немирівської сортодослідної станції. Дослідження особливостей росту й сезонного розвитку проводили за такими фазами: бубнявіння і розпускання вегетативних бруньок; розпускання листків; початок росту пагонів; цвітіння; формування і досягання плодів; закінчення росту пагонів; початок осіннього забарвлення листків; листопад з використанням методів візуальних фенологічних спостережень згідно з «Методикою проведення польових досліджень із плодовими культурами» П.В. Кондратенка та М.О. Бублика [17].

Фенологічні характеристики були зібрані за дослідження в десяти випадково вибраних дерев подібного розвитку. Фенологія кожного дерева була зареєстрована у чотирьох випадкових пагонах на дерево, вибраних у південному, північному, західному та східному квадрантах крони. Реєстрацію фенофаз досліджуваних сортів проводили впродовж вегетаційного періоду з 3-ї декади березня до 1-ї декади листопада, 2–3 рази за тиждень. Настання фенологічної фази фіксували за умов вступу до неї близько 50 % органів не менш ніж у 50 % досліджуваних рослин. Фенологічні дані вносили до польового журналу та до індивідуальної картки рослини.

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, висаджені за схемою 6х4 м.

Результати дослідження та обговорення. Кліматичні умови Лісостепу західного характеризуються достатньою кількістю тепла, однак нестійким зволоженням. Значне підвищення температури спостерігається впродовж березня-квітня та квітня-травня. Літній період відзначається високими і сталими температурами: у липні – до 20 °C, у серпні – 22–23 °C (рис. 1). Теплий період триває у межах 230–265 діб, а період активної вегетації (температура вище 10 °C) коливається від 155 до 170 діб. Сума активних температур становить 2300–2750 °C, ГТК досягає 1,3–2,0, річна кількість опадів ко-

ливається в межах 498–675 мм, на заході – до 790 мм, за середньої температури повітря 7,8 °С.

У результаті проведених спостережень встановлено, що в умовах Вінницької області початок вегетації сортів черешні проходить у першій декаді квітня. Початок розпускання бруньок мало залежав від помологічного сорту, значний вплив мали погодні умови, а саме температурний режим повітря. Впродовж 2020–2022 років досліджень різниця між початком вегетації у сортів становила один день, причому порядок вегетації сортів зберігався стабільно.

Веgetація рослин розпочинається з першої фази – набрякання бруньок, яка за досліджувані роки найраніше почалась у 2021 році у сортів Зоряна, Донецький угольок і Альонушка (20–22.III) (табл. 1). Тривалість підфази набрякання-розкривання вегетативних бруньок становила від 17 до 12 діб у 2020 році, 13–9 діб у 2021 році, 5–2 діб у 2022 році, що пояснюється температурним режимом навесні під час росту рослини.

Закінчення цвітіння дерев черешні припало на кінець третьої декади квітня – початок першої декади травня. Загалом розвиток черешні у 2020 році характеризувався раннім строком закінчення цвітіння – 29 квітня–1 травня, тимчасом цвітіння у 2021 році закінчилося 4 травня (що на 3 доби пізніше за попередній рік) і 6 травня у 2022 році, що пізніше на 5 діб від цвітіння у перший рік спостережень.

Настання знімальної стиглості плодів значною мірою визначає належність сорту до групи стиглості. Дослідженням встановлено, що знімальна стиглість плодів черешні настає через 39–77 діб після закінчення цвітіння (рис. 2). Першими стають придатними до збирання плоди сорту Мліївська жовта, Дар Млієва, Зоряна і останнім через 26 діб збирають плоди сорту Амазонка.

Відповідно до кількості діб, необхідних для досягнення сортом знімальної стиглості в Правобережному Лісостепу України, можна сорти умовно розділити на групи стиглості: ранньостиглі, в яких плоди досягають на 44–48 добу після цвітіння – сорти Мліївська жовта, Дар Млієва, Зоряна (к); середньостиглі – плоди досягають через 50–60 діб після закінчення цвітіння – Міраж, Альонушка, Аборигенка, Мелітопольська крапчаста, Меотіда (к); пізньостиглі – плоди досягають пізніше ніж на 60 добу після цвітіння – сорти Бірюза, Донецький угольок, Дрогана жовта (к), Амазонка. Однак, це співвідношення коливається залежно від кліматичних умов вегетаційного періоду. Зокрема, сорти Міраж і Альонушка за строком достигання плодів наближаються до ранньостиглих, а сорт Меотіда і Мелітопольська крапчаста – до пізньостиглих. Для сорту Бірюза характерним є розтягнуте неодноразове достигання плодів, яке починається разом із достиганням сорту Аборигенка й закінчується перед зніманням плодів сорту Амазонка.

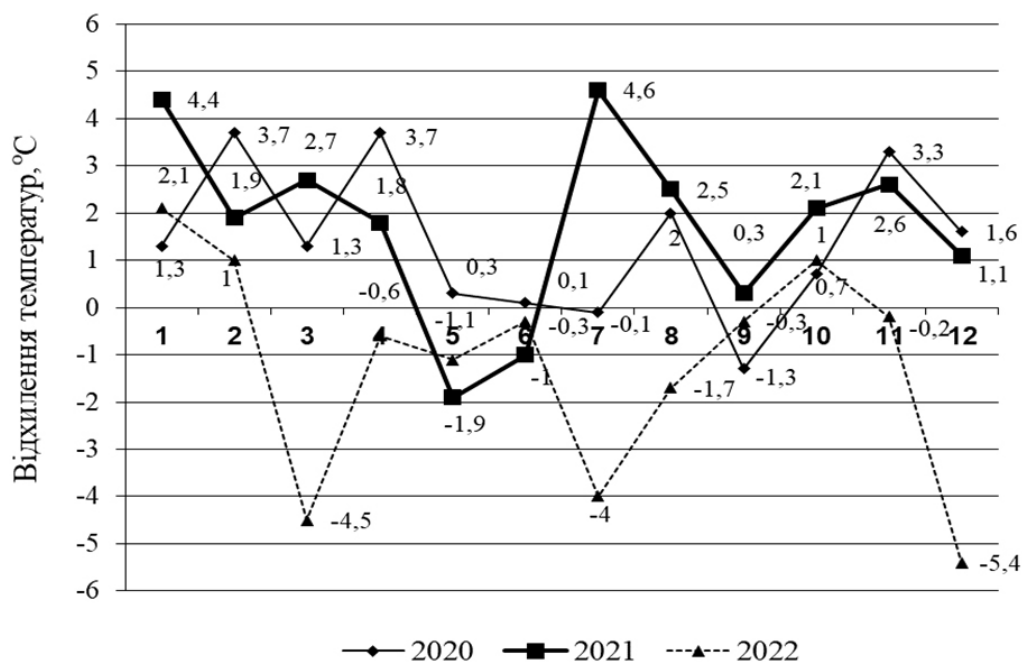


Рис. 1. Відхилення середньомісячних температур від багаторічних даних за 2020–2022 рр.

Таблиця 1 – Середні дати настання фенологічних фаз вегетативних органів рослин дерев черешні

Помологічний сорт	2020 рік		2021 рік		2022 рік	
	набрякання	розкривання	набрякання	розкривання	набрякання	розкривання
Аборигенка	28.III	10.IV	24.III	4.IV	26.III	29.III
Амазонка	28.III	10.IV	22.III	4.IV	26.III	29.III
Альонушка	28.III	10.IV	24.III	3.IV	24.III	28.III
Бірюза	29.III	10.IV	25.III	4.IV	25.III	29.III
Дар Млієва	23.III	9.IV	24.III	3.IV	24.III	28.III
Дрогана жовта (к)	29.III	10.IV	23.III	4.IV	26.III	29.III
Донецький уголок	28.III	10.IV	22.III	4.IV	26.III	29.III
Зоряна	26.III	9.IV	20.III	3.IV	24.III	28.III
Мелітопольська крапчаста	28.III	10.IV	24.III	4.IV	25.III	29.III
Меотіда	28.III	10.IV	23.III	4.IV	25.III	29.III
Міраж	27.III	9.IV	23.III	3.IV	25.III	28.III
Мліївська жовта	27.III	9.IV	23.III	3.IV	23.III	28.III

Таблиця 2 – Проходження фази цвітіння дерев черешні різних помологічних сортів

Помологічний сорт	2020 рік			2021 рік			2022 рік		
	початок	тривалість, діб	± до контролю	початок	тривалість, діб	± до контролю	початок	тривалість, діб	± до контролю
Аборигенка	23.IV	9	+2	25.IV	10	+1	24.IV	12	+1
Амазонка	23.IV	9	+2	24.IV	9	0	24.IV	12	+1
Альонушка	22.IV	8	+1	24.IV	9	0	25.IV	12	+1
Бірюза	23.IV	10	+3	24.IV	10	+1	24.IV	13	+2
Дар Млієва	20.IV	10	+3	24.V	7	-2	22.IV	12	+1
Дрогана жовта (к)	25.IV	7	0	26.IV	9	0	24.IV	11	0
Донецький уголок	23.IV	9	+2	25.IV	9	0	23.IV	12	+1
Зоряна	21.IV	9	+2	24.IV	10	+1	22.IV	12	+1
Мелітопольська крапчаста	23.IV	9	+2	25.IV	8	-1	22.IV	12	+1
Меотіда	23.IV	9	+2	26.IV	9	0	22.IV	12	+1
Міраж	23.IV	9	+2	24.IV	9	0	22.IV	12	+1
Мліївська жовта	25.IV	5	-2	24.IV	9	0	25.IV	12	+1

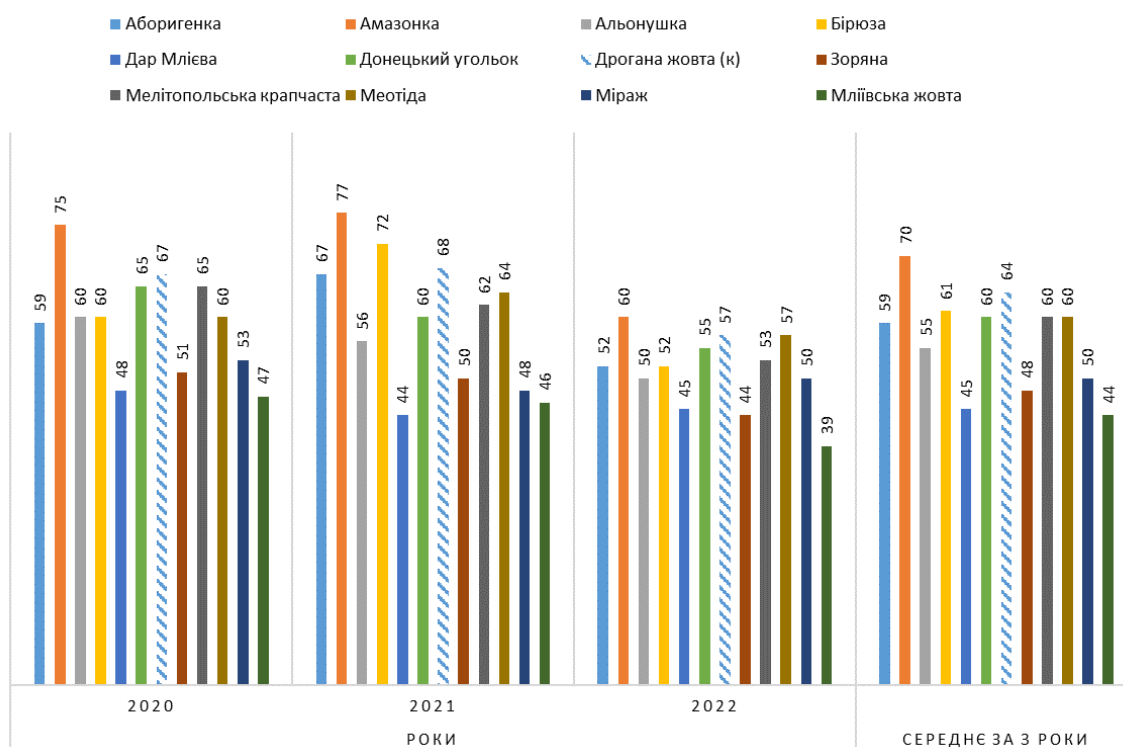


Рис. 2. Кількість днів від закінчення цвітіння до початку знімальної стиглості плодів черешні (середнє за 2020–2022 роки).

Спостерігаючи за початком настання знімальної стиглості плодів, встановлюють своєрідний конвейер збирання, водночас цей показник має важливе значення для своєчасності і повноти збирання врожаю (табл. 3).

Для ранньостиглих сортів черешні початок достигання плодів настає 3 червня і триває до 17 червня, тобто дата настання знімальної стиглості залежала переважно від кліматичних умов вегетаційного періоду і властивостей помологічного сорту.

Закінчення листопаду, що означає припинення вегетативного росту, залежало від зовнішніх умов, переважно від настання перших осінніх заморозків. За результатами трирічних досліджень початок листопаду коливався у межах 14 діб (від 23.IX до 6.X), впродовж вегетаційного періоду – близько 10 діб (табл. 4).

Початок листопаду дерев черешні відмічено в останній декаді вересня. У 2020 році першим листопад почався у ранньостиглого сорту Мліївська жовта (20.IV) і останнім у пізньостиглого Амазонка – через 14 діб (10.X). По-іншому характеризувалися сорти у 2021 році, коли початок листопаду розпочався у першій декаді жовтня у більшості досліджуваних сортів (1.X–10.X). Варіювання початку листопаду

черешні по роках сягає 11–14 діб (Мліївська жовта – Амазонка, Бірюза).

Закінчення листопаду дерев черешні припадало на останню декаду вересня – третю декаду жовтня. Загалом, розвиток черешні у 2020 році характеризувався пізнім строком закінчення вегетації – 12 жовтня–25 жовтня, тимчасом листопад у 2021 році закінчився 20 жовтня (на 5 діб раніше за попередній рік) і 13 жовтня у 2022 році, що раніше на 12 діб від листопаду у перший рік спостережень.

У 2020 році тривалість вегетаційного періоду становила від 186 діб у ранньостиглого сорту Мліївська жовта до 198 діб у пізньостиглих Дрогана жовта і Амазонка (табл. 4). У 2021 р. вегетаційний період тривав приблизно однакову кількість діб як і 2020 р. – 186–200. У ранньостиглих сортів вегетація тривала в середньому 187 діб, найкоротший її період був у сорту Мліївська жовта, а найдовший – у Дар Млієва. Тривалість періоду вегетації середньостиглих сортів становила близько 191 добу з найтривалішим у сорту Мелітопольська крапчаста і найкоротшим – у сорту Альонушка. Пізньостиглі сорти характеризувалися тривалішим періодом вегетації, що становив 196 діб у сорту Бірюза і 200 діб у сорту Амазонка.

Таблиця 3 – Черговість і тривалість збирання плодів черешні (середнє за 2020–2022 рр.)

Помологічний сорт	Червень						Липень		
	5	10	15	20	25	30	5	10	15
Дар Млієва									
Зоряна (к)									
Мліївська жовта									
Міраж									
Альонушка									
Аборигенка									
Мелітопольська крапчаста									
Меотіда (к)									
Бірюза									
Донецький угольок									
Дрогана жовта (к)									
Амазонка									

Таблиця 4 – Проходження фази листопад і тривалість вегетаційного періоду помологічних сортів черешні

Помологічний сорт	Початок			Закінчення			Тривалість вегетаційного періоду		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Зоряна (к)	28.IX	1.X	25.IX	14.X	8.X	1.X	188	188	186
Дар Млієва	28.IX	1.X	26.IX	14.X	10.X	1.X	188	190	186
Мліївська жовта	27.IX	1.X	23.IX	12.X	6.X	30.IX	186	186	185
Меотіда (к)	1.X	4.X	4.X	21.X	14.X	9.X	194	194	195
Міраж	25.IX	1.X	27.IX	14.X	9.X	2.X	188	189	187
Альонушка	2.X	1.X	23.IX	16.X	6.X	27.IX	189	186	182
Аборигенка	6.X	1.X	1.X	22.X	10.X	6.X	195	190	192
Мелітопольська крапчаста	4.X	5.X	5.X	24.X	14.X	11.X	197	194	197
Дрогана жовта (к)	5.X	3.X	1.X	25.X	18.X	12.X	198	198	198
Бірюза	3.X	10.X	1.X	23.X	18.X	12.X	196	198	198
Донецький угольок	4.X	5.X	1.X	24.X	18.X	12.X	197	198	198
Амазонка	10.X	3.X	5.X	25.X	20.X	13.X	198	200	199

Висновок. Проходження фенологічних фаз розвитку дерев черешні значною мірою залежало від особливостей помологічного сорту й температурного режиму поточного року. У результаті фенологічних спостережень до групи ранньостиглих віднесені сорти черешні Дар Млієва, Зоряна, Мліївська жовта; до середньостиглих – Міраж, Альонушка, Аборигенка, Мелітопольська крапчаста, Меотіда та до пізньостиглих – сорти Бірюза, Донецький угольок, Дрогана жовта і Амазонка.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абоїмова О.М. Особливості сезонного розвитку видів роду *Juglans* L. в умовах Київського Полісся. Науковий вісник НЛТУ України. 2020. Т. 30. № 2. С. 33–37.

2. Шпак Н.П. Проходження основних фенологічних фаз *Sorbus torminalis* (L.) Crantz. Екологічні науки. 2019. № 1(24). Т. 2. С. 144–149. DOI: 10.32846/2306-9716-2019-1-24-2-28

3. Чуй О.В. Фенологічний ритм розвитку та динаміка ростових процесів *Pulsatilla grandis* Wend. в екологічних умовах Західного Поділля. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. 2014. Вип. 20. № 1100. С. 381–386.

4. Балабак О.А. Фенологічні особливості росту і розвитку вегетативних органів фундука (*Corylus domestica* Kosenko et Opalko) залежно від температури в умовах правобережного Лісостепу України. Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Вип. 26.7. С. 57–63.

5. Kishchak O.A., Kishchak Yu.P. Scientific achievements and realities of the sweet cherry cultivation intensification at the current stage of the horticultural science development. Gardening. 2021. 76. P. 71–81. DOI: 10.35205/0558-1125-2021-76-71-81.

6. Колесніченко О.В., Григорюк І.П., Грисюк С.М. Фенологічні аспекти розвитку рослин каштана їстівного (*Castanea sativa* mill.) в екологічних умовах Київського мегаполісу. Наукові доповіді НУБіП України. 2011. № 1 (23). 13 с.

7. Investigation into sugars accumulation in sweet cherry fruits under abiotic factors effects / I. Ivanova et al. Agronomy Research. 2021. 19(2). P. 444–457. DOI: 10.15159/ar.21.004

8. Investigation of the response of sweet cherries to root mycorrhisation with biologies for sustainable horticulture development / T. Gerasko et al. Scientific Horizons. 2023. 26(5). P. 76–88. DOI: 10.48077/scihor5.2023.76

9. Складові фотосинтетичної діяльності дерев сортів черешні в умовах Правобережного Лісостепу України / Л.А. Шубенко та ін. Агробіологія, 2022. № 1. С. 137–144. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-137-144

10. Majd Barzoki M. Determination of Phenological Stages and Temperature Requirements of Cherry *Prunus avium* (Case Study of Barzok City). 2020. Nivar. 44(110). P. 121–130. DOI: 10.30467/nivar.2020.224328.1155

11. Drogoudi P., Kazantzis K., Kunz A. Effects of climate change on cherry production in Naoussa, Greece and Bonn, Germany: Adaptation strategies. Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration. 2020. 5. No 12. DOI: 10.1007/s41207-020-0146-5.

12. Alvarez Eduardo von Bennewitz, Cazanga-Solar Rodrigo, Carrasco-Benavides Marcos. Studying phenological stages of cherry (*Prunus avium* L.) using field observations and satellite-derived vegetation indexes. IDESA (Chile). 2018. Vol. 36, No 1. P. 65–71.

13. Kishchak O., Hrynyk I., Barabash L., Kishchak Yu. Technological aspects of the creation of intensive plantations of cherries in Forest-Steppe of Ukraine. Bulletin of Agricultural Science. 2020. 98(3). P. 27–37. DOI: 10.31073/agrovisnyk202003-04.

14. Sarisu H.C. Change of flowering and harvest dates of cherry varieties with air temperature. Polish Journal of Environmental Studies. 2021. 30(1). P. 351–359. DOI: 10.15244/pjoes/118645.

15. Shin N., Kotani A., Tei S., Tsutsumida N. Monitoring of cherry flowering phenology with Google Trends. PLoS ONE. 2022. 17(7). e0271648. DOI: 10.1371/journal.pone.0271648

16. Analysis of modern technologies for growing cherry varieties in temperate climates / S. Shahini et al. Scientific Horizons. 2023. 26(8). P. 62–71. DOI: 10.48077/scihor8.2023.62.

17. Кондратенко П.В., Бублик М.О. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. Київ: Вид-во «Аграрна наука», 1996. 95 с.

18. Features of growth processes of sweet cherry trees of various ripening terms in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine / L. Shubenko et al. Scientific Horizons. 2021. 24(7). P. 61–67. DOI: 10.48077/scihor.24(7).2021.61-67.

19. Fruit development in sweet cherry / E. Vignati et al. Plants. 2022. 11(2). No 1531. DOI: 10.3390/plants11121531.

20. Features of the Assimilation Surface of Sweet Cherry Trees of Different Ripening Terms / L.A. Shubenko et al. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2022. 23(4). P. 101–106. DOI: 10.12912/27197050/150253.

REFERENCES

1. Aboimova, O.M. (2020). Osoblyvosti sezonnoho rozvytku vydiv rodu *Juglans* L. v umovakh Kyivskoho Polissia [Peculiarities of the seasonal development of species of the genus *Juglans* L. in the conditions of the Kyiv Polissia]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Vol. 30, no. 2, pp. 33–37.

2. Shpak, N.P. (2019). Prokhozhenia osnovnykh fenolohichnykh faz *Sorbus torminalis* (L.) Crantz [Passage of the main phenological phases of *Sorbus torminalis* (L.) Crantz]. Ekolohichni nauky [Environmental sciences]. Vol. 2, no. 1(24), pp. 144–149. DOI: 10.32846/2306-9716-2019-1-24-2-28

3. Chui, O.V. (2014). Fenolohichni rytmy rozvytku ta dynamika rostovykh protsesiv *Pulsatilla grandis*

Wend. v ekolohichnykh umovakh Zakhidnoho Podillia [Phenological rhythm of development and dynamics of growth processes of *Pulsatilla grandis* Wend. in the ecological conditions of Western Podillia]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina [Bulletin of Kharkiv National University named after V.N. Karazin]. Issue 20, no. 1100, pp. 381–386.

4. Balabak, O.A. (2016). Fenolohichni osoblyvosti rostu i rozvytku vehetatyvnykh orhaniv funduka (*Corylus domestica* Kosenko et Opalko) zalezno vid temperatury v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Phenological features of the growth and development of the vegetative organs of the hazelnut (*Corylus domestica* Kosenko et Opalko) depending on the temperature in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Issue 26.7, pp. 57–63.

5. Kishchak, O.A., Kishchak, Yu.P. (2021). Scientific achievements and realities of the sweet cherry cultivation intensification at the current stage of the horticultural science development. Gardening. no. 76, pp. 71–81. DOI: 10.35205/0558-1125-2021-76-71-81.

6. Kolesnichenko, O.V., Hryhoriuk, I.P., Hrysiuk, S.M. (2011). Fenolohichni aspekty rozvytku rosllyn kashtana yistivnoho (*Castanea sativa* mill.) v ekolohichnykh umovakh Kyivskoho mehapolisu [Phenological aspects of the development of edible chestnut plants (*Castanea sativa* mill.) in the ecological conditions of the Kyiv metropolis]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy [Scientific reports of NUBiP of Ukraine]. no. 1 (23), 13 p.

7. Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V., Priss, T., Herasko, T., Tymoshchuk, T. (2021). Investigation into sugars accumulation in sweet cherry fruits under abiotic factors effects. Agronomy Research. no. 19(2), pp. 444–457. DOI: 10.15159/ar.21.004

8. Gerasko, T., Tymoshchuk, T., Sayuk, O., Rudenko, Yu., Mrynskyi, I. (2023). Investigation of the response of sweet cherries to root mycorrhisation with biologics for sustainable horticulture development. Scientific Horizons. no. 26(5), pp. 76–88. DOI: 10.48077/scihor5.2023.76

9. Shubenko, L.A., Shokh, S.S., Karpuk, L.M., Didkovskiy, M.V., Kozachuk, S.M. (2022). Skladovi fotosyntetychnoi diialnosti derev sortiv chereshni v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Components of the photosynthetic activity of cherry trees in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no. 1, pp. 137–144. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-137-144

10. Majd Barzoki, M. (2020). Determination of Phenological Stages and Temperature Requirements of Cherry *Prunus avium* (Case Study of Barzok City). Nivar. no. 44(110), pp. 121–130. DOI: 10.30467/nivar.2020.224328.1155

11. Drogoudi, P., Kazantzis, K., Kunz, A. (2020). Effects of climate change on cherry production in Naoussa, Greece and Bonn, Germany: Adaptation strategies. Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration. 5. no. 12. DOI: 10.1007/s41207-020-0146-5.

12. Alvarez, Eduardo von Bennewitz, Cazanaga-Solar, Rodrigo, Carrasco-Benavides, Marcos. (2018). Studying phenological stages of cherry (*Prunus avium* L.) using field observations and satellite-derived vegetation indexes. IDESIA (Chile). Vol. 36, no. 1, pp. 65–71.

13. Kishchak, O., Hrynyk, I., Barabash, L., Kishchak, Yu. (2020). Technological aspects of the creation of intensive plantations of cherries in Forest-Steppe of Ukraine. Bulletin of Agricultural Science. no. 98(3), pp. 27–37. DOI: 10.31073/agrovisnyk202003-04.

14. Sarisu, H.C. (2021). Change of flowering and harvest dates of cherry varieties with air temperature. Polish Journal of Environmental Studies. no. 30(1), pp. 351–359. DOI: 10.15244/pjoes/118645.

15. Shin, N., Kotani, A., Tei, S., Tsutsumida, N. (2022). Monitoring of cherry flowering phenology with Google Trends. PLoS ONE. no. 17(7), e0271648. DOI: 10.1371/journal.pone.0271648

16. Shahini, S., Drobitko, A., Sharata, N., Rybachuk, V., Ivanova, I. (2023). Analysis of modern technologies for growing cherry varieties in temperate climates. Scientific Horizons. no. 26(8), pp. 62–71. DOI: 10.48077/scihor8.2023.62.

17. Kondratenko, P.V., Bublyk, M.O. (1996). Metodyka provedennia polovykh doslidzhen z plodovymy kulturamy [Methods of field research with fruit crops]. Kyiv, Publishing house Agrarian science, 95 p.

18. 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

19. Vignati, E., Lipska, M., Dunwell, J.M., Caccamo, M., Simkin, A.J. (2022). Fruit development in sweet cherry. Plants. Vol. 11(2). no. 1531, DOI: 10.3390/plants11121531.

20. Shubenko, L.A., Shokh, S.S., Pavlichenko, A.A., Karpuk, L.M., Prymak, I.D., Filipova, L.M., Titarenko, O.S., Strutynska, Y.V. (2022). Features of the Assimilation Surface of Sweet Cherry Trees of Different Ripening Terms. Ecological Engineering & Environmental Technology. no. 23(4), pp. 101–106. DOI: 10.12912/27197050/150253.

Phenological aspects of the development of sweet cherry varieties in the environmental conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

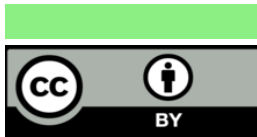
Shubenko L., Leus V., Zabolotnyi O., Kotymin Yu.

The article presents the results of the study of the seasonal rhythm of the growth and development processes of sweet cherry varieties in the conditions of the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine. The beginning of culture development, passage and duration of the main phenophases are determined. There is slight varietal variability between the dates of the beginning and duration of vegetation in accordance with changes in weather conditions. As a result of the conducted observations, it was established that the beginning of vegetation of sweet cherry varieties takes place in

the first decade of April. The beginning of flowering of cherry trees is noted in the first half of the third decade of April, the variation of cherry blossoming beginning over the years reaches 5–10 days, which is most typical for the example of the «Dar Mlieva» and «Drogan yellow» varieties. The onset of harvestable ripeness largely determines the variety's belonging to the ripeness group. The fruits of the «Mliivska yellow», «Dar Mlieva», and «Zoryana» varieties are the first to be harvested, and after 26 days, the fruits of the «Amazon» variety are harvested. According to the results of observations, sweet cherry varieties were conditionally divided into groups of ripeness: early ripening, in which the fruits ripen 44–48 days after flowering, medium ripening – fruits ripen 50–60 days after the end of flowering, late ripening – fruits ripen later

than 60 days after flowering. Depending on the onset of the harvestable ripeness of the fruits and the duration of the fruiting phase, for timeliness and convenience of harvesting it became possible to create a kind of harvesting conveyor. The duration of the growing season was on average 186 days in the early-ripening group of sweet cherry varieties with the shortest period in the «Mliivska yellow» variety, 191 days for the medium-ripening group varieties with the longest period in the «Melitopolska krapchasta» variety and the shortest in the «Alyonushka» variety, in the late-ripening varieties «Biruza» and «Amazon» varieties 196 and 200 days respectively.

Key words: sweet cherry varieties, phenological phases, vegetation period, vegetative organs, duration of the growing season.



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.

Леус В.В.

Заболотний О.І.

<https://orcid.org/0000-0002-8938-9520>

<https://orcid.org/0000-0002-7417-5968>

<https://orcid.org/0000-0003-0069-1617>

УДК 712.4;631

Аналіз проєктних пропозицій щодо реконструкції парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Томилівський»

Роговський С.В.^{id}, Іщук Л.П.^{id}, Жихарева К.В.^{id}, Хрик В.М.^{id}

Білоцерківський національний аграрний університет

 E-mail: naukaspg@gmail.com



Роговський С.В., Іщук Л.П., Жихарева К.В., Хрик В.М. Аналіз проєктних пропозицій щодо реконструкції парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Томилівський». «Агробіологія», 2023. № 2. С. 214–229.

Rogovskyi S., Ishchuk L., Zhykhareva K., Khryk V. Analysis of the project proposals for the reconstruction of the Tomilivskyi park, a memorial of landscape gardening art of local significance. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 214–229.

Рукопис отримано: 01.11.2023 р.

Прийнято: 16.11.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-214-229

В Україні статус парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва мають близько 500 об'єктів, більшість потребують заходів відновлення. Саме тому аналіз проєктних пропозицій щодо реконструкції парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення на прикладі парку «Томилівський» є актуальним завданням. Цей парк створено у середині минулого століття поблизу м. Біла Церква як дендропарк лісництва на площі 2,4 га. У процесі інвентаризації встановлено, що на території парку зростають 76 видів деревних рослин, серед них окремі мають вік 60–70 років. Їх збереження є однією із цілей реконструкції.

За основу взято опорний проєкт, виготовлений на підставі геодезичного знімання території та проведення інвентаризації насаджень парку. Детальне вивчення ситуації дозволило розділити дерева на три великі групи: найбільш цінні, відносно цінні та ті, що підлягають видаленню і позначити місця їх зростання на плані різним кольором. Під час розробки заходів з парковпорядкування передбачено проведення санітарних і ландшафтних рубок та формування крон дерев. На цьому етапі видаленню підлягають мертві, всихаючі та сильно заселені *Viscum album* L. дерева. У решти дерев видаляють гілки заселені омелою білою та нижні гілки до висоти 4–6 м, а також пошкоджене гілля, що значно покращить освітлення пологу під деревами та звільнить місце для посадки нових дерев і кущів та створить умови для росту трав'яних рослин. Обговорюється необхідність видалення частини здорових дерев самосійного походження.

Запропоновано розширити мережу паркових доріжок, забезпечити розширення наявних доріжок та влаштування твердого верхнього покриття. Запропоновано встановлення малих архітектурних форм утилітарного та декоративного призначення. Передбачено формування ряду дерев'яних скульптур із стовбурів сухостійних дерев.

Оптимізація насаджень парку передбачає посадку 76 видів та культиварів деревних рослин, формування композицій за систематичним принципом, доповнення груп дерев кулісами із декоративних кущів та формування багатоярусних насаджень на узліссях галявин і вздовж меж парку. Обґрунтована посадка довговічних хвойних і листяних дерев поруч із наявними дорослими екземплярами.

Ключові слова: благоустрій, вид, дерева, кущі, культивар, насадження, оптимізація, ландшафт, парк, реконструкція, трав'янисті багаторічники.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Реконструкція парків-пам'яток садово-паркового мистецтва важливе відповідальне і складне завдання, для вирішення якого необхідні глибокі знання та практичні навички як з теорії і практики ландшафтного мистецтва,

так і з дендрології, ґрунтознавства, екології, паркознавства, садово-паркового будівництва, ландшафтно-архітектури та озеленення. Саме тому розробка якісного проєкту передбачає залучення широкого кола фахівців й практиків садово-паркового будівництва. Актуальність

відновлення парків в Україні, особливо парків-пам'яток садово-паркового мистецтва, обумовлена низкою причин.

По-перше, значну частину парків-пам'яток садово-паркового мистецтва створювали у XIX або в першій половині XX століття і за цей час садово-паркові композиції зазнали істотних змін, а значна частина дерев, особливо екзотичних відмерла в силу об'єктивних і суб'єктивних причин.

По-друге, фінансування цих об'єктів як у радянські часи, так і в роки незалежності, здійснювалося за залишковим принципом, а це значить, що кошти або не виділяли взагалі або їх виділяли недостатньо для кваліфікованого догляду за насадженнями та іншими конструктивними елементами парків.

По-третє, значна частина парків знаходиться у межах населених пунктів у підпорядкуванні місцевих рад, які не мають кваліфікованого персоналу для належного утримання цих об'єктів, а парки, що знаходяться у віданні державних підприємств лісового господарства утримують як лісові масиви природо-заповідного фонду без урахування їх ландшафтних і естетичних властивостей.

По-четверте, в Україні питання реконструкції, реставрації та консервації парків, що мають статус пам'яток садово-паркового мистецтва, недостатньо вивчені й методологічно розроблені. Це пов'язано із складністю та унікальністю об'єктів та обмеженням проведенням відновлюваних робіт.

По-п'яте, в останні кілька десятиліть спостерігаються зміни клімату, спричинені глобальним потеплінням, що неминуче впливає на ріст і розвиток рослин та суттєво ускладнює роботи з реконструкції парків.

По-шосте, частина парків пам'яток садово-паркового мистецтва зазнала пошкоджень й руйнувань під час бойових дій, зумовлених російською агресією та потребує кваліфікованого відновлення.

За цих умов досвід розробки та аналізу проектних пропозицій щодо реконструкції парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва на прикладі парку «Томилівський» в Білоцерківському районі, отриманий нами у процесі виконання госпдоговірної теми на замовлення Білоцерківської філії ДП «Ліси України», буде корисним під час розробки проектів реконструкції інших подібних садово-паркових об'єктів.

У літературі окремі питання реконструкції парків-пам'яток садово-паркового мистецтва висвітлені в роботах І.О. Косарецького [1], Л.І. Рубцова [2], Д.М. Криворучка [3], І.С. Ко-

сенка та ін. [4], І.Д. Родічкіна [5], І.Д. Родічкіна та О.І. Родічкіної [6], І.С. Косенка та ін. [7, 8], Л.П. Іщук [9], Л.В. Вегери та ін. [10], Р.О. Косарецької [11], В.П. Кучерявого та ін. [12], В.П. Кучерявого [13], Я.В. Геніка та ін. [14, 15], Р.Б. Дудіна та ін. [16], С.В. Роговського, А.І. Кушніра [17], С.В. Роговського [18–20], С.В. Роговського та ін. [21].

У зарубіжній літературі питання реконструкції та реставрації пам'яток садово-паркового мистецтва висвітлені в працях польського дослідника Л. Майдецького [22–23]. Зокрема, у Польщі до культурної спадщини віднесено 145 палацових парків, 119 замкових парків, 3182 садибних, 166 міських парків і 436 садів-вілл, 95 монастирських садів, 132 алеї, а некласифікованих об'єктів та інших менш чисельних категорій, що входять до групи «парки» налічується 862213 [23], що значно більше ніж 500 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва в Україні [11]. Слід зазначити, що значна частина цих об'єктів через недостатній догляд втрачає значення пам'яток культури. Саме тому у Польщі велику увагу приділяють удосконаленню законодавства в сфері охорони цих об'єктів, чіткого встановлення їх меж і буферних зон та розробленню методичних засад їх консервації й відновлення [23–26].

У Франції, де збережена значна кількість парків-пам'яток, під час розробки проектів реновації подібних об'єктів вважають, що відновлення парку має бути спроектовано з позиції збереження спадщини, заснованої на відновленні історичної пам'ятки, а також з погляду адаптації парку до сучасних потреб XXI століття [27]. Саме за такими вимогами проектували відновлення палацового комплексу Парк-де-Сурс у курортному місті Віші. Цей проєкт буде реалізовано до 2025 року.

У Британії під час реконструкції та відновлення історичних парків враховують зміни клімату, що впливає на таксономічний склад рослинності та потребує реалізації агротехнічних і організаційних заходів для адаптації до цих змін з метою збереження історичних садово-паркових об'єктів [28]. Аналізуючи практику відновлення історичних парків, що були створені в XVII–XVIII ст. Район Дікс [28] підкреслює, що сьогодні підвищений акцент на автентичності відновлення історичних садово-паркових об'єктів базується на ретельному документальному та порівняльному дослідженні, пов'язаному з кращим розумінням місця залишків парку. За його словами: «зараз ми усвідомлюємо, що найточнішими реконструкціями є ті, які поєднують свідчення з ряду джерел – історичних, які стосуються окремих місць, але також включають аналогію

з іншими місцями і розуміння сучасної історичної практики, та археологічних досліджень, які включають аналіз властивостей ґрунту й пов'язаних рослин та інших біологічних залишків на додаток до подальшого спектру методів відновлення» [28].

У сучасних умовах у зв'язку зі зміною клімату спрощуються умови вирощування рослин у саду, що відновлюється, зокрема екзотичні схеми посадки, які колись викликали заздрість у відвідувачів і демонстрували садівничу майстерність, тепер можна широко використовувати, оскільки високі літні температури та підвищений рівень вуглекислого газу інтенсифікують ріст рослин [29, 30].

У зв'язку зі змінами клімату в останні десятиліття англійські дослідники вважають, що спосіб планування посадок під час відновлення історичних парків та вибір рослин неминуче зміниться, щоб використовувати рослини, які є більш стійкими до нових умов, хоча види, що більш пристосовані до спекотнішого і більш сухого клімату, не завжди можуть бути прийнятними з історичного погляду [30]. Зміни кольору та зовнішнього вигляду трав'яних газонів й терас разом із сучасними змінами особливостей догляду за ними, включаючи влаштування автоматичних систем зрошення, та іншою садовою діяльністю можуть бути такими ж проблематичними для історичних парків [30].

Британські дослідники звертають увагу на невизначеність щодо наслідків великомасштабних подій, зумовлених змінами клімату. Наприклад, періодичні сильні дощі із штормами й великими повенями потребують під час відновлення історичних садів і парків реалізації заходів для адаптації та пом'якшення впливу повеней і раптових припливів води, що може загрожувати історичній цілісності садово-паркових об'єктів [31].

Мета досліджень – розроблення проєктних пропозицій щодо реконструкції насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Томилівський» стосовно збереження автентичності парку, що належить до об'єктів природно-заповідного фонду місцевого значення Київщини.

Об'єкт дослідження – парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення «Томилівський». Предмет дослідження – аналіз проєктних пропозицій щодо реконструкції дорожньо-алеїної мережі, встановлення утилітарних і декоративних малих архітектурних форм, оптимізації деревно-кущового ярусу насаджень й надґрунтового трав'яного покриву, що передбачає санітарні та формувальні рубання і підсадку дерев, кущів й багаторічних

трав, які відповідно до архівних записів зростали у парку.

Матеріал і методи дослідження. Розробку проєкту реконструкції парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Томилівський» проводили з використанням рекомендацій, викладених у роботах В.П. Кучерявого [13], Л.І. Рубцова [2], А.І. Косаревського [32], Ю.А. Бондара та ін. [33], Р.Б. Дудіна та ін. [16], Т.М. Сидорук [34], а також згідно з вимогами Законів України [35, 36] та ДБН [37]. У процесі підбору рослин для оптимізації насаджень використовували описи їх біологічних і екологічних особливостей та декоративних якостей, наведених в тритомному виданні Дендрофлора України [38–40], а також опис деревних і багаторічних трав'янистих рослин в каталозі садових рослин німецького розсадника Bruns Pflanzen [41]. Графічні роботи виконували в програмі AutoCAD, 2020 [42], а візуалізацію окремих композицій здійснювали у програмах Rialtime Landscaping Architect, 2018 [43]. Аналіз проєктних пропозицій здійснювали використовуючи методи аналізу, синтезу, аналогії та порівняння.

Результати дослідження та обговорення.

У попередній статті «Підсумки інвентаризації дендрофлори та оцінка стану насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Томилівський»» [21] були висвітлені підсумки ландшафтної таксації та інвентаризації, на основі яких нами створено опорний план (рис. 1) об'єкта та розроблено заходи з проведення санітарної рубки і формувальної обрізки насаджень. Завдяки реалізації цих заходів покращилися умови освітлення, знизилась конкуренція між деревами, з'явилися вільні галявини, придатні для посадки дерев, кущів та трав'янистих багаторічників.

Під час реконструкції парку «Томилівський» передбачено реконструкцію доріжок парку з метою створення комфортних умов для прогулянки та відпочинку. Зокрема запропоновано будівництво прогулянкової оглядової доріжки шириною 1,5 м з покращеним покриттям та реконструкцію і розширення до 2 м наявних доріжок з влаштуванням їх верхнього покриття із бруківки (ФЕМу). Усі ці проєктні рішення показані в генеральному плані (рис. 2), зокрема кільцева прогулянкова доріжка дасть змогу підійти до найбільш цікавих композицій деревних рослин та до раритетних екзотичних дерев, біля яких будуть встановлені охоронні знаки чи спеціальні інформаційні таблички. Для зручності відвідувачів парку передбачено встановлення садових лав, смітєвих урн біля доріжок – зразки утилітарних малих архітектурних форм (рис. 3–7).

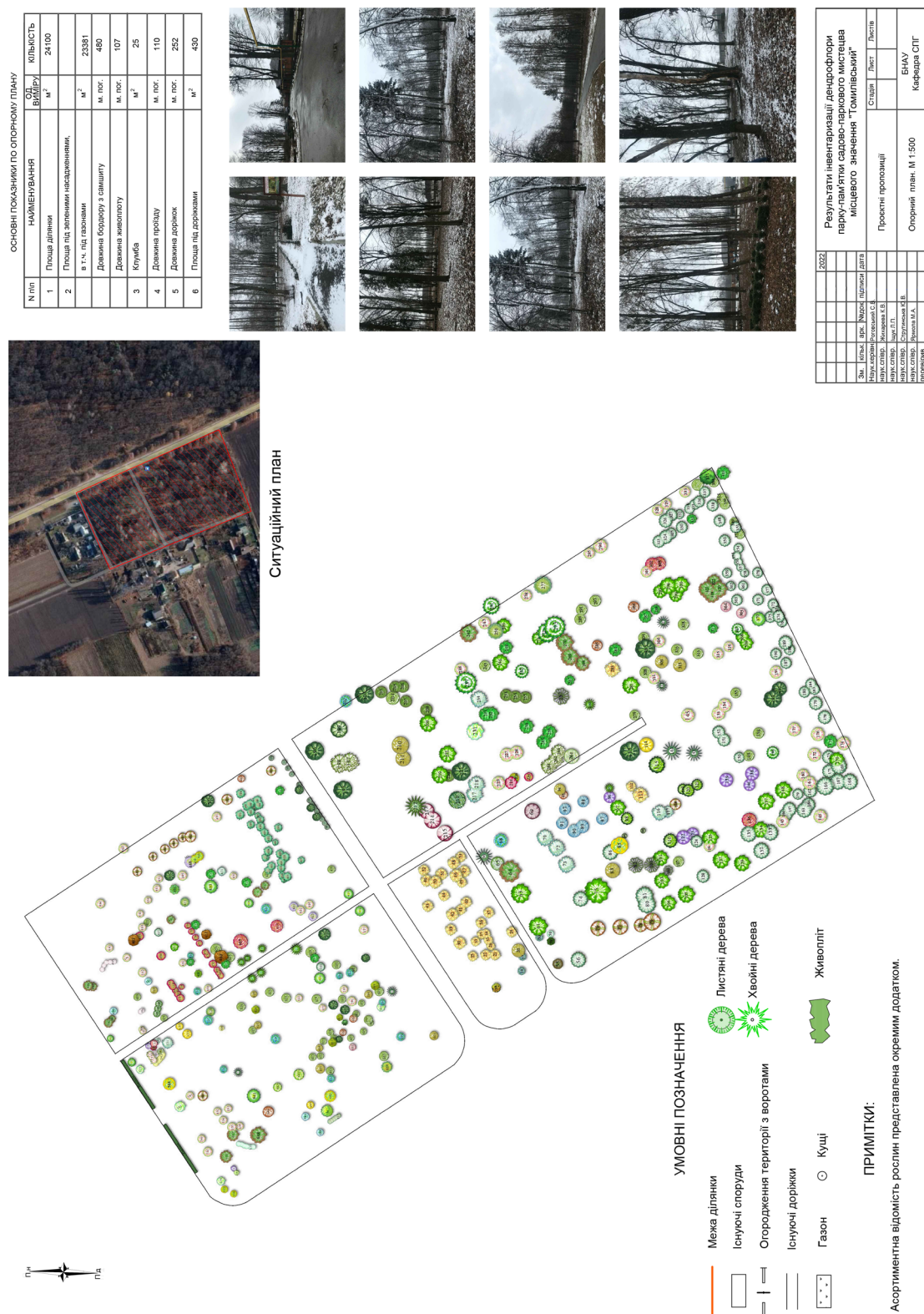


Рис. 1. Опорный план.



Рис. 2. Генеральний план.



Рис. 3. Приклад скульптури на стовбурі сухостійного дерева.



Рис. 4. Приклад скульптурного зображення на стовбурі дерева.



Рис. 5. Дерев'яні скульптури як приклад для використання.

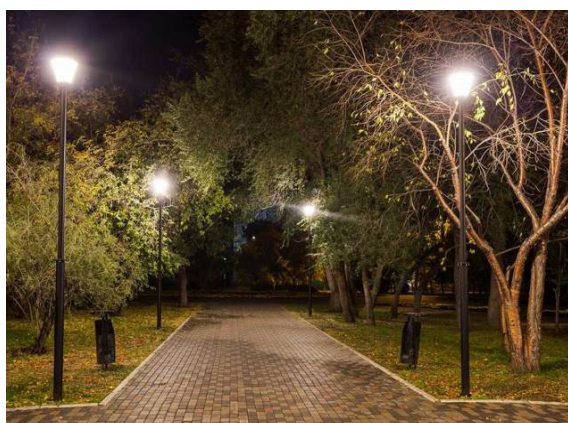


Рис. 6. Комп'ютерна модель вигляду доріжки парку після реконструкції у вечірній час.



Рис. 7. Приклад мощення садових доріжок у парку та обмеження периметру клумби плитками піскови́ка.

Відповідно до розробленого генерального плану реконструкції парку «Томилівський» після проведення санітарних та ландшафтних рубань й обрізок, реновації і будівництва доріжок, проведення агротехнічної підготовки території заплановане виконання робіт з оптимізації наявних насаджень завдяки посадці нових дерев та кущів поруч із зростаючими дорослими деревами, що мають вік від 50 до 80 років. Домінантами майбутніх композицій будуть величні екземпляри *Quercus robur* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Gymnocladus dioica* (L.) K. Koch, *Juglans nigra* L., *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach, *Liriodendron tulipifera* L., що виявлені нами у процесі інвентаризації насаджень [21].

Під час розробки проєкту оптимізації насаджень враховували необхідність збагачення складу дендрофлори парку видами, які раніше висаджували на його території та з часом випали з насаджень, а також видами, які є перспективними для використання в лісовому господарстві та паркобудівництві зони розміщення дендропарку. Основною метою оптимізації є розширення видового складу дендрофлори парку завдяки посадці нових видів та культиварів дерев і кущів. Водночас через проведення санітарних й ландшафтних рубань виникає необхідність заповнення прогалин у парку, формування мальовничих узлісь та галявин завдяки підсадці декоративних кущів і ґрунтопокривних рослин. Це дозволяє суттєво покращити декоративність наявних композицій завдяки використанню вічнозелених видів, насамперед хвойних, а також видів і культиварів, що характеризуються рясним квітуванням або мають декоративне забарвлення листків (табл. 1).

В асортиментній відомості генплану наведено перелік рослин, запропонованих для оптимізації насаджень. Місця розміщення рослин підбирали, враховуючи екологічні особливості рослин, зокрема здатність витримувати затінення та конкурувати з іншими видами. Тому в умовах затінення запропоновано посадку більш тіньовитривалих видів, а в умовах осоння більш світлолюбних. З метою створення сприятливих для висаджених рослин умов передбачено риття траншей, за допомогою яких будуть обрізані корені наявних дерев та тимчасово усунута їх конкуренція за воду й елементи мінерального живлення з молодими рослинами, висадженими у процесі реконструкції.

У центральній частині парку обабіч заасфальтованої дороги, де залишився відкритий простір, заплановано створення композицій із різних видів і культиварів хвойних вічнозелених рослин. Формування груп, проведене за

систематичним принципом, коли до їх складу входять види або культивари одного роду або родини. Зокрема, на передньому плані перед наявними деревами пропонується висадити по кілька дерев різних видів родів *Abies* Mill., *Picea* A. Dietr., *Pinus* L., *Pseudotsuga* Carrière, що дозволить суттєво збільшити декоративність парку та розширити видове різноманіття хвойних рослин, які досить декоративні, особливо у молодому віці. Водночас зростання поруч різних видів одного роду дозволить краще оцінити декоративні якості видів, їх силу росту, стійкість до екологічних та біотичних чинників. Щоб посилити декоративність новостворених груп запропоновано створення низькорослих куліс, які підбиватимуть групи хвойних дерев й відокремлюватимуть їх від газону. Завдяки використанню різних видів і культиварів роду *Juniperus* L. із сизим та жовтуватозеленим забарвленням хвої, а також *Euonymus fortunei* (Turcz.) Hand.-Maz. із вічнозеленими сріблясто облямованими листками кущів різних видів та культиварів квітучої таволги (*Spirea* L.), такі узлісся посилюватимуть контрастні кольорові поєднання та забезпечать високий декоративний ефект. Водночас влаштування якісного газону між дорогою і сформованим узліссям візуально розширить відкритий простір. З часом це рослинне угруповання розростеться, займе більшу площу й замінить ті дерева, які нині є паркотвірними та з роками відмиратимуть. У зв'язку з цим, вже зараз пропонуємо прорідити наявні куртини *Corylus colurna* L., *Celtis occidentalis* L. та дещо відсунути їх від дороги. Необхідною умовою успішного зростання висаджених хвойних дерев є видалення самосійних екземплярів *Juglans mandshurica* Maxim., *Ulmus caprifolia* L. та підросту *Acer negundo* L.

У північно-західній частині парку, де значна частина дерев випала, а деякі дерева підлягають знесенню через втрату декоративності, генеральним планом передбачено створення невеликого саду магнолій. Запропоновано висадити кілька видів і культиварів роду *Magnolia* L., а на їх фоні створити кулісу з кущів *Paeonia suffruticosa*, яка квітує майже одночасно з магноліями. Таке поєднання різновисоких магнолій та півоній, що характеризуються високою декоративністю під час цвітіння, та *Liriodendron tulipifera* L., дозволить створити унікальний куточок парку, що приваблюватиме відвідувачів. Обов'язковою умовою для реалізації цього плану є видалення сильно уражених омелою білою дерев *Robinia pseudoacacia* L., включаючи кореневу порось цього виду. Очевидно, що це потребуватиме наполегливих зусиль упродовж кількох років.

Таблиця 1 – Список рослин, використаних для оптимізації насаджень парку-пам'ятки «Томилівський» відповідно до генерального плану об'єкта

№ п/п	Назва виду латинська	Кількість рослин
1	2	4
<i>Punophyta</i>		
	<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.	3
	<i>Abies concolor</i> Lindl ex Hilgerbr.	1
	<i>Abies koreana</i> Wils.	3
	<i>Camaecyparis lawsoniana</i> (A. Murray) Parl. 'Alumii'	1
	<i>Camaecyparis lawsoniana</i> 'GlaucSpek'	2
	<i>Camaecyparis lawsoniana</i> Parl. 'Columnaris'	1
	<i>Camaecyparis nutcanensis</i> Aldrich Mountain 'Pendula'	1
	<i>Ginkgo biloba</i> L.	2
	<i>Juniperus chinensis</i> L. 'Blue Alps'	3
	<i>Juniperus communis</i> L. 'Repanda'	5
	<i>Juniperus communis</i> 'Suesica'	3
	<i>Juniperus communis</i> 'Columaris'	2
	<i>Juniperus horisontalis</i> Moench. 'BlueCarpet'	35
	<i>Juniperus horisontalis</i> 'BluStar'	50
	<i>Juniperus x media</i> 'GoldMun'	19
	<i>Larix decidua</i> Mill. 'Pendula'	2
	<i>Metasequoia gliptostroboidea</i> Hu et Cheng	1
	<i>Picea glauca</i> Brit.	3
	<i>Picea glauca</i> 'Conica'	1
	<i>Picea abies</i> Karst.	3
	<i>Picea abies</i> 'Inversa'	2
	<i>Picea pungens</i> Engelm.	3
	<i>Pinus mugo</i> Turra	3
	<i>Pinus mugo</i> 'Mops'	2
	<i>Pinus mugo</i> 'Pumila'	2
	<i>Pinus nigra</i> Arn.	3
	<i>Pinus peuce</i> Griseb.	1
	<i>Pinus ponderosa</i> Dougl.	2
	<i>Pinus strobus</i> L.	2
	<i>Pinus wallichiana</i> A.B. Jacks	1
	<i>Pseudotsuga menziesii</i> Franco	3
	<i>Taxus baccata</i> L. 'Repandens'	6
	<i>Taxus baccata</i> 'Fastigiata Robusta'	6
	<i>Taxus baccata</i> 'Fastigiata'	1
	<i>Taxus baccata</i> L.	3
	<i>Thuja occidentalis</i> L. 'Danica'	5
	<i>Thuja occidentalis</i> 'Elvanger Aurea'	1
	<i>Thuja occidentalis</i> 'Recurva Nana'	3
	<i>Thuja occidentalis</i> L. 'Smaragd'	2
	<i>Thuja plicata</i> D. Don. 'Exelsa'	1
	<i>Tsuga canadensis</i> Carr.	1

Продовження табл. 1

1	2	3
<i>Magnoliophyta</i>		
	<i>Amelanchir ovalis</i> Medic.	3
	<i>Berberis thunbergii</i> DC ‘Cobolt’	4
	<i>Betula ermanii</i> Cham.	2
	<i>Betula nigra</i> L.	1
	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	1
	<i>Betula papyrifera</i> Roth.	3
	<i>Betula pendula</i> Roth. ‘Jungii’	1
	<i>Betula maximowicziana</i> Regel	2
	<i>Cercidiphyllum japonicum</i> Lindl.	2
	<i>Cercis canadensis</i> L.	2
	<i>Cladrastis lutea</i> (Michx.) C. Koch	1
	<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC. ‘Paul’s Scarlet’	2
	<i>Euonimus fortune</i> (Turcz.) Hand.-Maz. ‘Silver’	125
	<i>Fagus sylvatica</i> L. ‘Purpurea Pendula’	1
	<i>Hibiscus syriacus</i> L.	6
	<i>Hydrangea arborescens</i> L.	5
	<i>Kerria japonica</i> (L.) DC.	12
	<i>Koelreuteria bipinnata</i> Franch.	2
	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	2
	<i>Lonicera tatarica</i> L.	6
	<i>Magnolia kobus</i> DC.	2
	<i>Magnolia liliflora</i> Desr.	2
	<i>Magnolia × soulangiana</i> Sul.-Bod	3
	<i>Malus niedzwetzkyana</i> Diesckex Koehne	1+
	<i>Padus serotina</i> (Ehrh.) Agardh.	1
	<i>Paeonia suffruticosa</i> Andrews.	6
	<i>Physocarpus opulifolius</i> Maxim. ‘Aurea’	3
	<i>Platanus acerifolia</i> Wild.	2
	<i>Platanus occidentalis</i> L.	1+
	<i>Prunus divaricata</i> Mill. ‘Atropurpurea’	2
	<i>Prunus serrulata</i> G. Don. ‘Kanzan’	4
	<i>Pyracantha coccinea</i> M. Roem.	3
	<i>Quercus macrocarpa</i> Michx.	2
	<i>Quercus pubescens</i> Wild.	2
	<i>Sorbus intermedia</i> (Ehrh.) Pers.	1
	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Grantz	2
	<i>Spiraea × bumalda</i> Burv.	9
	<i>Spiraea cinerea</i> ‘Grifsem’	35
	<i>Spiraea japonica</i> ‘Littel Princes’	18
	<i>Syringa vulgaris</i> L. (копті)	9
	<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	2

У східній частині парку, поруч з дорослими деревами *Betula pendula*, запропоновано створити невеличкий березовий гай із залученням кількох видів берези (наприклад, *Betula papyrifera*, *B. engelmanni*, *B. maximowiczana*, *B. nigra* L., *B. pubescens* Ehrh.), а також культиву *Betula pendula* Roth. 'Jungii', що буде висаджений на передньому плані на фоні інших видів. Враховуючи світлолюбність берези та поверхневе розміщення її кореневої системи, реалізація цього задуму потребуватиме розчищення від дерев значної площі, прорідження й укорочення крон сусідніх дерев, розкорчовування пнів та обрізки коренів сусідніх дерев по периметру розміщення березової групи, а також організацію регулярного зрошення. Слід враховувати і недовговічність беріз, тому у групу слід включити *B. pendula*, адже зрілі дерева цього виду незабаром відіміруть. Використання під березами ґрунтопокривних рослин *Galanthus nivalis* L. та *Convallaria majalis* L. посилить декоративність цієї ділянки парку, особливо навесні.

Для будь-якого парку важливо, щоб його основу складали довговічні види дерев, це забезпечить життя парку впродовж кількох століть. Безумовно нині такими видами є *Quercus robur* L., *Juglans nigra* L., *Gymnocladus dioica* (L.) K. Koch, *Gleditsia triacanthos* L., *Liriodendron tulipifera*, *Aesculus hippocastanum* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach.

Проте оптимізація насаджень парку завдяки підсадці таких видів як *Platanus acerifolia*, *Platanus occidentalis*, *Pinus nigra*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus ponderosa*, *Fagus sylvatica* 'Purpurea Pendula', *Larix decidua* дозволить не лише посилити декоративність парку, а також сприятиме його довговічності.

Для посилення декоративності парку у весняно-літній період та для оптимізації насаджень під час реконструкції запропоновано посадку таких яскраво квітучих видів як *Cercis canadensis*, *Cladrastis lutea*, *Koeleruteria bipinnata*, *Crataegus laevigata* 'Paul's Scarlet' (Poir.) DC., *Malus niedzwetzkyana*, *Prunus serrulata* тощо.

Важливими елементами майбутніх насаджень будуть екзотичні і реліктові види дерев *Metasequoia glyptostroboides*, *Ginkgo biloba*, *Pinus peuce*, *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii*, *Taxus baccata*, *Liquidambar styraciflua*.

Під кронами наявних дерев після обрізки нижніх гілок до висоти 4–5 м і покращення світлового режиму, поруч із прогулянковою доріжкою, запропоновано висадити невеликі групи з *Taxus baccata* та його культиварів,

ці рослини також є довговічними і з часом зможуть стати основою його композицій, коли менш довговічні види відіміруть.

За понад 70 років існування парку, з тривалим періодом без належного догляду, кущі майже зникли із насаджень як менш довговічний елемент насаджень. Більшість кущів, що виявлені під час інвентаризації висаджені в останні 10–15 років. Тому використання видів та культиварів, що мають життєву форму кущ для оптимізації насаджень є нагальним завданням реконструкції. За їх допомогою будуть сформовані узлісся галявин, що утворюються у результаті санітарних рубань й видалення частини самосійних дерев, а також будуть сформовані куліси вздовж меж парку, що суттєво посилить привабливість насаджень, сформує динамічну мінливість композицій впродовж року завдяки квітуванню кущів чи використанню декоративно-листяних акцентів.

На передньому плані перед композиціями дерев заплановано посадку сланких декоративних форм *Juniperus horizontalis*, *Juniperus pfitzeriana*, культивари *Euonymus fortunei*, *Spirea cinerea*, *Spirea japonica*, *Spiraea × bumalda* Burv. Окрасою галявин стануть одновидові групи з кількох сортів *Syringa vulgaris* L., *Hibiscus syriacus*, *Tamarix ramosissima*, *Pyracantha coccinea* M. Roem., *Physocarpus opulifolius*. З часом більшість кущів випаде з насадження, а їх місце займуть крони висаджених дерев або довговічних дерев, що збережуться на ділянці.

Слід зазначити, що використання асортименту кущів обмежене затіненням місць для посадки під кронами дерев, тому для затінених ділянок будуть використовувати тіньовитривалі види *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., *Hydrangea arborescens* L., *Lonicera tatarica* L., *Taxus baccata*, *Buxus sempervirens* L. та інші види і культивари, що добре витримують затінення. До цього переліку можна додати пурпурнолисті форми *Berberis × ottawensis* hort., *Berberis vulgaris* L. та *Berberis thunbergii*, які порівняно із звичайними видами із зеленими листками краще витримують затінення.

Для покращення ґрунтових умов парку та підвищення родючості ґрунту Я. Генік [14] вважає за доцільне здійснення комплексу фітомеліоративних заходів, що передбачають: створення суцільного трав'яного покриву; введення у насадження цінних видів деревно-чагарникової рослинності; сприяння природному поновленню деревної рослинності; внесення органічних добрив. Вважаємо, що важливо у процесі реконструкції парку сформувати трав'яний покрив під деревами,

принаймні на галявинах. Крім газону із злакових трав, який рекомендуємо створювати на найбільш освітлених ділянках парку, на галявинах під наметом одиночно зростаючих дерев, для формування надґрунтового покриву слід використати цибулькові рослини-ефемероїди з родів *Galanthus* L., *Crocus* L., *Muscari* Mill., *Corydalis* DC, які квітватимуть ранньою весною до розпускання листків на деревах та кущах. В умовах часткового затінення барвистий килим галявин можна створювати завдяки підсадці і розростанню *Vinca minor* L., *Convallaria majalis* L. або таких ліан як *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Hedera helix* L. У разі використання *Hedera helix* і *Parthenocissus quinquefolia* необхідно слідкувати за тим, щоб ці рослини не заплітали стовбури дерев та не пригнічували їх ріст. Останнім часом у зв'язку зі змінами клімату ці види мають здатність до інвазійного поширення.

В окремих місцях парку, особливо поруч з прогулянковими доріжками, для формування ґрунтового покриву можуть бути висаджені у формі невеликих куртин *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Veronica chamaedrys* L., *Silene vulgaris* (Moench) Garcke, *Betonica officinalis* (L.) Trevis., *Mercurialis perennis* L. та інші відносно витривалі в умовах затінення види [44–49]. Таке поєднання видів культурної і природної флори з різними життєвими стратегіями дозволить розширити біорізноманіття парку та зробити його більш мальовничим і привабливим для відвідувачів.

Поруч з садовими лавами, біля дерев'яних скульптур, що будуть вирізані зі стовбурів сухостійних дерев, рекомендуємо висаджувати тіньовитривалі рослини з роду *Hosta* Tratt.: *Hosta lancifolia* Engl., *Hosta ventricosa* Stearn., *Hosta sieboldiana* (Hook.) Engl., *Hosta fortunei* (Baker) L.H. Bailey та їх культивари. Вони досить тіньовитривалі, відрізняються між собою за розмірами і забарвленням листків та квітів, що дасть можливість суттєво урізноманітнити ландшафт та створити виразні рослинні композиції біля скульптур [50].

Водночас було б доречно з метою розширення біорізноманіття використати для озеленення парку види і культивари родів *Rhododendron* L., *Calluna* Salisb. та *Erica* L., які характеризуються високими декоративними якостями і є відносно тіньовитривалими, проте ці рослини розвиваються лише на добре дренованих кислих ґрунтах, в умовах підвищеного зволоження [51], тому ми не рекомендуємо їх використовувати для оптимізації насаджень.

Висновки. Аналіз проєктних пропозицій щодо реконструкції парку-пам'ятки місцевого значення «Томилівський» показує, що розробка проєкту має відбуватися на основі опорного плану, отриманого у результаті топографічного знімання території з нанесенням розміщення усіх елементів ландшафту та інвентаризації насаджень. Попередньо слід провести та вивчити історію створення насаджень парку.

Розробка на основі даних інвентаризації плану заходів з оздоровлення насаджень завдяки проведенню санітарних й ландшафтних рубань та формувальної обрізки дозволяє отримати якісну підоснову для здійснення робіт з будівництва доріжок, встановлення малих архітектурних форм та розробки плану оптимізації насаджень.

Основним завданням оптимізації насаджень є розширення колекції рослин завдяки посадці довговічних видів, зокрема екзотичних, які з часом сформують паркотвірний раритетний каркас парку. Всього запропоновано використати для оптимізації 82 види та культивари деревних рослин. З метою покращення декоративності садово-паркових композицій запропоновано формування багатоярусних куліс на узліссях і на межах парку. Важливо під кронами дерев сформувати трав'яний покрив, передусім, на галявинах й обабіч доріжок з лісового різнотрав'я за допомогою посадки або-ригенних дібровних видів, пристосованих до місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Інтродуковані трав'янисті багаторічники рекомендовано використати як акценти для формування різних багатоярусних композицій біля малих архітектурних форм, у вхідній і центральній зонах парку та на галявинах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Косаревський І.О. Парки України (прийоми створення паркового пейзажу). Київ: Держбудвидав УРСР, 1961. 116 с.
2. Рубцов Л.І. Деревя і куші в ландшафтній архітектурі: довідник. Київ: Наукова думка, 1977. 272 с.
3. Криворучко Д.М. Олександрія. Київ: Будівельник, 1979. 96 с.
4. Косенко І.С., Храбан Г.Ю., Мітін В.В., Гарбуз В.Ф. Дендрологічний парк Софіївка. Київ: Наукова думка, 1996. 187 с.
5. Короткий довідник архітектора: ландшафтна архітектура / за ред. І.Д. Родічкіна. Київ: Будівельник, 1990. 336 с.
6. Родічкін І.Д., Родічкіна О.І. Старовинні маєтки України: книга-альбом. Київ, 2005. 384 с.
7. Косенко І.С., Ішук Л.П., Білик О.В., Вегера Л.В. Сучасний стан деревних насаджень Леськівського парку на Черкащині. Будівництво і реконструкція ботанічних садів і дендропарків в Україні: матері-

али наукової конференції. Сімферополь: Таврійський національний університет, 2006. С. 61–64.

8. Косенко І.С., Ішук Л.П., Білик О.В., Вегера Л.В. Історія будівництва, сучасний стан і проблеми збереження маєтку Даховських на Черкащині. Старовинні парки і ботанічні сади – наукові центри збереження біорізноманіття та охорона історико-культурної спадщини: матеріали Міжнародної наукової конференції. Київ: Академперіодика, 2006. С. 99–102.

9. Ішук Л.П. Стан вікових насаджень *Carpinus betulus* L. у Підгорецькому парку на Львівщині. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Біологія. 2007. № 4 (34). С. 3–8.

10. Вегера Л.В., Білик О.В., Ішук Л.П. Історична довідка, сучасний стан та проблеми збереження Синицького дендропарку на Черкащині. Старовинні парки і ботанічні сади: проблеми та перспективи функціонування: матеріали III Міжнародної наукової конференції присвяченої 215-річчю парку «Олександрія». (29 вересня–3 жовтня 2008 р., м. Біла Церква). Біла Церква, 2008. С. 34–37.

11. Косаревська Р.О. Семіотична реконструкція архітектурно-пейзажної композиції Уманського царциного саду. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2014. Ч. 1. Вип. 36. С. 84–98.

12. Кучерявий В.П., Дудин Р.Б., Левусь Т.М. Особливості реконструкції, реставрації та консервації історичного парку “Високий Замок”. Старовинні парки і ботанічні сади – наукові центри збереження біорізноманіття та охорона історико-культурної спадщини: матеріали Міжнародної наукової конференції. Київ: Академперіодика, 2006. С. 111–114.

13. Кучерявий В.П. Ландшафтна архітектура. Львів: Новий світ-2000, 2018. 512 с.

14. Генік Я.В., Дида А.П., Марутяк С.Б., Хміль І.В. Ґрунтовий покрив парку «Високий Замок» та заходи з його охорони і підвищення продуктивності. Науковий вісник НЛТУ України. 2008. Вип. 18.12. С. 153–157.

15. Трансформаційні процеси в лісопаркових і паркових насадженнях урбанізованих екосистем заходу України / Я.В. Генік та ін. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(10). С. 9–15.

16. Дудин Р.Б., Роговський С.В., Крупа Н.М. Консервація, реставрація та реконструкція садово-паркових об’єктів. Львів: Новий Світ-2000, 2021. 258 с.

17. Роговський С.В., Кушнір А.І. Організація ландшафтних рубок у старовинних парках та ботанічних садах України. Науковий вісник НАУ, 2006. № 96. С. 292–299.

18. Роговський С.В. До питання про методику інтегрального визначення цінності насаджень у паркових ландшафтах. Наукові записки Тернопільського НПУ ім. В. Гнатюка. Біологія. 2007. № 2 (32). С. 12–17.

19. Роговський С.В. Інтродукційна оптимізація ландшафту Великої галявини дендропарку «Олександрія». Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.05. С. 72–87.

20. Роговський С.В. Методика визначення відновної вартості дерев у зелених насадженнях населених місць. Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Вип. 26.4. С. 45–50.

21. Підсумки інвентаризації дендрофлори та оцінка стану насаджень парку-пам’ятки садово-паркового мистецтва «Томилівський» / С.В. Роговський та ін. Агробіологія. 2023. № 1. С. 215–229.

22. Majdecki L. Ochrona i konserwacja zabytkowych założen ogrodowych. Warszawa, 1993. 342 p.

23. Majdecki L., Majdecka-Strzeżek A. Historia ogrodów, od starożytności po barok. Warszawa, 2007. Vol. 1. 430 p.

24. Król M.A. Ewolucja regulacji prawnej w zakresie ochrony różnorodności biologicznej w Polsce. Prawo ochrony środowiska / red. M. Górski. Warszawa, 2021. 672 p.

25. Rewaloryzacja zabytkowych parków – przykłady działań jednostek samorządu terytorialnego na rzecz zachowania dziedzictwa przyrodniczego województwa łódzkiego. Redakcja naukowa dr Iwona Wiczorek. Narodowy Instytut Samorządu Terytorialnego. Lodz, 2021. 171 p. URL: <https://www.ville-vichy.fr/agir2035/renovation-du-parc-des-sources>

26. Zachariasz A. Dwór polski – problemy rewaloryzacji ogrodów, [w:] Dwór polski: zjawisko historyczne i kulturowe / red. L.J. Kajzer. Kielce, 2008. Vol. 7. P. 338–357. URL: <https://odk.pl/dwor-polski-zjawisko-historyczne-i-kulturowe-t-9,10255.html/>

27. Dix Brian. The reconstruction of historic parks and gardens in the context of climate change. From the book Historische Gärten und Klimawandel. 2020. DOI: 10.1515/9783110607772-030/

28. Dix Brian. Wykorzystanie archeologii w konserwacji zabytkowych parków i ogrodów. Using archaeology in the conservation of historic parks and gardens. In: Ochrona Zabytków. 2016. 69.1 (268). P. 93–103.

29. White Jenifer. Growing with climate change – planning adaptation in parks and gardens. Conservation Bulletin. 2008. 57. P. 14–15.

30. White Jenifer. Conserving historic parks and gardens in a changing climate. In: Gardens & landscapes in historic building conservation / ed. by Marion Harney. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2014. P. 207–218.

31. English Heritage. Climate Change and the Historic Environment. London: English Heritage, 2008. URL: <https://www.rbkc.gov.uk/pdf/73%20Climate%20Change%20and%20the%20Historic%20Environment%202008.pdf/>

32. Косаревський І.О. Парки України: прийоми створення паркового пейзажу. Київ: Держ. вид-во літерат. з будів-ва і архітек. УРСР, 1961. 176 с.

33. Бондар Ю.А., Абесінова Н.П., Нікітіна Е.Н., Сахаров А.Ф. Ландшафтна реконструкція міських садів і парків. Київ: Будівельник, 1982. 60 с.

34. Сидорук Т.М. Трав’янисті багаторічні рослини відкритого ґрунту Національного дендрологічного парку «Софіївка» / за ред. І.С. Косенка. Умань: УВІП, 2007. 122 с.

35. Про природно-заповідний фонд України: Закон України. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 34. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text/>

36. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України. Відомості Верховної Ради України. 1991. № 41. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

37. Державні Будівельні Норми України Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b_2_2_12/1-1-0-1802

38. Дендрофлора України. Дикорослі і культивовані дерева і кущі. Голонасінні: довідник / М.А. Кохно та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 207 с.

39. Дендрофлора України: дикорослі і культивовані дерева та кущі. Покритонасінні / за ред. М.А. Кохна. Київ: Фітосоціоцентр, 2002. Ч. 1. 448 с.

40. Дендрофлора України: дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні / за ред. М.А. Кохна, Н.М. Трофименко. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. Ч. 2. 716 с.

41. Bruns Pflancen: Catalog of garden plants 2018-2019. 2018. 1207 p.

42. AutoCAD 2020. URL: https://balka-book.com/ua/autocad_autocad_civil-50/autocad_2020_polnoe_rukovodstvo-128465

43. Rialtime Landscaping Architect. 2018. URL: <https://relizua.com/besplatnaya-multimedia/2430-realtime-landscaping-architect.html>

44. Ішук Л.П. Збереження аборигенної птеридофлори у Національному дендропарку „Софіївка” НАНУ. Проблеми збереження відновлення та збагачення біорізноманітності в умовах антропогенно зміненого середовища: матеріали міжнародної наукової конференції (Кривий Ріг, 16–19 травня 2005 р.). Дніпропетровськ: Проспект, 2005. С. 96–98.

45. Ішук Л.П. Птеридофлора околиць села Велика Севаст'янівка. Актуальні проблеми ботаніки і екології: збірка наукових праць. 2008. Вип. 2. С. 102–104.

46. Ішук Л.П., Курбатов М.С. Особливості створення моносаду папоротей. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених / за ред. А.Ф. Головчук. Умань, 2009. Ч. I. 2009. С. 161–162.

47. Сидорук Т.М., Ішук Л.П. Біологічні особливості та розмноження деяких трав'янистих ксеро- та мезофітів. Інтродукція рослин. 2006. № 3. С. 98–100.

48. Голуб Н.П., Ішук Л.П. Використання раритетних видів флори рослин для формування садово-паркових ландшафтів. Відновлення порушених природних екосистем: матеріали Третьої міжнародної наукової конференції (м. Донецьк, 7–9 жовтня 2008 р.) Донецьк, 2008. С. 139–141.

49. Сидорук Т.М., Ішук Л.П. Біологічні особливості та використання в озелененні *Mercurialis perennis* L. Біологічний вісник. 2006. Т. 10. № 2. С. 65–67.

50. Ішук Л.П., Олешко О.Г., Черняк В.М., Козак Л.А. Квітникарство / за ред. Л.П. Ішук. Біла Церква, 2014. 292 с.

51. Ішук Л.П., Ішук Г.П. Моносад рододендронів як навчальна база для підготовки фахівців садово-паркового господарства. Сучасна наука в мережі інтернет: матеріали шостої всеукраїнської науково-практичної інтернетконференції (25–27 лютого 2010 р.) Київ: ТОВ «ТК МЕГАНOM», 2010. Ч. 3. С. 1–3.

REFERENCES

1. Kosarevs'kyj, I.O. (1961). Parky Ukrainy (pryjomny stvorennia parkovoho pejzazhu) [Parks of Ukraine (techniques for creating a park landscape)]. Kyiv, Derzhbudvydav URSR, 116 p.

2. Rubtsov, L.I. (1977). Dereva i kuschi v landschaftnij arkhitekturi: dovidnyk [Trees and bushes in landscape architecture]. Kyiv, Scientific thought, 272 p.

3. Kryvoruchko, D.M. (1979). Oleksandriia [Alexandria]. Kyiv, Builder, 96 p.

4. Kosenko, I.S., Khraban, H.Yu., Mitin, V.V., Harbuz, V.F. (1996). Dendrolohiichnyj park Sofiivka [Sofiivka Dendrological Park]. Kyiv, Scientific thought, 187 p.

5. Rodichkina, I.D. (1990). Korotkyj dovidnyk arkhitektora: landsaftna arkhitektura [Brief architect's guide: landscape architecture]. Kyiv, Builder, 336 p.

6. Rodichkin, I.D., Rodichkina, O.I. (2005). Starovynni maietky Ukrainy: knyha-al'bom [Ancient estates of Ukraine: book-album]. Kyiv, 384 p.

7. Kosenko, I.S., Ishchuk, L.P., Bilyk, O.V., Vehera L.V. (2006). Suchasnyj stan derevnykh nasadzen' Les'kivs'koho parku na Cherkaschyni [The current state of tree plantations in Leskiv park in Cherkasy region]. Budivnytstvo i rekonstruktsiia botanichnykh sadiv i dendroparkiv v Ukraini: materialy naukovoï konferentsii [Construction and reconstruction of botanical gardens and arboreturns in Ukraine: materials of the scientific conference]. Simferopol', Tavri National University, pp. 61–64.

8. Kosenko, I.S., Ishchuk, L.P., Bilyk, O.V., Vehera, L.V. (2006). Istoriia budivnytstva, suchasnyj stan i problemy zberezhenia maietku Dakhovs'kykh na Cherkaschyni [History of construction, current state and problems of preservation of the Dakhovsky estate in Cherkasy region]. Starovynni parky i botanichni sady – naukovi tsentry zberezhenia bioriznomanittia ta okhrona istoriko-kul'turnoi spadshchyny: materialy Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii [Ancient parks and botanical gardens – scientific centers of biodiversity conservation and protection of historical and cultural heritage: materials of the International Scientific Conference]. Kyiv, Akademperiodyka, pp. 99–102.

9. Ishchuk, L.P. (2007). Stan vikovykh nasadzen' Carpinus betulus L. u Pidhorets'komu parku na L'vivschyni [The condition of the age-old plantations of Carpinus betulus L. in Pidhoretski Park in the Lviv region]. Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu im. Volodymyra Hnatiuka. Biolohiia [Scientific notes of the Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk. Biology]. no. 4 (34), pp. 3–8.

10. Vehera, L.V., Bilyk, O.V., Ishchuk, L.P. (2008). Istorychna dovidka, suchasnyj stan ta problemy zberez-

zhennia Synyts'koho dendroparku na Cherkaschyni [Historical background, current state and conservation problems of the Sinytsky Arboretum in Cherkasy Region]. Starovynni parky i botanichni sady: problemy ta perspektyvy funktsionuvannia: materialy III Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii prysviachenoï 215-richchiu parku «Oleksandriia» [Ancient parks and botanical gardens: problems and perspectives of functioning: materials of the 3rd International scientific conference dedicated to the 215th anniversary of the "Alexandria" park]. Bila Tserkva, pp. 34–37.

11. Kosarevs'ka, R.O. (2014). Semiotychna rekonstruktsiia arkhitekturno-pejzazhnoi kompozytsii Umans'koho tsarytsynoho sadu [Semiotic reconstruction of the architectural and landscape composition of the Uman Tsaritsyno Garden]. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia [Modern problems of architecture and urban planning]. Issue 36, part 1, pp. 84–98.

12. Kucheriavyj, V.P., Dudyn, R.B., Levus', T.M. (2006). Osoblyvosti rekonstruktsii, restavratsii ta konservatsii istorychnoho parku "Vysokij Zamok" [Features of the reconstruction, restoration and conservation of the historical park "High Castle"]. Starovynni parky i botanichni sady – naukovi tsentry zberezhenia bioriznomanittia ta okhorona istoryko-kul'turnoi spadshyny: materialy Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii [Ancient parks and botanical gardens – scientific centers of biodiversity conservation and protection of historical and cultural heritage: materials of the International Scientific Conference]. Kyiv, Akadempriodyka, pp. 111–114.

13. Kucheriavyj, V.P. (2018). Landshaftna arkhitektura [Landscape architecture]. Lviv, New world-2000, 512 p.

14. Henyk, Ya.V., Dyda, A.P., Marutiak, S.B., Khmil', I.V. (2008). Gruntovij pokryv parku «Vysokij Zamok» ta zakhody z joho okhorony i pidvyschenia produktyvnosti [Soil cover of the park "Vysokij Zamok" and measures for its protection and productivity improvement]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. no. 18.12, pp. 153–157.

15. Henyk, Ya.V., Dudyn, R.B., Dyda, A.P., Marutiak, S.B., Kaspruk, O.I. (2017). Transformatsijni protsesy v lisoparkovykh i parkovykh nasadzhenniakh urbanizovanykh ekosystem zachodu Ukrainy [Transformational processes in forest and park plantations of urbanized ecosystems of western Ukraine]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. no. 27(10), pp. 9–15.

16. Dudin, R.B., Rohovs'kyj, S.V., Krupa, N.M. (2021). Konservatsiia, restavratsiia ta rekonstruktsiia sadovo-parkovykh ob'ektiv [Conservation, restoration and reconstruction of garden and park facilities]. Lviv, New world-2000, 258 p.

17. Rogovskyi, S.V., Kushnir, A.I. (2006). Orhanizatsiia landshaftnykh rubok u starovynnykh parkakh ta botanichnykh sadakh Ukrainy [Organization of landscape felling in ancient parks and botanical gardens of Ukraine]. Naukovyj visnyk NAU [Scientific Bulletin of NAU]. no. 96, pp. 292–299.

18. Rogovskyi, S.V. (2007). Do pyttannia pro metodyku integral'noho vyznachennia tsinnosti nasadzen' u parkovykh landshaftakh [To the question of the method of integral determination of the value of plantings in park landscapes]. Naukovi zapysky Ternopil's'koho NPU im. V. Hnatiuka. Biologhiia [Scientific notes of the Ternopil NPU named after V. Hnatiuk. Biology]. no. 2 (32), pp. 12–17.

19. Rogovskyi, S.V. (2011). Introduktivna optymizatsiia landshaftu Velykoi haliavyny dendroparku "Oleksandriia" [Introductory optimization of the landscape of the Great Lawn of the Oleksandria Arboretum]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. no. 21.05, pp. 72–87.

20. Rogovskyi, S.V. (2016). Metodyka vyznachennia vidnovnoi vartosti derev u zelenykh nasadzhenniakh naselenykh mist' [Methodology for determining the replacement value of trees in green areas of populated areas]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. no. 26.4, pp. 45–50.

21. Rogovskyi, S.V. Ishchuk, L.P., Strutyn's'ka, Yu.V., Yarmola, M.A., Krutysilov, A.I. (2023). Pidsumky inventaryzatsii dendroflory ta otsinka stanu nasadzen' parku-pam'iatty sadovo-parkovoho mystetstva «Tomylivs'kyj» [The results of the dendroflora inventory and the assessment of the condition of the plantations of the Tomylivskyi Park, a monument of horticultural art]. Ahrobiologhiia [Agrobiology]. no. 1, pp. 215–229.

22. Majdecki, L. (1993). Ochrona i konserwacja zabytkowych założeń ogrodowych. Warszawa, 342 p.

23. Majdecki, L., Majdecka-Strzeżek, A. (2007). Historia ogrodów, od starożytności po barok. Warszawa, Vol. 1, 430 p.

24. Król, M.A. (2021). Ewolucja regulacji prawnej w zakresie ochrony różnorodności biologicznej w Polsce. Prawo ochrony środowiska. Warszawa, 672 p.

25. Rewaloryzacja zabytkowych parków – przykłady działań jednostek samorządu terytorialnego na rzecz zachowania dziedzictwa przyrodniczego województwa łódzkiego Redakcja naukowa dr Iwona Wiczorek. Narodowy Instytut Samorządu Terytorialnego. Łódź, 2021, 171 p. Available at: <https://www.ville-vichy.fr/agir2035/renovation-du-parc-des-sources>

26. Zachariasz, A. (2008). Dwór polski – problemy rewaloryzacji ogrodów. Dwór polski: zjawisko historyczne i kulturowe. Kielce, Vol. 7, 558 p. Available at: <https://odk.pl/dwor-polski-zjawisko-historyczne-i-kulturowe-t-9,10255.html>

27. Dix, Brian (2020). The reconstruction of historic parks and gardens in the context of climate change. From the book Historische Gärten und Klimawandel. DOI: 10.1515/9783110607772-030/

28. Dix, Brian (2016). Wykorzystanie archeologii w konserwacji zabytkowych parków i ogrodów. Using archaeology in the conservation of historic parks and gardens. In: Ochrona Zabytków. no. 69.1 (268), pp. 93–103.

29. White, Jenifer. (2008). Growing with climate change – planning adaptation in parks and gardens. Conservation Bulletin. no. 57, pp. 14–15.

30. White, Jenifer (2014). Conserving historic parks and gardens in a changing climate. In: Gardens &

landscapes in historic building conservation. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. pp. 207–218.

31. English, Heritage. (2008). Climate Change and the Historic Environment. London: English Heritage. Available at: <https://www.rbkc.gov.uk/pdf/73%20Climate%20Change%20and%20the%20Historic%20Environment%202008.pdf/>

32. Kosarevskiy, I.O. (1961). Parky Ukrainy: pryjomy stvorennia parkovoho pejzazhu. Akademiia budivnytstva i arkhitektury URSR, Instytut teorii, istorii arkhitektury ta budivel'noi tekhniki [Parks of Ukraine: techniques for creating a park landscape. Academy of Construction and Architecture of the Ukrainian SSR, Institute of Theory, History of Architecture and Construction Technology]. Kyiv, State publishing house of literature. from buildings and architects. Ukrainian SSR, 176 p.

33. Bondar, Yu.A., Abesinova, N.P., Nikitina, E.N., Sakharov, A.F. (1982). Landshaftna rekonstruktsiia mis'kykh sadiv y parkiv [Landscape reconstruction of city gardens and parks]. Kyiv, Builder, 60 p.

34. Sydoruk, T.M. (2007). Trav'ianyisti bahatorichni roslyny vidkrytoho hruntu Natsional'noho dendrolohichnoho parku «Sofiivka» [Herbaceous perennial plants of the open ground of the Sofiivka National Dendrological Park]. Uman', UVPP, 122 p.

35. Pro pryrodno-zapovidnyj fond Ukrainy: Zakon Ukrainy (1992). [On the Nature Reserve Fund of Ukraine: Law of Ukraine]. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy [Vedomosti Verkhovna Rada of Ukraine]. no. 34. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text/>

36. Pro okhoronu navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha: Zakon Ukrainy [On Environmental Protection: Law of Ukraine]. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy [Vedomosti Verkhovna Rada of Ukraine]. no. 41. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

37. Derzhavni Budivel'ni Normy Ukrainy B.2.2-12:2019. Планування і забудова територій [State Building Standards of Ukraine B.2.2-12:2019. Planning and development of territories]. Available at: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b_2_2_12/1-1-0-1802

38. Kokhno, M.A., Hordiienko, V.Sh., Zakharenko, H.S. (2001). Dendroflora Ukrainy. Dykorosli i kul'tyvovani dereva i kuschi. Holonasinni: dovidnyk [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and bushes. Gymnosperms]. Kyiv, Fitosotsiotsentr, 207 p.

39. Kokhno, M.A. (2002). Dendroflora Ukrainy: dykorosli i kul'tyvovani dereva ta kuschi. Pokrytonasinni [Dendroflora of Ukraine: wild and cultivated trees and bushes. Angiosperms]. Kyiv, Fitosotsiotsentr, Part 1, 448 p.

40. Kokhno, M.A., Trofymenko, N.M. (2005). Dendroflora Ukrainy: dykorosli i kul'tyvovani dereva ta kuschi. Pokrytonasinni [Dendroflora of Ukraine: wild and cultivated trees and bushes. Angiosperms]. Kyiv, Fitosotsiotsentr, Part 2, 716 p.

41. Bruns Pflancen: Catalog of garden plants 2018–2019. 1207 p.

42. AutoCAD. 2020. Available at: https://balka-book.com/ua/autocad_autocad_civil-50/autocad_2020_polnoe_rukovodstvo-128465

43. Rialtime Landscaping Architect. 2018. Available at: <https://relizua.com/besplatnaya-multimedia/2430-realttime-landscaping-architect.html>

44. Ishchuk, L.P. (2005). Zberezhennia aboryhennoi pterydoflory u Natsional'nomu dendroparku „Sofiivka” NANU [Preservation of aboriginal pteridoflora in the Sofiivka National Arboretum of the National Academy of Sciences]. Problemy zberezhennia vidnovlennia ta zbahachennia bioriznomanitnosti v umovakh antropohenno zminenoho seredovyscha: materialy mizhnarodnoi naukovo konferentsii (Kryvyi Rih, 16–19 travnia 2005) [Problems of preserving, restoring and enriching biodiversity in the conditions of an anthropogenically altered environment: materials of the international scientific conference]. Dnipropetrovsk, Prospekt, pp. 96–98.

45. Ishchuk, L.P. (2008). Pterydoflora okolyts' sela Velyka Sevast'ianivka [Pteridoflora of the outskirts of the village of Velyka Sevast'yanivka]. Aktual'ni problemy botaniky i ekolohii: zbirka naukovykh prats' [Actual problems of botany and ecology: collection of scientific papers]. Issue 2, pp. 102–104.

46. Ishchuk, L.P., Kurbatov, M.S. (2009). Osoblyvosti stvorennia monosadu paprotej: materialy Vseukrains'koi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh [Features of creating a monogarden of ferns: materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists]. Uman, Part I, pp. 161–162.

47. Sydoruk, T.M., Ishchuk, L.P. (2006). Biologichni osoblyvosti ta rozmnozhenntia deiakyykh trav'ianyistyk ksero- ta mezofitiv [Biological features and reproduction of some herbaceous xero- and mesophytes.]. Introduktsiia roslyn [Introduction of plants]. no. 3, pp. 98–100.

48. Holub, N.P., Ishchuk L.P. (2008). Vykorystannia rarytetnykh vydiv flory roslyn dlia formuvannia sadovo-parkovykh landshaftiv [The use of rare types of plant flora for the formation of garden and park landscapes]. Vidnovlennia porushenykh pryrodnykh ekosystem: materialy Tret'oi mizhnarodnoi naukovo konferentsii, m. Donets'k, 7–9 zhovtnia 2008 [Restoration of disturbed natural ecosystems: materials of the Third International Scientific Conference]. Donetsk, pp. 139–141.

49. Sydoruk, T.M., Ishchuk, L.P. (2006). Biologichni osoblyvosti ta vykorystannia v ozelenenni Mercurialis perennis L. [Biological features and use in gardening of Mercurialis perennis L.]. Biologichnyi visnyk [Biological Bulletin]. no. 2, Vol. 10, pp. 65–67.

50. Ishchuk, L.P., Oleshko, O.H., Cherniak, V.M., Kozak, L.A. (2014). Kvitnykarstvo [Floriculture]. Bila Tserkva, 292 p.

51. Ishchuk, L.P., Ishchuk, H.P. (2010). Monosad rododendroniv iak navchal'na baza dlia pidhotovky fakhivtsiv sadovo-parkovoho hospodarstva [A monogarden of rhododendrons as a training base for the training of horticulture specialists]. Suchasna nauka v merezhi internet: materialy shostoi vseukrains'koi naukovo-praktychnoi internetkonferentsii (25–27 liutoho 2010.) [Modern science on the Internet: materials of the sixth all-Ukrainian scientific and practical Internet conference]. Kyiv, TOV TK MEHANOM, Part 3, pp. 1–3.

Analysis of the project proposals for the reconstruction of the Tomilivskiy park, a memorial of landscape gardening art of local significance**Rogovskyi S., Ishchuk L., Zhykhareva K., Khryk V.**

In Ukraine, about 500 objects have the status of a park-memorial of landscape art, most of which require restoration measures. That is why the analysis of project proposals for the reconstruction of a park-memorial of landscape art on the example of Tomilivskiy Park, a park-monument of local importance, is an urgent task. This park was created in the middle of the last century near the city of Bila Tserkva as an arboretum of the forestry on an area of 2.4 hectares. The inventory revealed that 76 species of woody plants grow in the park, some of which are 60–70 years old. Their preservation is one of the goals of the reconstruction.

The project was based on a reference plan made on the basis of a geodetic survey of the territory and an inventory of the park's plantations. A detailed study of the situation made it possible to divide the trees into three large groups: the most valuable, relatively valuable, and those to be removed, and to mark their growth areas on the plan in different colours. The development of park management measures involves sanitary and landscape felling and the formation of tree crowns. At this stage

dead, dying and heavily infested with *Viscum album* L. trees are to be removed. For the remaining trees, branches infested with mistletoe and lower branches up to a height of 4–6 m, as well as damaged branches, are removed, which will significantly improve the illumination of the canopy under the trees and free up space for planting new trees and shrubs and create conditions for the growth of herbaceous plants. The need to remove some healthy trees of self-seeding origin is discussed.

It is proposed to expand the network of park paths, to ensure the expansion of existing paths and to install a hard top surface. It is proposed to install small architectural forms for utilitarian and decorative purposes. It is planned to create a number of wooden sculptures from the trunks of dead trees.

The optimization of the park plantations involves planting 76 species and cultivars of woody plants, creating of compositions based on a systematic principle, addition of trees groups with backdrops of ornamental shrubs and forming of multi-tiered plantations on the edges of lawns and along the park's borders. The planting of long-lasting coniferous and deciduous trees next to existing mature specimens is justified.

Key words: landscaping, species, trees, shrubs, cultivar, planting, optimization, landscape, park, reconstruction, herbaceous perennials.



Copyright: Роговський 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:

Роговський С.В.

Ішук Л.П.

Жихарева К.В.

Хрик В.М.

<https://orcid.org/0000-0002-3047-0324>

<https://orcid.org/0000-0003-2150-0672>

<https://orcid.org/0000-0001-8705-0630>

<https://orcid.org/0000-0003-1912-3476>

УДК 614.876.4:574.52(477.83)

Оцінка дози радіаційного опромінення повітряно-водяних рослин у різнотипних водоймах Полісся

Скиба В.В.¹ , Волкова О.М.² , Беляєв В.В.² , Пришляк С.П.² ¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Інститут гідробіології НАН України

✉ E-mail: Скиба В.В. volly2005@ukr.net; Волкова О.М. 2volkovaen@gmail.com



Скиба В.В., Волкова О.М., Беляєв В.В., Пришляк С.П. Оцінка дози радіаційного опромінення повітряно-водяних рослин у різнотипних водоймах Полісся. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 230–239.

Skyba V., Volkova O., Belyaev V., Pryshlyak S. Assessment of the radiation exposure dose in air-water plants of various water body types in Polissia. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 230–239.

Рукопис отримано: 05.09.2023 р.

Прийнято: 16.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-230-239

Метою дослідження було визначити закономірності опромінення повітряно-водяних рослин у водоймах Полісся, які розташовані на територіях з різним рівнем радіонуклідного забруднення площі водозбору та оцінити ризик радіаційного ураження повітряно-водяних рослин за вмістом радіонуклідів у донних відкладах водойм.

Для визначення закономірностей формування дози опромінення повітряно-водяних рослин використані результати досліджень 2014–2020 рр. щодо питомої активності ^{90}Sr та ^{137}Cs у воді, донних відкладах та сукупність даних щодо вмісту радіонуклідів у надземних органах, кореневищах та коренях *Phragmites australis* (Cav.) Trin. I *Typha angustifolia* L. в екосистемах водойм поза межами зони відчуження – Київського (с. Страхолища) та Повчанського (с. Повч, Коростенський р-н Житомирської обл.) водосховищ, оз. Біле (с. Біле, Вараський р-н Рівненської обл.) та оз. Лісове (с. Нова Марковка, Вишгородський р-н Київської обл.); у зоні відчуження – оз. Глибокого, Янівського затону та усереднення проб з двох водойм, які утворилися за осушення водойми-охолоджувача ЧАЕС.

Питому активність ^{90}Sr у зразках визначали оксалатним методом, ^{137}Cs – гамма-спектрометричним методом у відділі водної радіоекології Інституту гідробіології НАН України. За визначення величин потужності дози опромінення рослин враховували неоднорідність середовища їх існування, ослаблення γ -випромінювання водними масами та біомасу і рівні радіонуклідного забруднення надземних та підземних органів повітряно-водяних рослин.

Встановлено, що на період досліджень величина потужності дози зовнішнього γ -опромінення підводних органів повітряно-водяних рослин, що формується зосередженням у водних масах ^{137}Cs , у 100 та більше разів менша, ніж величина потужності дози від випромінювання ^{137}Cs , акумульованого у донних відкладах, тобто за визначення загальної дози нею можна знехтувати.

У досліджених водоймах зони відчуження потужність дози зовнішнього опромінення повітряно-водних рослин становила 7,5–271 мкГр/добу, за межами зони відчуження – 0,1–33 мкГр/добу.

Потужність дози внутрішнього опромінення повітряно-водяних рослин водойм зони відчуження становила 1,2–50 мкГр/добу, за межами зони відчуження – 0,01–15 мкГр/добу.

Загальна потужність дози опромінення повітряно-водних рослин водойм зони відчуження становила 9–289 мкГр/добу, у водоймах за межами зони відчуження – 0,65–48 мкГр/добу.

У водоймах поза межами зони відчуження внесок зовнішньої складової до загальної потужності дози становив від 69 до 81 %, у водоймах зони відчуження – від 69 до 78 %.

Визначені рівні вмісту радіонуклідів у донних відкладах, які відповідають різному ступеню прояву радіобіологічних ефектів у повітряно-водяних рослин. Встановлено, що рослини більшості водойм, зокрема Київського водосховища, розвиваються за умов зон радіаційного благополуччя та фізіологічного маскування, у деяких водоймах зони відчуження – за умов зони екологічного маскування.

Ключові слова: повітряно-водні рослини, потужність дози, донні відклади, радіонукліди.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Внаслідок дії іонізуючого випромінювання у живих організмів можуть формуватися детерміновані і стохастичні радіобіологічні ефекти. Вільні радикали, що виникають в результаті іонізації, призводять до руйнування цілісності макромолекул, що спричиняє канцерогенні та мутагенні ефекти, які можуть призвести до масової загибелі клітин і організму загалом. Рівні ураження живих організмів визначаються величиною поглиненої дози.

Система, яка створена для нормування радіаційного чинника насамперед орієнтована на людину, тому й методи визначення поглиненої дози розробляли з урахуванням середовища існування та структури організму людини. Значно менше уваги приділяли визначенню дозових навантажень на водні організми.

Серед гідробіонтів найбільш чутливими до дії іонізуючого випромінювання вважаються представники іхтіофауни. Доза опромінення, що спричиняє LD_{50} у риб коливається у межах 6–55 Гр., тому дослідженням стану іхтіофауни та дозовим навантаженням на організм риб водойм, що перебувають під впливом хронічного радіонуклідного забруднення приділяли особливу увагу [1, 6, 18, 19, 22, 23]. У риб водойм зони відчуження виявлені порушення морфології гонад, укорочення щелеп, зябрових кришок, порушення будови хребта, порушення клітин периферичної крові [6, 10, 17, 18, 19, 20, 23].

Рослини вважаються менш сприйнятливими, зокрема, LD_{50} у злакових, до яких належать такі розповсюджені види повітряно-водних рослин як очерет звичайний і лепешняк великий, визначена у межах величин 10–160 Гр. [9]. Однак у рослинах водойм зони відчуження виявлені численні порушення, які дослідники пов'язують з радіаційним чинником. Основною причиною загибелі клітин за дії іонізуючого випромінювання вважаються структурні ушкодження молекул ДНК. На сьогодні встановлено кореляційну залежність між частотою хромосомних аберацій у меристемних тканинах ґрунтових коренів повітряно-водних рослин та величиною поглиненої дози [13, 18, 19, 20, 24, 27, 28]. Визначені відхилення від норми деяких морфологічних показників репродуктивних органів очерету звичайного і зниження його фактичної насінневої продуктивності [14, 22, 29]. Зрозуміло, що для встановлення достовірної залежності «доза – ефект» у рослинах забруднених радіонуклідами природних водойм необхідний коректний розрахунок величини

доз опромінення органів і тканин. Щодо повітряно-водних рослин, за визначення величини дози їхнього опромінення виникали певні труднощі, оскільки найбільш поширені методології розрахунку дози опромінення [16, 21] як референтного виду використовують водоперицю колосисту, представлену еліпсоїдом обертання з малими осями 1 і 2 мм, також прийнято, що всі органи рослин знаходяться в однорідно забрудненому середовищі і не відрізняються питомою активністю та лінійними розмірами, а в об'ємі рослини реалізується приблизно третя частина енергії β -випромінювання ^{137}Cs .

На відміну від занурених, органи повітряно-водних рослин розташовані у середовищах різної щільності та питомої активності радіонуклідів – повітрі, воді та донних відкладах. Відповідно, умови опромінення підземних, підводних та надводних органів кардинально відрізняються. Крім того, за даними [16, 21] не враховано неоднорідність середовища існування рослин, ослаблення γ -випромінювання водними масами та встановлено [30] закономірність щодо різних рівнів радіонуклідного забруднення надземних та підземних органів повітряно-водних рослин.

Застосування методів та підходів до визначення величини дози опромінення повітряно-водних рослин, які наведені у [2, 3, 4, 15], дозволить враховувати зазначені вище чинники формування дозових навантажень на окремі органи та тканини рослин і на організм загалом.

Метою дослідження було визначити закономірності опромінення повітряно-водних рослин у водоймах Полісся, які розташовані на територіях з різним рівнем радіонуклідного забруднення площі водозбору та оцінити ризик радіаційного ураження повітряно-водних рослин за вмістом радіонуклідів у донних відкладах водойм.

Матеріал і методи дослідження. Для визначення закономірностей формування дози опромінення повітряно-водних рослин використані результати досліджень 2014–2021 рр. щодо питомої активності ^{90}Sr та ^{137}Cs в абіотичних компонентах та очереті звичайному – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. і рогузі вузьколистому – *Typha angustifolia* L. в екосистемах наступних водойм: поза межами зони відчуження – Київського (с. Страхолище) та Повчанського (с. Повч, Коростенський р-н Житомирської обл., 51,133°N, 28,529°E) водосховищ, оз. Біле (с. Біле, Вараський р-н Рівненської обл., 51,648°N, 26,024°E) та оз. Лісове (с. Нова Марковка, Вишгородський

р-н Київської обл., 51,133°N, 29,468°E); у зоні відчуження – оз. Глибокого (51,444°N, 30,064°E), Янівського затону (51,409°N, 30,084°E) та усереднених пробах з двох водойм, які утворилися за осушення водойми-охолоджувача ЧАЕС (ВОЧАЕС), за генезисом ці водойми назвали стара тепла частина та нова тепла частина.

Досліджені водойми розташовані на територіях, які відрізняються за щільністю радіонуклідного забруднення (табл. 1).

Питому активність ^{90}Sr у зразках визначали оксалатним методом, ^{137}Cs – гамма-спектрометричним методом [8] у відділі водної радіоекології Інституту гідробіології НАН України. У роботі наведені середні величини питомої активності радіонуклідів для двох досліджуваних видів рослин.

Дозові навантаження на рослини визначали за [2, 3, 4, 15].

Потужність зовнішнього γ -опромінювання окремих органів визначали за формулою:

$$P_k = z_k \sum C_{(i)} Kd_{(i)}, i = 1, n \quad (1)$$

де $C_{(i)}$ – концентрація i -го радіонукліда у воді або донних відкладах, Бк/л, або Бк/кг природної вологості;

z_k – геометричний коефіцієнт, який враховує умови опромінення;

$Kd_{(i)}$ – дозовий коефіцієнт i -го радіонукліда, (Гр/добу)/(Бк/кг).

Потужність дози внутрішнього опромінення визначали за формулою:

$$P = S_{ij} K(\beta)_i g_j, i=1, n, \quad (2)$$

де S_{ij} – концентрація i -го радіонукліда у j -тому органі, Бк/кг;

$K(\beta)_i$ – дозовий коефіцієнт i -го радіонукліда (γ - та β -випромінювання), (Гр/добу)/(Бк/кг);

g_j – коефіцієнт, що враховує яка частина енергії β -часток реалізується у j -тому органі.

Загальну потужність дози на організм рослин розраховують сумуванням, з відповідним ваговим коефіцієнтом, величин потужності дози, які отримують окремі органи або тканини рослин через зовнішнє та внутрішнє опромінення:

$$P_{\Sigma} = \sum P_i w_i, i = 1, k \quad (3)$$

де P_{Σ} – загальна потужність поглиненої рослиною дози;

P_i – потужність поглиненої дози у i -му органі;

w_i – відносний ваговий коефіцієнт i -го органа;

k – кількість органів.

Для обчислення дозових навантажень використовували результати щодо питомої активності радіонуклідів у надземних органах, додаткових ґрунтових коренях та кореневищах рослин. Для такого розбиття коефіцієнти w_i співпадають з відносною біомасою відповідних органів, а k дорівнює 3. Величини дозових навантажень на підземну частину і загалом на фітомасу рослин визначали з урахуванням усередненої відносної фітомаси надземних (50 %) та підземних (кореневища – 36 %, корені – 14 %) органів.

Прийнято, що для повітряно-водяних рослин відношення мас за природної вологості та повітряно-сухої дорівнює 3.

Вважали, що зовнішнім β -випромінюванням ^{137}Cs для надземної частини та кореневищ можна знехтувати, для коренів приймали, що за β -випромінюванням ^{137}Cs вони знаходяться у рівноважному стані з донними відкладами. Для β -випромінювання ^{137}Cs вважали, що вся енергія цих часток реалізується у кореневищах та надземних органах. Обрані нами розміри коренів приблизно відповідають розмірам водних рослин за [21], тому ми, як запропоновано авторами публікації, приймали, що у коренях реалізується 30 % енергії β -випромінювання інкорпорованого ^{137}Cs .

Таблиця 1 – Щільність забруднення площі водозбору досліджених водойм, кБк/м² (за 25 років..., 2011)

Водойма	^{137}Cs	^{90}Sr
ВОЧАЕС	більше 18500	більше 18500
Оз. Глибоке	20000–40000	20000–40000
Янівський затон	більше 18500	більше 18500
Оз. Лісове	185–1850	2–10
Київське водосховище*	2–40000	2–40000
Повчанське водосховище	100–1850	2–20
Оз. Біле	40–185	1–4

Примітка. * – водойми зони відчуження знаходяться на площі водозбору Київського водосховища.

Для коректного розрахунку дози на надземні органи рослин застосували наступний методичний підхід: частину рослини, яка знаходиться у воді, по вертикалі розбивали на окремі ділянки, в межах яких можна вважати, що опромінення частини рослини однакове; далі визначали вплив γ -випромінення донних відкладів на цих ділянках, тобто розраховували зовнішнє дозове навантаження та визначали відносну вагу цих ділянок; остаточно кроком було сумування внеску окремих ділянок у формування дози зовнішнього опромінення на надземні органи рослини.

Результати досліджень та їх обговорення.

Дозу зовнішнього опромінення визначали за даними щодо вмісту радіонуклідів у воді та донних відкладах на ділянках монодомінантних заростей повітряно-водяних рослин (табл. 2).

Розрахунки показали, що величина потужності дози підводних органів рослин, що обумовлена випромінюванням зосереджених у водних масах та донних відкладах радіонуклідів, становила відповідно 0,05–156 та 10–102000 нГр/добу. Отже, дозу опромінення рослин, яка формується радіонуклідами водних мас, можна не враховувати (табл. 3). Необхідно зазначити, що у разі розвитку рослин на глибині 50 см потужність дози зовнішнього опромінювання їх надземних органів буде у кілька разів вищою, ніж на глибині 150 см, що пояснюється поглинанням випромінювання водними масами.

Величину потужності дози внутрішнього опромінення рослин визначали згідно з формулою (2) за питомою активністю радіонуклідів у надземних та підземних органах (табл. 4, 5).

Таблиця 2 – Активність радіонуклідів у водних масах (Бк/м³) та донних відкладах (кБк/кг природної вологості)

Водойма	Вода, Бк/м ³		Донні відклади, кБк/кг	
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Київське водосховище	4,3–42,8	4,4–58,5	0,002	0,03
Повчанське водосховище	7,6–8,4	8,4–11,6	0,002	0,2
Оз. Біле	18,2–26,4	67,4–138,2	0,0005	0,13
Оз. Лісове	10–100	100–4000	0,01	0,2–6,0
ВОЧАЕС	500–4000	1000–6000	1,0–3,9	12,1 – 48,0
Оз. Глибоке	100000	20000	1,4–14,4	2,6–26,7
Янівський затон*	1000	1000	0,6	1,1

Примітка. * – визначено за [11] з урахуванням радіоактивного розпаду.

Таблиця 3 – Потужність дози зовнішнього γ -опромінення підводних органів гелофітів, що формується зосередженим у водних масах ($P_{\text{вод}}$) та донних відкладах ($P_{\text{дн}}$) ¹³⁷Cs, нГр/добу

Водойма	$P_{\text{вод}}$	$P_{\text{дн}}$	
		$h^*=0,5$ м	$h=1,5$ м
Київське водосховище	0,05–0,8	57–141	10–50
Повчанське водосховище	0,07–0,1	311	111
Оз. Біле	0,5–1,1	371	133
Оз. Лісове	0,78–31,2	440–12700	160–4500
ВО ЧАЕС	7,8–46,8	25400–102000	—**
Оз. Глибоке	156	5400–56100	1900–20000
Янівський затон	7,8	2400	860
Оз. Лісове	0,78–31,2	440–12700	160–4500

Примітка. * – шар водних мас над донними відкладами;

** – на глибинах 1,5 м повітряно-водяні рослини не зустрічаються.

Таблиця 4 – Питома активність ^{90}Sr у надземних та підземних органах рослин, Бк/кг

Водойма	Надземні органи	Кореневища	Корені
Київське водосховище	1,8–15,7	2,4–15,4	15,1–240
Повчанське водосховище	0,7–8	3,6–13	2,4–105
Оз. Біле	3,4–17	1,8–32,8	3,2–7,7
Оз. Лісове	3,8–198	0,7–3	2,8–297
ВОЧАЕС	24–597	20–337	109–668
Оз. Глибоке	362–11100	179–1850	209–18700
Янівський затон	197–493	41–1390	477–2888

Таблиця 5 – Питома активність ^{137}Cs у надземних та підземних органах рослин, Бк/кг

Водойма	Надземні органи	Кореневища	Корені
Київське водосховище	3,4–96	14,2–187	73–451
Повчанське водосховище	5,3–102	24–75	122–443
Оз. Біле	33,2–198	36–115	91–3410
Оз. Лісове	35–10000	340–2200	4743–28566
ВОЧАЕС	31–10480	280–12512	1670–14942
Оз. Глибоке	368–21379	476–5752	8790–90633
Янівський затон	219–1184	265–705	4420–9856

Отже, з урахуванням лінійних розмірів органів рослин, їх питомої активності та особливостей розповсюдження іонізуючого випромінювання розрахована загальна потужність опромінення повітряно-водяних рослин у різних водоймах з різними рівнями радіоактивного забруднення компонентів екосистеми (табл. 6).

Розрахунки показали, що у різних водоймах які розташовані як поза межами, так і у зоні відчуження, величина потужності дози зовнішнього опромінення повітряно-водяних рослин перевищувала величину дози внутрішнього. У водоймах поза межами зони відчуження внесок зовнішньої складової до загальної потужності дози становив від 69 до 81 %, у водоймах зони відчуження – від 69 до 78 %.

Таблиця 6 – Потужність дози опромінення повітряно-водяних рослин, мкГр/добу

Водойма	Зовнішнє	Внутрішнє	Загальне
Київське водосховище	0,1–0,2	0,01–0,05	0,1–0,3
Повчанське водосховище	0,6–0,7	0,03–0,15	0,65–0,85
Оз. Біле	0,8–0,9	0,1–0,2	0,93–1,14
Оз. Лісове	1,2–32,7	1,5–14,9	2,7–47,6
ВОЧАЕС	68–271	1,3–20	69–289
Оз. Глибоке	17–177	2,1–50	19–227
Янівський затон	7,5	1,2–3,2	8,7–10,7

Отже, дослідження особливостей формування потужності дози опромінення повітряно-водяних рослин у водоймах різної трофності та ступеня радіоактивного забруднення абіотичних компонентів показали, що зовнішнє опромінення рослин обумовлене випромінюванням радіонуклідів, зосереджених у донних відкладах. Зокрема, внесок величини потужності дози внутрішнього опромінення у загальну дозу опромінення рослин не перевищував 31 %. Тобто, величина дози опромінення повітряно-водяних рослин значною мірою залежить від вмісту радіонуклідів у донних відкладах водойм.

З огляду на зазначене вище, можна оцінити ризик радіаційного ураження повітряно-водяних рослин за вмістом радіонуклідів у донних відкладах водойм.

На сьогодні використовують визначення радіаційного ризику ураження гідробіонтів [16, 21], де ризики визначають як відношення дозового навантаження на організм у водоймі до референтного рівня:

$$R = D_{ex}/D_{ref} \text{ або } R = P_{ex}/P_{ref}$$

де P_{ex} , D_{ex} – потужність дози або доза опромінення організмів у водоймі;

P_{ref} , D_{ref} – референтна потужність дози або доза.

Референтний рівень дозового навантаження для гідробіонтів [16, 21] встановлений за аналізом баз даних біологічних ефектів, що виникли внаслідок дії іонізуючого випромінювання. В першому наближенні цей рівень є межею прояву радіаційних ефектів. До недоліків такого підходу можна віднести те, що таке визначення ризику припускає лінійну залежність між дозою та ефектом, однак у загальному випадку залежність доза-ефект нелінійна [7]. Крім того, морфометричні показники повітряно-водяних рослин прийняті такі самі як у занурених.

На нашу думку, найкраще враховує нелінійну залежність «доза – ефект» та значний

розмах значень величин дози для гідробіонтів у водоймах шкала, розроблена Г.Г. Полікарповим [25]. З урахуванням раніше наведених результатів, ризики радіаційного ураження повітряно-водяних рослин можливо визначити за рівнями радіоактивного забруднення донних відкладів, які утворюють відповідні дози опромінення цієї групи рослин.

Для розрахунку величини дози опромінення рослин розглянемо варіант безградієнтного вертикального розподілу радіонуклідів у донних відкладах, яке спостерігається у разі хронічного надходження радіонуклідів до водойм та на пізніх стадіях аварії.

Ризик радіаційного ураження повітряно-водяних рослин розрахований для найбільш вірогідного відносного розподілу маси окремих органів у пік вегетації, а саме коли на корені припадає 15 % загальної маси рослини, на кореневища – 35 %, на надземні органи – 50 %. Прийнято, що рослини розвиваються на глибині 50 см, висота рослин над рівнем води становить 2 м.

Рівні щільності радіонуклідного забруднення шару донних відкладів, які забезпечують неперевикнення максимальної потужності дози опромінення вегетуючих рослин для різних зон прояву радіобіологічних ефектів наведені у таблиці 7.

З урахуванням внутрішнього опромінення визначені межі вмісту радіонуклідів у донних відкладах, які відповідають різному ступеню прояву радіобіологічних ефектів у повітряно-водяних рослин (табл. 8). Під час розрахунків враховували максимальний зареєстрований у досліджених водоймах внесок внутрішнього опромінення у загальну дозу, який становив 31 %.

Враховуючи дані про рівні радіонуклідного забруднення водних екосистем України [5, 6, 11, 12, 26], гелофіти більшості водойм, зокрема Київського водосховища, розвиваються за умов зон радіаційного благополуччя та фізіологічного маскуванню, у деяких водоймах зони відчуження – за умов зони екологічного маскуванню.

Таблиця 7 – Рівні питомої активності радіонуклідів у донних відкладах для зон радіаційного впливу на повітряно-водні рослини, які розраховані за критерієм потужності дози, кБк/кг природної вологості

Зона радіаційного впливу	^{90}Sr	^{137}Cs
Можливої радіаційної недостатності	<0,025	<0,022
Радіаційного благополуччя	0,025–2,52	0,022–2,25
Фізіологічного маскуванню	2,52–25,2	2,25–22,5
Екологічного маскуванню	25,2–2520	22,5–2250
Ураження екосистем	>2520	>2250

Таблиця 8 – Рівні питомої активності радіонуклідів у донних відкладах для зон радіаційного впливу на повітряно-водні рослини з урахуванням внутрішнього опромінення, кБк/кг природної вологості

Зона радіаційного впливу	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Можливої радіаційної недостатності	<0,027	<0,024
Радіаційного благополуччя	0,027–2,68	0,024–2,4
Фізіологічного маскування	2,68–26,8	2,4–24
Екологічного маскування	26,8–2680	24–2400
Ураження екосистем	>2680	>2400

Висновки. На період досліджень величина потужності дози зовнішнього γ -опромінення підводних органів повітряно-водних рослин, що формується зосередженим у водних масах ¹³⁷Cs, у 100 та більше разів менша, ніж величина потужності дози від випромінювання ¹³⁷Cs, акумульованого у донних відкладах, тобто за визначення загальної дози нею можна знехтувати.

У досліджених водоймах зони відчуження потужність дози зовнішнього опромінення повітряно-водних рослин становила 7,5–271 мкГр/добу, за межами зони відчуження – 0,1–33 мкГр/добу.

Потужність дози внутрішнього опромінення повітряно-водних рослин водойм зони відчуження становила 1,2–50 мкГр/добу, за межами зони відчуження – 0,01–15 мкГр/добу.

Загальна потужність дози опромінення повітряно-водних рослин водойм зони відчуження становила 9–289 мкГр/добу, за межами зони відчуження – 0,65–48 мкГр/добу.

У водоймах поза межами зони відчуження внесок зовнішньої складової до загальної потужності дози становив від 69 до 81 %, у водоймах зони відчуження – від 69 до 78 %.

Визначені рівні вмісту радіонуклідів у донних відкладах, які відповідають різному ступеню прояву радіобіологічних ефектів у повітряно-водних рослин.

Повітряно-водні рослини більшості водойм, зокрема Київського водосховища, розвиваються за умов зон радіаційного благополуччя та фізіологічного маскування, у деяких водоймах зони відчуження – за умов зони екологічного маскування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього: нац. доповідь України. Київ: КІМ, 2011. 356 с.
- Беляєв В.В., Волкова О.М., Гудков Д.І., Пришляк С.П. Реконструкція поглиненої дози іонізуючого випромінювання повітряно-водних рослин у водоймах ближньої зони аварії на Чорнобильській АЕС. Ядерна фізика та енергетика. 2020. Т. 21. № 4. С. 338–346. DOI: 10.15407/jnpae2020.04.338
- Волкова О.М., Беляєв В.В., Пришляк С.П., Пархоменко А.А. Оцінка потужності поглиненої дози опромінення ¹³⁷Cs повітряно-водними рослинами в оліготрофних та евтрофних водоймах. Гідробіологічний журнал. 2019. Т. 55. № 3. С. 105–112.
- Волкова О.М., Беляєв В.В., Пришляк С.П. Деякі аспекти формування поглиненої дози у повітряно-водних рослин. Гідробіол. журн. 2017. Т. 53. № 4. С. 76–84.
- Волкова О.М. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм різного типу: автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Київ, 2008. 34 с.
- Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах / М.І. Кузьменко та ін. Київ: Наук. думка, 2010. 262 с.
- Кутлахмедов Ю.О., Корогодін В.І., Кольтов В.К. Основи радіоекології. Київ: Вища шк., 2003. 319 с.
- Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.
- Пристер Б.С., Лоцилов Н.А., Немець О.Ф., Поярков В.А. Основи сільськогосподарської радіології. Київ: Урожай, 1991. 472 с.
- Поморцева Н.А., Родионова Н.К., Гудков Д.І., Кагян О.Є. Кількісний та якісний клітинний склад периферичної крові риб у градієнті тривалого радіаційного опромінення. Гідробіологічний журнал. 2023. Т. 59. № 5. С. 93–111.
- Радіонукліди у водних екосистемах України / М.І. Кузьменко та ін. Київ: Чорнобильінтерінформ, 2001. 318 с.
- Абіотичні компоненти екосистеми Київського водосховища / В.М. Тімченко та ін. Київ: Логос, 2013. 60 с.

13. Шевцова Н.Л., Гудков Д.І., Беляєв В.В., Пришляк С.П. Цитогенетичні порушення у гелофітів Чорнобильської зони відчуження. Актуальні питання радіобіології – 2023 / за ред. Н.К. Куцоконь, Н.М. Рашидова. Житомир: Радіобіологічне товариство України, 2023. 126 с.

14. Явніук А.А., Шевцова Н.Л., Гудков Д.І. Аномалії насіння очерету у Чорнобильській зоні відчуження. Актуальні питання радіобіології – 2023 / за ред. Н.К. Куцоконь, Н.М. Рашидова. Житомир: Радіобіологічне товариство України, 2023. 36 с.

15. Radiation dose reconstruction for higher aquatic plants and fish in Glyboke Lake during the early phase of the Chernobyl accident / V.V. Belyaev et al. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2023. Vol. 263. P. 107–169. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2023.107169

16. The ERICA tool. *J. Environ* / J.E. Brown et al. *Radioact.* 2008. 99. P. 1371–1383.

17. Ganzha C.D., Gudkov D.I., Abramiuk I., Kaglyan O.E. Skeletal abnormalities in juvenile fish from the cooling pond of the Chornobyl nuclear power plant. *European Physical Journal: Special Topics*. 2023. Vol. 232. No 10. P. 1607–1615. DOI: 10.1140/epjs/s11734-023-00895-5

18. The main radionuclides and dose formation in fish of the Chernobyl NPP exclusion zone / D.I. Gudkov et al. *Radiationnaia biologiya, radioecologiya*. 2008. Vol. 48. No 1. P. 48–58.

19. Dynamics of the content and distribution of the main dose forming radionuclides in fishes of the exclusion zone of the Chernobyl NPS / D.I. Gudkov et al. *Hydrobiol. J.* 2008. Vol. 44. No 5. P. 87–104.

20. Radiation-induced cytogenetic and hematologic effects on aquatic biota within the Chernobyl exclusion zone / D.I. Gudkov et al. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2016. 151. P. 438–448.

21. Handbook for assessment of the exposure of biota to ionising radiation from radionuclides in the environment. Deliverable 5: Appendix 1 Transfer Factor and Dose Conversion Coefficient Look-up Tables. 2003 / J. Brown, P. Strand, A. Hosseini, P. Børretzen (Eds.). Project within the EC 5th Framework Programme, Contract № FIGE-CT-2000-00102. Framework for Assessment of Environmental Impact. 395 p.

22. Fish of the Chernobyl exclusion zone: Modern levels of radionuclide contamination and radiation doses / A.Ye. Kaglyan et al. *Ibid.* 2019. Vol. 55. No 5. P. 86–104.

23. Changes in radiation exposure rate of fish of the cooling pond of the Chornobyl NPS and Lake Azbuchyn after water level lowering / O.Ye. Kaglyan et al. *Hydrobiol. J.* 2023. Vol. 59. No 2. P. 96–109. DOI: 10.1615/hydrobj.v59.i2.70

24. The number of aberrations in aberrant cells as a parameter of chromosomal instability / N.K. Kutsokon' et al. Characterization of dose dependency. *Tsitol Genet.* 2003. 37(4). P. 20–25.

25. Polikarpov G.G. Conceptual model of organisms, populations and ecosystems to all possible dose rates of ionising radiation in the environment. *Radiation Protection Dosimetry*. 1998. Vol. 75. No 1–4. P. 181–185.

26. Regularities of ^{137}Cs Accumulation in the Above the Ground and Underground Phytomass of Helophytes *Hydrobiological Journal* / S.P. Prishlyak et al. 2015. Vol. 6. T. 51. P. 68–74. DOI: 10.1615/HydrobJ.v51.i6.80

27. Shevtsova N.L., Gudkov D.I. Cytogenetic effects of long-term radiation on higher aquatic plants within the Chernobyl accident Exclusion Zone. *Radioprotection*. 2009. 44. 5. P. 937–940.

28. Shevtsova N.L., Gudkov D.I. Cytogenetic damages in the common reed *Phragmites australis* in the water bodies of the Chornobyl exclusion zone. *Hydrobiological Journal*. 2013. 49. 2. P. 85–98.

29. Shevtsova N.L., Yavniuk A.A., Gudkov D.I. Effect of rest period on germination of the common reed seeds from the water bodies of the Chornobyl exclusion zone. *Hydrobiological Journal*. 2014. 50. 5. P. 78–88.

30. Volkova O.M., Belyaev V.V., Skyba V.V., Pryshlyak S.P. Parameters of ^{137}Cs migration into the bottom sediments of various water bodies as a result of *Phragmites australis* and *Typha angustifolia* dying away. *Hydrobiological journal*. 2023. 59 (3). DOI: 10.1615/HydrobJ.v59.i3.70

REFERENCES

1. 25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього: наслідки, відповідь України [25 years of the Chernobyl disaster. Safety of the future: national report of Ukraine]. Kyiv, KIM, 2011, 356 p.

2. Belyaev, V.V., Volkova, O.M., Gudkov, D.I., Pryshlyak, S.P. (2020). Rekonstruktsiya pohlynenoji dozy ionizuyuchoho vprominyuvannya povitryano-vodnykh roslyn u vodoymakh blyzhnoyi zony avariyni na Chornobyl's'kii AES [Reconstruction of absorbed dose of ionizing radiation by air-water plants in water bodies of the near zone of the Chernobyl NPP accident]. *Yaderna Fizyka ta Energetyka* [Nuclear physics and energy]. Vol. 21, no. 4, pp. 338–346.

3. Volkova, O.M., Belyaev, V.V., Pryshlyak, S.P., Parkhomenko, A.A. (2019). Otsinka potuzhnosti pohlynenoji dozy oprominyennya ^{137}Cs povitryano-vodnykh roslynamy v oligotrofnykh ta evtrofnykh vodoymakh [Assessment of the absorbed dose power of irradiation ^{137}Cs by air-water plants in oligotrophic and eutrophic water bodies]. *Hidrobiolohichni Zhurnal* [Hydrobiological journal]. Vol. 55, no. 3, pp. 105–112.

4. Volkova, O.M., Belyaev, V.V., Pryshlyak, S.P. (2017). Deyaki aspekty formuvannya pohlynenoji dozy u povitryano-vodnykh roslyn [Some aspects of formation of the absorbed dose in air-water plants]. *Hidrobiolohichni Zhurnal* [Hydrobiological journal]. Vol. 53, no. 4, pp. 76–84.

5. Volkova, O.M. (2008). Tekhnohenni radionuklidy u hidrobiontakh vodoym riznoho typu: avtoref. dys. ... d-ra biol. nauk [Man-made radionuclides in hydrobionts of water bodies of different types: author's abstract of doctoral thesis]. Kyiv, 34 p.

6. Kuzmenko, M.I., Gudkov, D.I., Kireyev, S.I. (2010). Tekhnohenni radionuklidy u presnovodnykh ekosystemakh [Man-made radionuclides in freshwater ecosystems]. Kyiv, Scientific thought, 262 p.

7. Kutlakhmedov, Yu.O., Korohodin, V.I., Koltover, V.K. (2003). *Osnovy radioekologii* [Fundamentals of radioecology]. Kyiv, High school, 319 p.
8. Romanenko, V.D. (2006). *Metody hidroekologichnykh doslidzhen povitrovykh vod* [Methods of hydroecological research of surface waters]. Kyiv, LOGOS, 408 p.
9. Pryster, B.S., Loshchylov, N.A., Nemets, O.F., Poyarkov, V.A. (1991). *Osnovy silskohospodarskoyi radiologii* [Basics of agricultural radiology]. Kyiv, Harvest, 472 p.
10. Pomortseva, N.A., Rodionova, N.K., Gudkov, D.I., Kaglyan, O.Ye. (2023). Kilkisnyy ta yakisnyy klitynnyy sklad periferichnoyi krovi ryb u hradienti tryvaloho radiatsiynoho oprominyennya [Quantitative and qualitative cellular composition of fish peripheral blood in the gradient of long-term radiation exposure]. *Hidrobiolohichniy Zhurnal* [Hydrobiological journal]. Vol. 59, no. 5, pp. 93–111.
11. Kuzmenko, M.I., Romanenko, V.D., Derevets, V.V. (2001). *Radionuklidy u vodnykh ekosystemakh Ukrainy* [Radionuclides in water ecosystems of Ukraine]. Kyiv, Chornobylinterinform, 318 p.
12. Timchenko, V.M., Linnik, P.M., Kholodko, O.P., Belyaev, V.V., Vanduk, N.S., Hulyaeva, O.O., Zhezherya, V.A. (2013). *Abiotychni komponenty ekosystemy Kyivskoho vodoshkovyshcha* [Abiotic components of the ecosystem of the Kyiv reservoir]. Kyiv, Logos, 60 p.
13. Shevtsova, N.L., Gudkov, D.I., Beljaev, V.V., Pryshlyak, S.P. (2023). *Tsytohenetychni porushennya u helofitiv Chornobyl'skoyi zony vidchuzhennya* [Cytogenetic disorders in helophytes of the Chernobyl exclusion zone]. *Aktualni pytannia radiobiologii – 2023* [Current issues of radiobiology – 2023]. Zhytomyr, Radiobiological Society of Ukraine, 126 p.
14. Yavnyuk, A.A., Shevtsova, N.L., Gudkov, D.I. (2023). *Anomalii nasinnia ocheretu u Chornobyl'skoyi zony vidchuzhennya* [Anomalies of reed seedlings in the Chernobyl exclusion zone]. *Aktualni pytannia radiobiologii – 2023* [Current issues of radiobiology – 2023]. Zhytomyr, Radiobiological Society of Ukraine, 36 p.
15. Belyaev, V.V., Volkova, O.M., Gudkov, D.I., Prishlyak, S.P., Skyba, V.V. (2023). Radiation dose reconstruction for higher aquatic plants and fish in Glyboke Lake during the early phase of the Chernobyl accident. *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol. 263, 107169. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2023.107169
16. Brown, J.E., Alfonso, B., Avila, R. (2008). The ERICA tool. *J. Environ. Radioact.* no. 99, pp. 1371–1383.
17. Ganzha, C.D., Gudkov, D.I., Abramiuk, I., Kaglyan, O.E. (2023). Skeletal abnormalities in juvenile fish from the cooling pond of the Chernobyl nuclear power plant. *European Physical Journal: Special Topics*. Vol. 232, no. 10, pp. 1607–1615. DOI: 10.1140/epjs/s11734-023-00895-5
18. Gudkov, D.I., Kaglyan, A.E., Kireev, S.I. (2008). The main radionuclides and dose formation in fish of the Chernobyl NPP exclusion zone. *Radiatsionnaia biologiya, radioekologiya*. Vol. 48, no. 1, pp. 48–58.
19. Gudkov, D.I., Kaglyan, A.Ye., Nazarov, A.B. (2008). Dynamics of the content and distribution of the main dose forming radionuclides in fishes of the exclusion zone of the Chernobyl NPS. *Hydrobiol. J.* Vol. 44, no. 5, pp. 87–104.
20. Gudkov, D.I., Shevtsova, N.L., Pomortseva, N.A. (2016). Radiation-induced cytogenetic and hematologic effects on aquatic biota within the Chernobyl exclusion zone. *Journal of Environmental Radioactivity*. no. 151, pp. 438–448.
21. Handbook for assessment of the exposure of biota to ionising radiation from radionuclides in the environment. Deliverable 5: Appendix 1 Transfer Factor and Dose Conversion Coefficient Look-up Tables. 2003. / J. Brown, P. Strand, A. Hosseini, P. Børretzen (Eds.). Project within the EC 5th Framework Programme, Contract № FIGE-CT-2000-00102. Framework for Assessment of Environmental Impact. 395 p.
22. Kaglyan, A.Ye., Gudkov, D.I., Kireyev, S.I. (2019). Fish of the Chernobyl exclusion zone: Modern levels of radionuclide contamination and radiation doses. *Ibid.* 2019. Vol. 55, no. 5, pp. 86–104.
23. Kaglyan, O.Ye., Gudkov, D.I., Belyaev, V.V. (2023). Changes in radiation exposure rate of fish of the cooling pond of the Chernobyl NPS and Lake Azbuchyn after water level lowering. *Hydrobiol. J.* Vol. 59, no. 2, pp. 96–109. DOI: 10.1615/hydrobj.v59.i2.70
24. Kutsokon', N.K., Bezrukov, V.F., Lazarenko, L.M. (2003). The number of aberrations in aberrant cells as a parameter of chromosomal instability. *Characterization of dose dependency*. *Tsitol Genet.* no. 37(4), pp. 20–25.
25. Polikarpov, G.G. (1998). Conceptual model of organisms, populations and ecosystems to all possible dose rates of ionising radiation in the environment. *Radiation Protection Dosimetry*. Vol. 75, no. 1–4, pp. 181–185.
26. Prishlyak, S.P., Belyaev, V.V., Volkova, Ye.N. (2015). Regularities of ¹³⁷Cs Accumulation in the Above the Ground and Underground Phytomass of Helophytes *Hydrobiological Journal*. Vol. 6, pp. 68–74. DOI: 10.1615/HydrobJ.v51.i6.80
27. Shevtsova, N.L., Gudkov, D.I. (2009). Cytogenetic effects of long-term radiation on higher aquatic plants within the Chernobyl accident Exclusion Zone. *Radioprotection*. no. 44, pp. 937–940.
28. Shevtsova, N.L., Gudkov, D.I. (2013). Cytogenetic damages in the common reed *Phragmites australis* in the water bodies of the Chernobyl exclusion zone. *Hydrobiological Journal*. no. 49, pp. 85–98.
29. Shevtsova, N.L., Yavniuk, A.A., Gudkov, D.I. (2014). Effect of rest period on germination of the common reed seeds from the water bodies of the Chernobyl exclusion zone. *Hydrobiological Journal*. no. 50, pp. 78–88.
30. Volkova, O.M., Belyaev, V.V., Skyba, V.V., Pryshlyak, S.P. (2023). Parameters of ¹³⁷Cs migration into the bottom sediments of various water bodies as a result of *Phragmites australis* and *Typha angustifolia* dying away. *Hydrobiological journal*. no. 59 (3). DOI: 10.1615/HydrobJ.v59.i3.70

Assessment of the radiation exposure dose in air-water plants of various water body types in Polissia

Skyba V., Volkova O., Belyaev V., Pryshlyak S.

The study aimed to determine the exposure patterns in air-water plants of Polissia reservoirs located in the territories with different levels of radionuclide contamination of the catchment area, and to assess the risk of radiation damage to air-water plants based on the radionuclides content in the bottom sediments of the reservoirs.

To determine the regularities of the air-aquatic plant irradiation dose formation the results of the 2014–2020 research were used on the specific activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in water, bottom sediments, and a set of data on the radionuclides content in aerial organs, rhizomes, and roots of *Phragmites australis* (Cav.) Trin as well as *Typha angustifolia* L. in the ecosystems of reservoirs outside the exclusion zone – Kyivskyi (Strakholissia village) and Povchanskyi (Povch village, Korostensky district, Zhytomyr Region) reservoirs, Bile lake (Bile village, Varasky District, Rivne Oblast), and Lake Lisove (village of Nova Markovka, Vyshgorod district, Kyiv region); in the exclusion zone – Lake Glyboke, Yanivsky Zaton and the averaged samples from the two reservoirs formed in the course of draining of the Chernobyl Nuclear Power Plant cooling reservoir.

The specific activity of ^{90}Sr in the samples was determined by the oxalate method, and ^{137}Cs was determined by the gamma spectrometric method in the aquatic radioecology department of the Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine. The heterogeneity of the plants environment, the attenuation of g-radiation by water masses and biomass, and the level of radionuclide contamination of

aboveground and underground organs were taken into account while determining plant radiation dose rates.

It was established that during the research period the dose rate of external g-irradiation of underwater organs of air-water plants that is formed by ^{137}Cs concentrated in water masses, is 100 or more times lower than that of ^{137}Cs radiation accumulated in bottom sediments, i.e. it can be neglected when determining the total dose.

In the studied reservoirs of the exclusion zone, the external irradiation dose rate in air-water plants was 7.5–271 $\mu\text{Gy/day}$, outside the exclusion zone it was 0.1–33 $\mu\text{Gy/day}$.

The dose rate of internal irradiation in the exclusion zone reservoirs air-water plants was 1.2–50 $\mu\text{Gy/day}$, outside the exclusion zone it was 0.01–15 $\mu\text{Gy/day}$.

The total radiation dose rate in the exclusion zone reservoirs air-water plants was 9–289 $\mu\text{Gy/day}$, in the reservoirs outside the exclusion zone it was 0.65–48 $\mu\text{Gy/day}$.

In the reservoirs outside the exclusion zone, the contribution of the external component to the total dose rate ranged from 69 to 81 %, in reservoirs within the exclusion zone it ranged from 69 to 78 %.

The study established the levels of radionuclide content in the bottom sediments corresponding to various degrees of radiobiological effects manifestation in air-water plants. It was established that the plants of most reservoirs, in particular the Kyiv Reservoir, develop in the conditions of radiation well-being zones of and physiological masking, in some reservoirs of the exclusion zone they develop under the conditions of ecological masking zones.

Key words: air-water plants, dose rate, bottom sediments, radionuclides.



Copyright: Скиба 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:

Скиба В.В.

Волкова О.М.

Беляєв В.В.

Пришляк С.П.

<https://orcid.org/0000-0002-3605-1147>

<https://orcid.org/0000-0002-5868-4842>

<https://orcid.org/0000-0003-4465-7816>

<https://orcid.org/0000-0002-3838-3073>

Наукове видання

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 2 (183) 2023

*Редактор О.О. Грушко
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. 27,9. Тираж 300.

Підписано до друку 23.11.2023 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.