

Зміст електронного журналу
«Наукові доповіді НУБіП України»
№ 5(99) (жовтень), 2022
Рекомендований до видання Вченою Радою НУБіП України
протокол № 2 від 28 вересня 2022 р.

Біологія, біотехнологія, екологія

1. Кулічкова Г. І., Савицька Н. А., Володько О. І., Іванова Т. С., Циганков С. П. Перспективи отримання біогазу з цукрового сорго в Україні
2. Гречанюк М. О., Кашпарова О. В., Павленко П. М., Левчук С. Є., Максін В. І., Кашпаров В. О. Гранічно допустимі концентрації радіонуклідів у водоймах

Агрономія

3. Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є. Продуктивність 20 річних рослин яблуні колоноподібного типу за умов Київщини
4. Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В. Динаміка густоти стояння та виживаність рослин сої, залежно від мінерального удобрення та інокуляції в умовах Лісостепу Правобережного
5. Парамонова Т. В., Куц О. В., Найдьонова О. Є., Михайлин В. І., Крутько Р. В. Науково-методичні аспекти оптимізації агрохімічних і мікробіологічних показників чорнозему типового за альтернативних технологій вирощування помідора
6. Сендецький В. М., Центило Л. В., Мельничук Т. В. Ефективність застосування елементів органічного удобрення на формування продуктивності агроценозу сої
7. Спряжка Р. О., Жемойда В. Л. Екологічна пластичність та стабільність гібридів кукурудзи при селекції на якість зерна

Тваринництво. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

8. Гуцол А. В., Гуцол Н. В., Мисенко О., Новаковська В., Повозніков М. Г. Нові ферментні препарати та результати їх застосування в свинарстві
9. Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С. Вплив ліпідно-каротиноїдного концентрату з креветок на якість та термін зберігання пресервів

Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва

10. Єгоров О. В., Малюк М. О., Савчук М. В. Зміни вмісту імуноглобулінів та циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові кролів-реципієнтів за алогенної трансфузії цільної крові

Biology, biotechnology, ecology

1. **Kulichkova G. I., Savytska N. A., Volodko O. I., Ivanova T. S., Tsygankov S. P.** Prospects of biogas obtaining from sweet sorghum in Ukraine
2. **Hrechaniuk M., Kashparova O., Pavlenko P., Levchuk S., Maksin V., Kashparov V.** Threshold limit values of radionuclides in the waterbodies

Agronomy

3. **Havryliuk O. S., Kondratenko T. Y.** Productivity of 20 year plants columnar apple-type under the conditions of Kyiv region
4. **Furman V. A., Furman O. V., Svystunova I. V.** Dynamics of plant density and survival of soybean plants , depending on mineral fertilizer and inoculation in the conditions of the Right Bank Forest Steppe
5. **Paramonova T. V., Kuts O. V., Mykhailyn V. I., Krutko R. V., Naidonova O.** Scientific and methodological aspects of optimization of agrochemical and microbiological indicators of typical chernozem of alternative technologies for growing tomatoes
6. **Sendetsky V.M., Centilo L.V., Melnichuk T.V.** Efficiency of application of organic fertilizer elements on forming the productivity of soy agricultural cultivation
7. **Spriazhka R. O., Zhemoida V. L.** Environmental plasticity and stability of corn hybrids during selection for grain quality

Animal science. Technology of production and processing of livestock products

8. **Gutsol A. V., Gutsol N. V., Mysenko O., Novakovska V., Povochnikov M.** New enzyme preparations and results of their use in pig raising
9. **Palamarchuk V. V., Ivanyuta A. O., Kharsika I. A., Androschuk O. S.** The effect of lipid-carotinoid concentrate from shrimp on the quality and period of storage of preserves

Veterinary medicine, quality and safety of livestock products

10. **Egorov O. V., Malyuk M. O., Savchuk M. V.** Changes in the content of immunoglobulins and circulating immune complexes in the blood serum of rabbit recipients during allogeneous whole blood transfusion

**ПЕРСПЕКТИВИ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ
З ЦУКРОВОГО СОРГО В УКРАЇНІ****Г. І. КУЛІЧКОВА**, <http://orcid.org/0000-0001-6909-391X>*Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки
Національної академії наук України»*

E-mail: newmilk@ukr.net

Н. А. САВИЦЬКА, <http://orcid.org/0000-0001-8264-2303>*ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного
університету імені Тараса Шевченка***О. І. ВОЛОДЬКО**, кандидат технічних наук,
<http://orcid.org/0000-0003-1465-9271>**Т. С. ІВАНОВА**, кандидат біологічних наук,
[https:// orcid.org/0000-0002-5219-8034](https://orcid.org/0000-0002-5219-8034)**С. П. ЦИГАНКОВ**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник,
[https:// orcid.org/0000-0002-4166-4124](https://orcid.org/0000-0002-4166-4124)*Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки
Національної академії наук України»*<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.001>

***Анотація.** Розвиток енергетики має вирішальний вплив на стан економіки у державі та рівень життя населення. За допомогою біогазових технологій можна збільшити частку енергії з відновлювальних джерел у національному енергетичному балансі, зменшити обсяг утворення відходів і збільшити обсяг їх переробки та повторного використання на основі інноваційних технологій та виробництв, а також обмежити викиди парникових газів. Регулювати продуктивність анаеробної ферментації можна за допомогою застосування макроелементів і мікроелементів. Вони є стимуляторами, а також більш економічно та екологічно безпечними каталізаторами порівняно з хімічними реагентами, які часто вимагають значних витрат енергії.*

Показано, що багаса цукрового сорго сорту Ботанічний має високий вміст органічних сухих речовин (87,85 %), багата на мікроелементи, тому це безумовно багатообіцяюча сировина для анаеробної ферментації. Теоретичний вихід біогазу із багаси сорго становить 476,38 л/кг сухої речовини, з вмістом метану 52,90 %. Очікувана енергетична цінність метану складає 9,02 МДж/кг сухої речовини багаси сорго. Сорго є однією із культур з найвищим співвідношенням C/N, це обумовлює перспективу ко-ферментації з субстратом, що має низьке значення цього параметру (бурякова вінаса). Цукрове сорго є перспективним кандидатом для продукції біогазу завдяки гарному хімічному складу, відносно високим показникам виходу метану та можливості експлуатації маргінальних земель на території України для його культивування.

Ключові слова: біогаз, анаеробна ферментація, цукрового сорго, багаса, мікроелементи, енергетична цінність

Актуальність. Україна забезпечує себе природним газом і нафтою власного видобутку лише на 20 %. Ціна альтернативної енергії від 3 до 17 разів нижча за енергію з традиційних джерел (Федуняк І.О., 2014). Це питання ще більш актуальне, враховуючи сучасні відносини України з Росією - одним з найбільших постачальників природного газу.

Для задоволення енергетичних потреб України в енергетичних продуктах, а також для інтеграції у Європейський простір та виконання цілей сталого розвитку, необхідне впровадження нових енергоощадних технологій і розвиток альтернативних та екологічно чистих джерел енергії (Чебан І.В., 2017). Виробництво біогазу з відновлювальних джерел відповідає цілям сталого розвитку для країн світу, затвердженим на засіданнях Генеральної Асамблеї ООН у вересні 2015 року.

Біогаз – це займиста природна суміш газів, яка утворюється внаслідок розкладання органічних речовин за анаеробних умов, є сумішшю з 50-70 % метану і 30-50 % вуглекислого газу, а також незначної кількості сірководню, азоту, водню та інших домішок. Співвідношення метану до вуглекислого газу залежить від природи субстрату та від рН під час процесу, домішки азоту

з'являються з розчиненого у субстраті повітря, водяна пара – від випаровування з субстратів при термофільних умовах, сірководень – з відновлення сульфатів субстрату, амоніак – від гідролізу білкових речовин або сечовини (Angelidaki I., etc., 2018). Можливі джерела біогазу: відходи тваринних ферм, спиртових та цукрових заводів, стічні води чи органіка на сміттєвих полігонах. Біогаз можна використовувати для отримання електроенергії та в опаленні чи приготуванні їжі.

За допомогою біогазових технологій можна збільшити частку енергії з відновлювальних джерел, зменшити обсяг утворення відходів, а також обмежити викиди парникових газів. Одна біогазова установка може досягти показника 70-80 % у використанні «місцевої складової», що є важливим плюсом для економіки країни (Токарчук, Д. та ін., 2013).

За даними Біоенергетичної асоціації України (UABIO, 2021), у 2021 році в Україні всього налічується 50 біогазових проєктів. Це майже на 50% більше біогазових установок порівняно з 2020 роком (27 біогазових проєктів). Загальна встановлена електрична потужність біогазових установок в Україні становить більше 86 МВт, вона зросла на 23,25% порівняно з 2020 роком. Електрична потужність окремих

Кулічкова Г. І., Савицька Н. А., Володько О. І., Іванова Т. С., Циганков С. П.

проектів сягає до 12 МВт. Реалізовані проекти біогазових комплексів в агросекторі орієнтовані здебільшого на виробництво електричної енергії та продаж її за “зеленим” тарифом.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Склад біогазу, а також його кількість, змінюється та залежить від виду субстрату та технології його збродження. До складу субстрату обов’язково повинні входити вітаміни та мікроелементи для адекватної роботи ферментних систем бактерій (Adekunle K, etc., 2015). Правильний вибір субстрату для ферментації дає можливість впливати на результат процесу, максимізувати вихід виробленої енергії та отримати біодобриво високої якості.

Відомо, що 70 % території України складають сільськогосподарські землі (Lakyda P, etc., 2011), а за оцінками міжнародного проекту FORBIO майже 7% земель, що не використовуються, можливо додатково залучити під вирощування енергетичних культур (Mergner R, etc., 2017). Цукрове сорго (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench) – це трав’яниста рослина родини злакових, стебла якої містять сік із 12-20 % цукрів, характеризується гарною адаптивністю до посушливих умов, коливань температур, засолених та кислих ґрунтів, а тому вирощується як енергетична культура для виробництва біоетанолу та біогазу, в

тому числі на маргінальних землях (Volodko, etc., 2020).

Сік цукрового сорго є перспективною сировиною для виробництва біоетанолу, а багаса, як побічний продукт, може бути використана на цьому ж підприємстві для утворення біогазу (С. П. Цыганков и др., 2009). Таким чином, підприємство виробляє комерційний продукт, вирішує проблему утилізації відходів виробництва, і забезпечує себе електроенергією та теплом шляхом роботи когенераційної установки на біогазі (Rakhmetova S, etc., 2020).

Базовий потенціал залишкової біомаси в Україні складає 2,13 млн. т умовного палива (це паливо, теплота згоряння якого дорівнює 29,3 МДж/кг). При використанні таких побічних продуктів агропромислового виробництва як солома або багаса і барда можна отримати додатково до основного продукту (спирт з енергетичним потенціалом 22,56 МВт•год/га•рік) майже у двічі більше енергії – 45,06 МВт•год/га•рік із побічних продуктів (В.О. Дубровін та ін., 2009). Потенціал виходу біогазу та метану з багаси сорго згідно багатьох досліджень досить високий. Деякі дослідження (Wannasek L., etc., 2017) про кількісний метановий вихід з біомаси сорго дають дані 207-387 м³ газу на тонну субстрату. Метановий потенціал для сорго в іншому джерелі (Sawatdeenarunat C., etc., 2014),

Кулічкова Г. І., Савицька Н. А., Володько О. І., Іванова Т. С., Циганков С. П.

зазначається як 286-319 нормальних м³ на тонну летких речовин.

Мета дослідження – визначення біохімічного складу та потенціалу багаси цукрового сорго як сировини для виробництва біогазу.

Матеріали і методи дослідження. Насіння цукрового сорго сорту Ботанічний (Рахметов Д. та ін., 2015) було надано Національним ботанічним садом ім. Гришка, вирощування рослин проводилось в Шостківському районі Сумської області, на Поліссі, в континентальних кліматичних умовах, на дерново-підзолистому ґрунті. У досліді використовувалась багаса сорго, яку отримували після відтискання на роликовому пресі соку зі стебел. Потім багасу сорго висушували при кімнатній температурі, подрібнювали та перемелювали за допомогою лабораторного млина.

Визначення вмісту вологості проводилося за методикою ГОСТ 29143-91 ваговим методом при висушуванні у сушильній шафі за температури 105 °С до постійної маси. Вміст сухих речовин визначали відніманням вмісту вологості від 100 %. Вміст зольності досліджували за ГОСТ 11022-95 шляхом спалення у муфельній печі при температурі 550 °С до постійної маси. Визначення вмісту сирого жиру проводилося за методикою ГОСТ 13496.15-97 екстрагуванням гексаном за допомогою апарату Сокслет.

Визначення вмісту сирого протеїну здійснювалося в результаті визначення загального вмісту нітрогену за методикою К'ельдаля (ДСТУ ISO 1871:2003) та перемножуванням отриманого результату на коефіцієнт 5,7 (Нечаев и др., 2007). Мікроелементний склад визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії (пат. RU2499049C2) за допомогою оптичного емісійного спектрометра паралельної дії з індуктивно зв'язаною плазмою Shimadzu ICPE-9000 (Японія).

Вміст вуглеводів (%) розраховували за формулою: 100 % – (вологість + зольність + сирий жир + сирий протеїн) (Костенко В.М. та ін., 2008). Вміст органічних сухих речовин (ОСР, %) отримували за формулою (Kulichkova G., etc., 2020): $OSR = 100\% - \text{вологість субстрату} - \text{зольність}$.

Теоретичний вихід біогазу розраховували за стехіометричною формулою (Braun, 2007): $C_6H_{12}O_6 = 3 CH_4 + 3 CO_2$

Відповідно, за стандартних умов теоретично 1 моль глюкози може дати 3 моля метану та 3 моля вуглекислого газу. З 1 граму вуглеводного субстрату ми отримуємо 0,747 л газу. Аналогічно, 1 г протеїну дає 0,7 л біогазу (29 % CO₂ та 71 % CH₄), а 1 г ліпідів – 1,25 л біогазу (32 % CO₂ та 68 % CH₄) (Braun, 2007). Енергетичну цінність метану, що можна отримати при анаеробному ферментуванні з

Кулічкова Г. І., Савицька Н. А., Володько О. І., Іванова Т. С., Циганков С. П.

кілограму багаси сорго розраховували, виходячи із того, що метан має енергетичну цінність 35,8 МДж/м³ (Kulichkova G., etc., 2020).

Всі дослідження проводилися у трьох повторностях, за результати було прийняте середнє арифметичне з вирахуванням похибки.

Результати дослідження та їх обговорення. В рамках дослідження було проведено біохімічний аналіз багаси цукрового сорго. Всі показники розраховували у перерахунку на суху речовину. Результати зведені до таблиці 1:

1. Біохімічний склад багаси цукрового сорго, %

Вид сировини	Сухі речовини	Зольність	Сирий жир	Сирий протеїн	Лігнін	Вуглеводи
Багаса сорго	90,52± 0,09	2,67± 0,14	0,55± 0,03	8,55± 0,4	23,91± 1,2	54,84±1,86

Вологість висушеної багаси сорго становила менше 10 %, що забезпечувало тривале зберігання її як субстрату для анаеробного ферментування. Водночас, силосування як попередня обробка здатне підвищити вихід метану завдяки кислотному гідролізу та біологічній деструкції, що покращують розкладання лігніну (Sun et al., 2021). Без попередньої обробки лігнін практично не розкладається

при анаеробному ферментуванні (Pasteris et al., 2022).

Результати розрахунків енергетичного потенціалу багаси сорго зведені до таблиці 2. Оскільки вуглеводи складають більше половини сухої речовини багаси сорго, то саме вони в основному забезпечують потенціал утворення біогазу. Разом з тим, вміст білків та жирів підвищує рівень цільового продукту метану в біогазі.

2. Енергетичний потенціал багаси сорго при анаеробному ферментуванні

багаси сорго при анаеробному

Параметри	Розраховані показники
Органічні сухі речовини, % - в тому числі, без врахування лігніну	87,85 63,94
Вихід біогазу, л/кг сухої речовини - із білків - із жирів - із вуглеводів	476,38 59,85 6,88 409,65
Вихід біометану, л/кг сухої речовини - із білків - із жирів - із вуглеводів	252,00 42,49 4,68 204,83
Енергетична цінність метану, МДж/кг сухої речовини багаси сорго	9,02

Кулічкова Г. І., Савицька Н. А., Володько О. І., Іванова Т. С., Циганков С. П.

Для подальшої метанової ферментації неабияке значення має макро- та мікроелементний склад багаси сорго. Регулювати продуктивність анаеробної ферментації можна за допомогою застосування макроелементів і мікроелементів. Вони є стимуляторами, а також більш економічно та екологічно безпечними каталізаторами порівняно з хімічними реагентами, які часто вимагають значних витрат енергії (Chunlan M., etc., 2015). Дослідження показали, що мікроелементи мають значний вплив на зброджування при виробництві біогазу. Ні стимулює виробництво біогазу та вміст метану в біогазі. Додавання солей Са та Mg як енергетичні добавки можуть підвищити продукцію CH_4 та запобігти піноутворенню. W важливий для деградації пропіонатів і метаногенів (Reda T., etc., 2008). Fe реагує з H_2S з утворенням FeS ; тому можна використовувати додавання заліза для уникнення корозії в компресорах і токсичності H_2S в біогазі.

Макроелементи, такі як азот, фосфор, калій і магній, необхідні для активації або функціонування багатьох мікроорганізмів у біологічних процесах. Потреба у макроелементах в основному оцінюються на основі бактеріального складу та його росту і складу біомаси.

Співвідношення поживних речовин зазвичай наступне: $\text{C:N:P:S}=600:15:5:1$, а оптимальне співвідношення C:N:P для збільшення виходу метану становить $200:5:1$ (Rajeshwari K., etc., 2000). Під час біологічних процесів вуглець, зазвичай, забезпечується субстратом і використовується для зміцнення клітинної структури мікроорганізму. Азот необхідний для біосинтезу білка. Сірка потрібна, оскільки входить до складу важливих амінокислот і як незамінна поживна речовина для метаногенного росту бактерій. Вміст фосфатів є вирішальним для забезпечення енергоносіїв АТФ і НАДФ під час обміну речовин.

Результати визначення елементного складу багаси зведені до таблиці 3.

Аналізуючи отримані результати, можемо побачити, що найбільше в багасі сорго виявилось такого макроелементу як кальцій, що вказує на потенціал отримання високого виходу метану. Важливим показником також є те, що вміст важких металів кадмію та свинцю є дуже малим. Це вказує на те, що ґрунт, на якому зростало цукрове сорго, не є забрудненим важкими металами, і що дигестат після ферментації цілком можна буде використовувати як добриво, так як воно буде безпечним.

3. Мікро- і макроелементний склад багаси цукрового сорго

Назва елемента	Кількість, мг/кг
Кальцій	2220,7±444,2
Магній	809,2±161,8
Сірка	730,0±145,8
Бор	6,6±1,4
Мідь	15,0±3,0
Залізо	64,3±12,9
Марганець	14,9±3,0
Цинк	41,5±8,3
Молібден	<0,02
Натрій	570,1±114,1
Алюміній	18,2±3,6
Нікель	0,6±0,1
Кадмій	<0,02
Свинець	<0,02
Кобальт	<0,02

Висновки і перспективи. Багаса сорго як сировина для біогазу має високу біологічну цінність, багата на мікроелементи, тому це безумовний кандидат для анаеробної ферментації. Сорго є однією із культур з найвищим співвідношенням C/N (Herrmann S., etc., 2016), це обумовлює перспективу ко-ферментації з субстратом, що має низьке значення цього параметру (зокрема, бурякова вінаса як відхід виробництва біоетанолу).

За результатами визначення біохімічного складу багаси цукрового сорго теоретичний вихід біогазу становить 476,38 л/кг сухої речовини, з вмістом метану 52,90 %. Очікувана енергетична цінність метану складає 9,02 МДж/кг сухої речовини багаси сорго. Досліджувана багаса сорго містить необхідну кількість нікелю як ключового мікроелементу для утворення біогазу, проте для оптимізування процесу необхідним є

додаткове внесення заліза (1-5 г/кг), молібдену (0,044-100 мг/л) та кобальту (0,029-5 мг/л) у біодоступних формах.

Для отримання великої кількості біомаси цукрового сорго, а потім відповідно і біогазу, необхідно підібрати оптимальні методи культивування даної рослини (Pinnamaneni S., etc., 2013). Цукрове сорго є перспективним кандидатом для продукції біогазу завдяки гарному хімічному складу, відносно високим показникам виходу метану та можливості експлуатації маргінальних земель на території України для його культивування. Багаса сорго має досить високий потенціал виходу біогазу. Покращити вихід біогазу із багаси сорго можливо шляхом попередньої підготовки, зокрема, силосування. Для підвищення потенціалу виходу біогазу з багаси сорго можливо

Кулічкова Г. І., Савицька Н. А., Володько О. І., Іванова Т. С., Циганков С. П.

додавати комплементарні ко-субстрати та мікроелементи, що прискорюють процес метаногенезу у

бідоступній формі, враховуючи комерційну доцільність.

Список використаних джерел

1. Федуняк І.О. Ефективність виробництва біогазу в Україні. Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка»: збірник наукових праць / ред. кол.: І.Д. Пасічник, О.І. Дем'янчук. Острог: Видавництво Національного університету «Острозька академія», 2014. Вип. 26. С. 45–49.

2. Чебан І.В., Діброва А.Д. Ринок біоенергії в Україні. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2017. Вип. 14, Ч. 2. С. 176-181.

3. Angelidaki I., Treu L., Tsapekos P., Luo G., Campanaro S., Wenzel H., Kougiaris P.G. Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. *Biotechnology Advances*. 2018. Vol. 36, Iss. 2. P. 452-466.

4. Токарчук, Д. та Яремчук, О. (2013). Виробництво і використання біогазу в Україні: економічні і соціальні перспективи. Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). С. 338-346.

5. Біоенергетична асоціація України UABIO (2021). *Біоенергетичні об'єкти: інфографіка*. [online] Available at: <https://uabio.org/materials/11862/> [Accessed 16 Dec. 2021].

6. Adekunle, K., Okolie, J. (2015). A Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion. *Adv. in Bioscience and Biotechnol.* 06. 205-212. 10.4236/abb.2015.63020.

7. Lakyda, P., Geletukha, G., Vasylyshyn, R., Zhelezna, T., Zibtsev, S., Böttcher, H. (2011). In: *Lakyda PI, Ed. Energy potential of biomass in Ukraine*. Kyiv: Publishing Center of NUBiP of Ukraine, Institute of Forestry and Landscape-Park Management of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

8. Mergner, R., Janssen, R., Rutz, D. (2017). Fostering sustainable feedstock production for advanced biofuels on underutilized land in Europe. 25th European Biomass Conference and Exhibition.

Stockholm. pp. 125-130.

9. Volodko, O., Ivanova, T., Kulichkova, G., Lukashevych, K., Blume, Ya., Tsygankov, S. (2020) Fermentation of sweet sorghum syrup under reduced pressure for bioethanol production. *Open Agric J*; 14: 235-245.

<http://dx.doi.org/10.2174/1874331502014010235>

10. Использование побочных продуктов производства биоэтанола для получения энергии / С. П. Цыганков, А. Г. Новак, А. И. Куличкова // *Відновлюв. енергетика*. 2009. № 2. С. 74-80.

11. Rakhmetova, S., Vergun, O., Blume, R., Bondarchuk, O., Shymanska, O., Tsygankov, S., Yemets, A., Blume, Ya., Rakhmetov, D. (2020). Ethanol Production Potential of Sweet Sorghum in North and Central Ukraine. *The Open Agriculture J.* 14. 321-338. 10.2174/1874331502014010321.

12. Дубровін В.О., Мельничук М.Д., Мельник Ю.Ф. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: [науково-методичні рекомендації]. К: НУБіП України, 2009. 122 с.

13. Wannasek, L., Ortner, M., Amon, B., Amon, T. (2017). Sorghum, a sustainable feedstock for biogas production? Impact of climate, variety and harvesting time on maturity and biomass yield. *Biomass and Bioenerg.* 106. 137-145. 10.1016/j.biombioe.2017.08.03.

14. Sawatdeenarunat, C., Surendra, K., Takara, D., Oechsner, H., Khanal, S. (2014). Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: Challenges and opportunities. *Bioresour technol.* 178. 10.1016/j.biortech.2014.09.103.

15. Рахметов, Д., Корабльова, О., Стаднічук, Н. та ін. (2015). *Каталог відділу нових культур*. НАН України, Нац. ботан. сад. ім. М.М. Гришка. Київ: Фітосоціоцентр.

16. Нечаев, А., Траубенберг, С., Кочеткова, А. (2007). *Пищевая химия*. Санкт-Петербург: ГИОРД.

17. Костенко В.М., Панько В.В., Сироватко К.М., Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин. Частина I

- Кулічкова Г. І., Савицька Н. А., Володько О. І., Іванова Т. С., Циганков С. П. “Хімічний склад, оцінка поживності та якості кормів”. – Вінниця: РВВ ВДАУ, 2008.-141 с.
18. Kulichkova, G., Ivanova, T., Köttner, M., Volodko, O., Spivak, S., Tsygankov, S., Blume, Ya. (2020). Plant Feedstocks and their Biogas Production Potentials. *The Open Agriculture J.* 14: 219-234. <http://dx.doi.org/10.2174/1874331502014010219>
19. Braun, R. (2007). Anaerobic digestion: a multi-faceted process for energy, environmental management and rural development. In: RANALLI, P. (eds) *Improvement of Crop Plants for Industrial End Uses.* Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5486-0_13
20. Sun H., Cui X., Li R., Guo J., Dong R. Ensiling process for efficient biogas production from lignocellulosic substrates: Methods, mechanisms, and measures, *Bioresource Technology*, Volume 342, 2021, 125928, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125928>
21. Pasteris A.M., Heiermann M., Theuerl S., Plogsties V., Jost C., Prochnow A., Herrmann Ch. Multi-advantageous sorghum as feedstock for biogas production: A comparison between single-stage and two-stage anaerobic digestion systems, *Journal of Cleaner Production*, Volume 358, 2022, 131985, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131985>.
22. Chunlan, M., Yongzhong, F., Xiaojiao, W., Guangxin, R. (2015) Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* – Vol. 45. – P. 540-555.
23. Reda, T., Plugge, C.M., Abram, N.J., Hirst, J. (2008) Reversible interconversion of carbon dioxide and formate by an electroactive enzyme. *Proc. Natl. Acad. Sci.* – Vol. 105. – 10654-10658.
24. Rajeshwari, K., Balakrishnan, M., Kansal, A., Lata, K., Kishore, V. (2000) State-of-the-art of anaerobic digestion technology for industrial wastewater treatment. *Renewable Sustainable Energy Rev.* – Vol. 4. – P. 135-156.
25. Herrmann, C., Idler, C., Heiermann, M. (2016). Biogas crops grown in energy crop rotations: Linking chemical composition and methane production characteristics. *Bioresource Technol.* 206. 10.1016/j.biortech.2016.01.058.
26. Pinnamaneni, S., Kumar, C., Reddy, B. (2013). Sweet Sorghum: From Theory to Practice. In: Rao P., Kumar C. (eds) *Characterization of Improved Sweet Sorghum Cultivars.* SpringerBriefs in Agriculture. Springer, India. 10.1007/978-81-322-0783-2_1.

References

1. Fedunyak I.O. (2014). Efficiency of biogas production in Ukraine. Scientific Notes of the National University "Ostroh Academy". "Economics" series: a collection of scientific papers / editor. col.: I.D. Pasichnik, O.I. Demyanchuk. Ostroh: Publishing House of the National University "Ostroh Academy", Vol. 26. pp. 45–49.
2. Cheban I.V., Dibrova A.D. (2017). Bioenergy market in Ukraine. Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University. Issue 14, Part 2. P. 176-181.
3. Angelidaki I., Treu L., Tsapekos P., Luo G., Campanaro S., Wenzel H., Kougias P.G. (2018.) Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. *Biotechnology Advances.* Vol. 36, Iss. 2. P. 452-466.
4. Tokarchuk, D. and Yaremchuk, O. (2013). Production and use of biogas in Ukraine: economic and social perspectives. Collection of scientific works of Tavriyya State Agro-Technological University (Economic Sciences). P. 338-346.
5. Bioenergy Association of Ukraine UABIO (2021). Bioenergy facilities: infographic. [online] Available at: <https://uabio.org/materials/11862/> [Accessed 16 Dec. 2021].
6. Adekunle, K, Okolie, J. (2015). A Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion. *Adv. in Bioscience and Biotechnol.* 06. 205-212. 10.4236/abb.2015.63020.
7. Lakyda, P., Geletukha, G., Vasylyshyn, R., Zhelezna, T., Zibtsev, S., Böttcher, H. (2011). In: *Lakyda PI, Ed.* Energy potential of biomass in Ukraine. Kyiv: Publishing Center of NUBiP of Ukraine, Institute of Forestry and Landscape-Park Management of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.
8. Mergner, R., Janssen, R., Rutz, D. (2017). Fostering sustainable feedstock

- Кулічкова Г. І., Савицька Н. А., Володько О. І., Іванова Т. С., Циганков С. П. production for advanced biofuels on underutilized land in Europe. 25th European Biomass Conference and Exhibition. Stockholm. pp. 125-130.
9. Volodko, O., Ivanova, T., Kulichkova, G., Lukashevych, K., Blume, Ya., Tsygankov, S. (2020) Fermentation of sweet sorghum syrup under reduced pressure for bioethanol production. *Open Agric J*; 14: 235-245. <http://dx.doi.org/10.2174/1874331502014010235>
10. Using by-products of bioethanol production to obtain energy / S. P. Tsygankov, A. G. Novak, A. I. Kulichkova // *Rev. energy* - 2009. - No. 2. - P. 74-80.
11. Rakhmetova, S., Vergun, O., Blume, R., Bondarchuk, O., Shymanska, O., Tsygankov, S., Yemets, A., Blume, Ya., Rakhmetov, D. (2020). Ethanol Production Potential of Sweet Sorghum in North and Central Ukraine. *The Open Agriculture J.* 14. 321-338. [10.2174/1874331502014010321](https://doi.org/10.2174/1874331502014010321).
12. Dubrovin V.O., Melnychuk M.D., Melnyk Yu.F. (2009). Bioenergy in Ukraine - development of rural areas and opportunities for individual communities: [scientific and methodological recommendations] K: NUBiP of Ukraine, 122 p.
13. Wannasek, L., Ortner, M., Amon, B., Amon, T. (2017). Sorghum, a sustainable feedstock for biogas production? Impact of climate, variety and harvesting time on maturity and biomass yield. *Biomass and Bioenerg.* 106. 137-145. [10.1016/j.biombioe.2017.08.03](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.08.03).
14. Sawatdeenarunat, C., Surendra, K., Takara, D., Oechsner, H., Khanal, S. (2014). Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: Challenges and opportunities. *Bioresour technol.* 178. [10.1016/j.biortech.2014.09.103](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.09.103).
15. Rakhmetov, D., Korablyova, O., Stadnichuk, N. and others. (2015). Catalog of the Department of New Cultures. NAS of Ukraine, National herd garden. named after M.M. Grishka Kyiv: Phytosocial Center.
16. Nechaev, A., Traubenberg, S., Kochetkova, A. (2007). Food chemistry. St. Petersburg: GIORD.
17. Kostenko V.M., Panko V.V., Syrovatko K.M., Workshop on feeding agricultural animals. Part I "Chemical composition, assessment of nutrition and quality of fodder". – Vinnytsia: State University of the Russian Academy of Sciences, 2008.-141 p.
18. Kulichkova, G., Ivanova, T., Köttner, M., Volodko, O., Spivak, S., Tsygankov, S., Blume, Ya. (2020). Plant Feedstocks and their Biogas Production Potentials. *The Open Agriculture J.* 14: 219-234. <http://dx.doi.org/10.2174/1874331502014010219>
19. Braun, R. (2007). Anaerobic digestion: a multi-faceted process for energy, environmental management and rural development. In: RANALLI, P. (eds) *Improvement of Crop Plants for Industrial End Uses.* Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5486-0_13
20. Sun H., Cui X., Li R., Guo J., Dong R. Ensiling process for efficient biogas production from lignocellulosic substrates: Methods, mechanisms, and measures, *Bioresour Technol*, Volume 342, 2021, 125928, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125928>
21. Pasteris A.M., Heiermann M., Theuerl S., Plogsties V., Jost C., Prochnow A., Herrmann Ch. Multi-advantageous sorghum as feedstock for biogas production: A comparison between single-stage and two-stage anaerobic digestion systems, *Journal of Cleaner Production*, Volume 358, 2022, 131985, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131985>.
22. Chunlan, M., Yongzhong, F., Xiaojiao, W., Guangxin, R. (2015) Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* Vol. 45. P. 540-555.
23. Reda, T., Plugge, C.M., Abram, N.J., Hirst, J. (2008) Reversible interconversion of carbon dioxide and formate by an electroactive enzyme. *Proc. Natl. Acad. Sci.* Vol. 105. 10654-10658.
24. Rajeshwari, K., Balakrishnan, M., Kansal, A., Lata, K., Kishore, V. (2000) State-of-the-art of anaerobic digestion technology for industrial wastewater treatment. *Renewable Sustainable Energy Rev.* – Vol. 4. – P. 135-156.
25. Herrmann, C., Idler, C., Heiermann, M. (2016). Biogas crops grown in energy crop rotations: Linking chemical composition and methane production characteristics.

- Кулічкова Г. І., Савицька Н. А., Володько О. І., Іванова Т. С., Циганков С. П.
Bioresource Technol. 206. Characterization of Improved Sweet Sorghum
10.1016/j.biortech.2016.01.058. Cultivars. SpringerBriefs in Agriculture.
26. Pinnamaneni, S., Kumar, C., Reddy, Springer, India. 10.1007/978-81-322-0783-
B. (2013). Sweet Sorghum: From Theory to 2_1.
Practice. In: Rao P., Kumar C. (eds)

PROSPECTS OF BIOGAS OBTAINING FROM SWEET SORGHUM IN UKRAINE

G. I. Kulichkova, N. A. Savytska, O. I. Volodko, T. S. Ivanova, S. P. Tsygankov

Abstract: *The development of energy has a decisive influence on the state of the economy in the country and the standard of living of the population. With the help of biogas technologies, it is possible to increase the share of energy from renewable sources in the national energy balance, reduce the volume of waste generation and increase the volume of their processing and reuse based on innovative technologies and productions, as well as limit greenhouse gas emissions. It is possible to regulate the performance of anaerobic fermentation using macronutrients and micronutrients. They are stimulants, as well as more economically and environmentally safe catalysts compared to chemical reagents, which often require significant energy costs.*

It has been shown that sweet sorghum bagasse of the Botanical grade has a high content of organic dry matter (87.85%), is rich in trace elements, therefore it is definitely a promising raw material for anaerobic fermentation. The theoretical yield of biogas from sorghum bagasse is 476.38 l/kg of dry matter, with a methane content of 52.90%. The expected energy value of methane is 9.02 MJ/kg dry matter of sorghum bagasse. Sorghum is one of the crops with the highest C/N ratio, which determines the prospect of co-fermentation with a substrate that has a low value of this parameter (suger beet vinasse). Sugar sorghum is a promising candidate for biogas production due to its good chemical composition, relatively high methane yield and the possibility of exploiting marginal lands in Ukraine for its cultivation.

Key words: *biogas, anaerobic fermentation, sweet sorghum, bagasse, microelements, energy value*

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИ КОНЦЕНТРАЦІЇ РАДІОНУКЛІДІВ У
ВОДОЙМАХМ. О. ГРЕЧАНЮК, аспірант^{1*}О. В. КАШПАРОВА, молодший науковий співробітник^{1,2}П. М. ПАВЛЕНКО, аспірант¹С. Є. ЛЕВЧУК, кандидат біологічних наук¹В. І. МАКСІН, доктор хімічних наук, професор^{1,3}В. О. КАШПАРОВ, доктор біологічних наук, професор^{1,2}¹Національний університет біоресурсів і природокористування України²Center for Environmental Radioactivity (CERAD), Norwegian University of Life Sciences, P.O. Box 5003, N-1432, Ås,³Науково-дослідний інститут "Ресурс" Держагенства України "Резерв",

E-mail: maksgreg@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.002>

Анотація. За вмісту ^{90}Sr та ^{137}Cs у воді водойм нижче допустимого рівня, навіть для питної води, питома активність радіонуклідів в рибі може в сотні і тисячі разів перевищувати встановлені гігієнічні нормативи ДР-2006.

Метою даної роботи було визначення гранично допустимих концентрацій ^{90}Sr та ^{137}Cs у воді водойм залежно від вмісту у воді кальцію та калію на основі параметрів метаболізму цезію та стронцію у риб, котрі гарантують неперевикнення встановлених гігієнічних нормативів радіонуклідів у рибі (ДР-2006) з ймовірністю 95 %.

Показано, що у водоймах з низькою мінералізацією води гранично допустимі концентрації ^{90}Sr і ^{137}Cs будуть надто низькі на рівні одиниць Бк в кубічному метрі та важко вимірюваними на відміну від радіоактивного забруднення риби, що робить, рибу навіть при незначному радіоактивному забрудненню водойм, унікальним біоіндикатором для цілей радіаційного захисту людини та навколишнього середовища.

Ключові слова: ^{90}Sr , ^{137}Cs , радіоекологія, допустимі рівні, біотестування на рибі, Чорнобильська аварія, радіоактивне забруднення, гранично допустима концентрація

Актуальність. Внаслідок аварій на АЕС в Чорнобилі в 1986 році та в Фукусимі в 2011 році питома активність ^{90}Sr та ^{137}Cs в рибі в радіоактивно забруднених водоймах

перевищувала допустимі рівні [1-6]. Встановлення гранично допустимої концентрації радіонуклідів у воді водойм має гарантувати неперевикнення гігієнічних рівнів

* Науковий керівник – доктор хімічних наук, професор, В.І.Максін

Гречанюк М. О., Кашпарова О. В., Павленко П. М., Левчук С. Є., Максін В. І., Кашпаров В. О.

вмісту ^{90}Sr ($35 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) і ^{137}Cs ($150 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) в рибі (ДР-2006) для зменшення внутрішніх доз опромінення населення [7].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Допустимі концентрації ^{90}Sr та ^{137}Cs у питній воді згідно ДР-2006 для населення складають $2 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$ [7] та НРБУ-97 [8] 10 і $100 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$, відповідно. При таких рівнях вмісту радіонуклідів у воді питома активність ^{90}Sr та ^{137}Cs в рибі в сотні і тисячі разів може перевищувати допустимі рівні вмісту радіонуклідів в свіжій та мороженій рибі в Україні, $35 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ і $150 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$, відповідно [5, 7, 9-16].

Більш ніж половина активності ^{137}Cs ($55\text{--}70\%$) накопичується в м'язовій тканині риб, в той час коли в кістковій тканині і лусці міститься основна частина активності ^{90}Sr (до $91\text{--}97\%$) [10, 11, 17]. Середнє співвідношення питомої активності ^{90}Sr в тілі та кістковій тканині прісноводних кісткових риб складає 0.14 , для ^{137}Cs середнє співвідношення питомої активності в тілі риб та в м'язових тканинах - 1.1 [17].

Вміст ^{90}Sr та ^{137}Cs в рибі прямо пропорційно залежить від питомої активності цих радіонуклідів у воді та обернено пропорційно від вмісту у воді макроаналогів цих радіонуклідів – іонів кальцію (Ca^{2+}) і калію (K^+) [9, 18-21].

Мета дослідження полягає у визначенні гранично допустимої

концентрації ^{90}Sr і ^{137}Cs у воді в водоймах з різним вмістом їх макроаналогів – іонів кальцію і калію, яка має гарантувати з заданою імовірністю неперевикнення гігієнічних рівнів вмісту радіонуклідів в рибі ДР-2006.

Матеріали і методи дослідження. Гранично допустимі концентрації (ГДК) ^{90}Sr та ^{137}Cs у воді водойм ($\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1}$) встановлюються на основі параметрів метаболізму цезію та стронцію у риб залежно від вмісту у воді кальцію [Ca^{2+} , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$] та калію [K^+ , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$] з метою неперевикнення встановлених гігієнічних нормативів за вмістом ^{90}Sr і ^{137}Cs у рибі (ДР-2006) з ймовірністю більше 95% . Для визначення у воді концентрації іонів кальцію [Ca^{2+} , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$] використовували титриметричний метод [27], для визначення концентрації іонів калію [K^+ , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$] у воді користувались методом полуменової фотометрії [27].

У природних умовах Чорнобильської зони відчуження і акваріумних експериментах було отримано параметри математичної трикамерної моделі - значення швидкості надходження і виведення ^{90}Sr і ^{137}Cs з риби і біологічні періоди напівзменшення вмісту в м'язовій і кістковій тканині риб, що дозволило використовувати їх для прогнозування вмісту ^{90}Sr і ^{137}Cs у рибі та окремих тканинах при надходженні радіонуклідів в організм риб як з кормом, так і безпосередньо,

Гречанюк М. О., Кашпарова О. В., Павленко П. М., Левчук С. Є., Максін В. І., Кашпаров В. О.

з води за різних умов навколишнього середовища і режимах годування [14-16, 22-25].

Отримані нами рівноважні коефіцієнти накопичення радіонуклідів з води до риби (CR , відношення питомої активності радіонукліду в рибі (органі або тканині) при природній вологості ($Bk \cdot kg^{-1}$, FM) до питомої активності

цього радіонукліду у воді ($Bk \cdot l(kg)^{-1}$) у рівноважних умовах) при різному вмісті у воді K^+ і Ca^{2+} [14-16, 19, 24] добре узгоджуються з літературними даними [9, 18, 21] з урахуванням усереднених значень геометричного стандартного відхилення коефіцієнтів накопичення ^{90}Sr і ^{137}Cs для риб різних видів рівним 1.7-2.3 [26] (Табл. 1).

1. Коефіцієнти накопичення радіонуклідів з води до риби (CR) при різному вмісті у воді K^+ і Ca^{2+} – у літній період року.

Риби	Радіо-нуклід	CR з [14-16, 19, 24]	CR з [9, 18, 21]
Не хижі	^{90}Sr	$(1500-4500) \cdot [Ca^{2+}]^{-1}$	$CF_{whole}^{Sr-90} = \frac{3940(Range: 1180 - 5660)}{[Ca^{2+}]}$
	^{137}Cs	$(1000-4500) \cdot [K^+]^{-1}$	$CF_{whole}^{Cs-137} = \frac{2390(Range: 1740 - 3280)}{[K^+]}$
Хижі	^{90}Sr	$(2000-4000) \cdot [Ca^{2+}]^{-1}$	$CF_{whole}^{Sr-90} = \frac{4770(Range: 3020 - 7520)}{[Ca^{2+}]}$
	^{137}Cs	$(2000-8000) \cdot [K^+]^{-1}$	$CF_{whole}^{Cs-137} = \frac{4800(Range: 1780 - 7590)}{[K^+]}$

Неперевищення встановлених гігієнічних нормативів ДР-2006 за вмістом ^{90}Sr (C^{Sr} , $Bk \cdot kg^{-1}$) і ^{137}Cs (C^{Cs} ,

$$C^{Sr} / 35 + C^{Cs} / 150 \leq 1, \tag{1}$$

Питома активність ^{90}Sr та ^{137}Cs у тілі всіх видів прісноводних риб з довірчою ймовірністю 0,95 на основі метаболізму цезію та стронцію у риб і вмісті у воді ^{90}Sr (W^{Sr} , $Bk \cdot l^{-1}$) та ^{137}Cs

$$C^{Sr} = 7520 \cdot W^{Sr} / [Ca^{2+}] \tag{2}$$

$$C^{Cs} = 7590 \cdot W^{Cs} / [K^+] \tag{3}$$

$Bk \cdot kg^{-1}$) в свіжій рибі спостерігається при дотриманні нерівності [7]:

(W^{Cs} , $Bk \cdot l^{-1}$) і їх макроаналогів – кальція [Ca^{2+} , $mg \cdot l^{-1}$] і калія [K^+ , $mg \cdot l^{-1}$] неперевисуватиме таких значень – Табл.1 [9]:

Гречанюк М. О., Кашпарова О. В., Павленко П. М., Левчук С. Є., Максін В. І., Кашпаров В. О.

Отже, не перевищення встановлених гігієнічних нормативів за вмістом ^{90}Sr і ^{137}Cs у свіжій рибі (ДР-2006) [7] залежно від вмісту у воді ^{90}Sr (W^{Sr} , Бк·л⁻¹) і ^{137}Cs (W^{Cs} ,

$$215 \cdot W^{\text{Sr}} / [\text{Ca}^{2+}] + 51 \cdot W^{\text{Cs}} / [\text{K}^{+}] \leq 1 \quad (4)$$

Результати дослідження та їх обговорення. Гранично допустимі концентрації ^{90}Sr і ^{137}Cs у воді водойм (Бк·л⁻¹) за наявності обох радіонуклідів встановлюються

Бк·л⁻¹) та їх макроаналогів – кальцію [Ca^{2+} , мг·л⁻¹] і калію [K^{+} , мг·л⁻¹] спостерігається при дотриманні нерівності (1-3):

залежно від вмісту у воді калію та кальцію [Ca^{2+} , мг·л⁻¹] і [K^{+} , мг·л⁻¹] за умови дотримання нерівності (4) і наведені у графічному вигляді на Рис. 1.

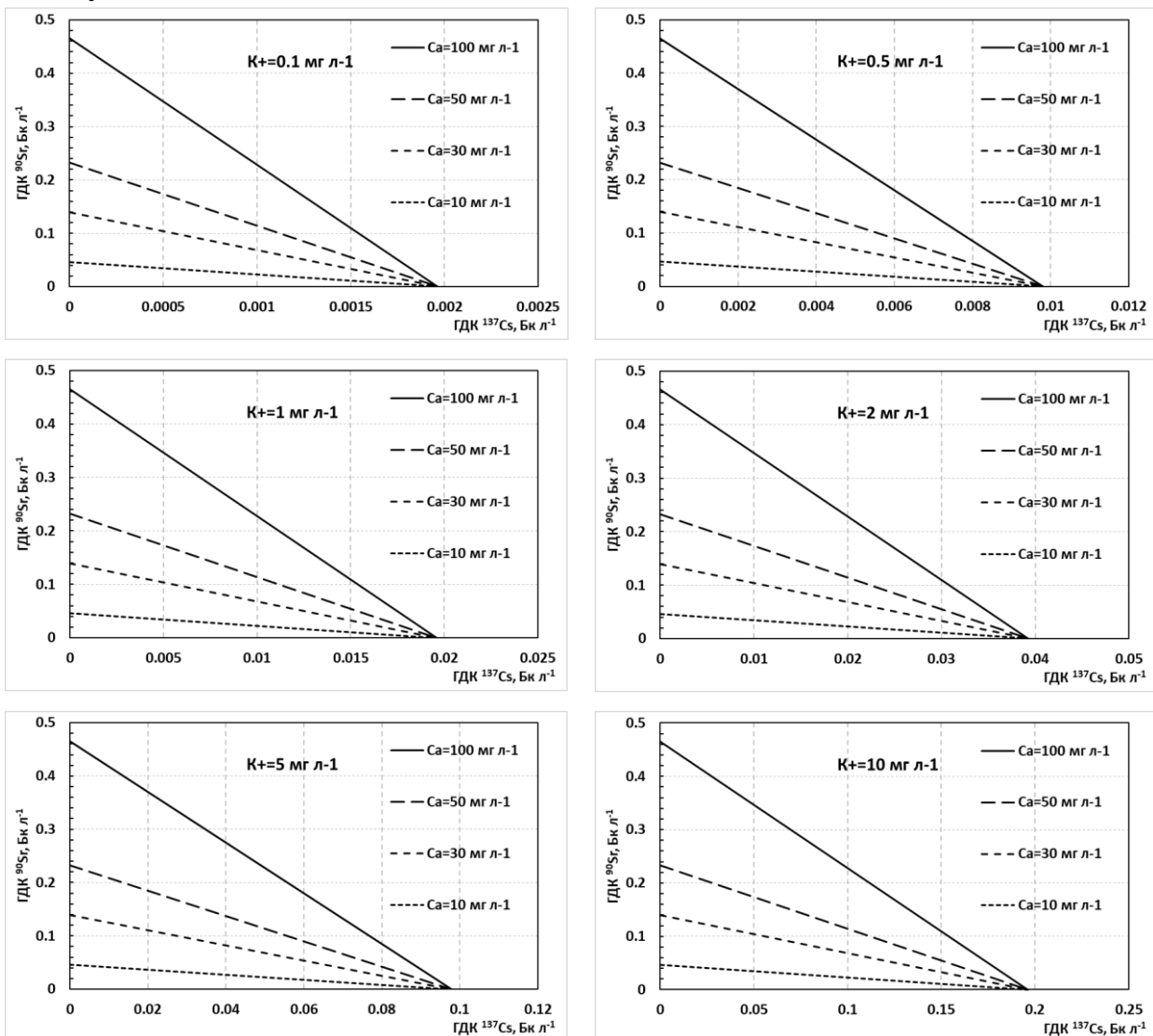


Рис. 1. Гранично допустимі концентрації (ГДК) ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді водойм за наявності обох радіонуклідів залежно від вмісту у воді калію [K^{+} , мг·л⁻¹] і кальцію [Ca^{2+} , мг·л⁻¹].

За відсутності ^{90}Sr у воді водойм, ГДК ^{137}Cs (Бк·л⁻¹) встановлюються

залежно від вмісту у воді калію [K^{+} , мг·л⁻¹] за умови дотримання

Гречанюк М. О., Кашпарова О. В., Павленко П. М., Левчук С. Є., Максін В. І., Кашпаров В. О.

нерівності (4) та наведені у чисельному вигляді у Таблиці 2. У разі застосування додаткового чистого корму в рекомендованій фізіологічно необхідній кількості гранично допустимі концентрації ^{137}Cs у воді водойм ($\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1}$) можуть

бути збільшені в 2 рази [15,16]. ГДК ^{90}Sr ($\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1}$) за відсутності ^{137}Cs у воді водойм встановлюються залежно від вмісту у воді кальцію [Ca^{2+} , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$] за умови дотримання нерівності (4) і наведені у чисельному вигляді у Таблиці 2.

2. Гранично допустимі концентрації (ГДК) ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді водойм за наявності лише одного радіонуклідів залежно від вмісту у воді калію [K^+ , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$] або ж кальцію [Ca^{2+} , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$].

K^+ , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$	ГДК ^{137}Cs (за відсутності ^{90}Sr), $\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1}$	Ca^{2+} , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$	ГДК ^{90}Sr (за відсутності ^{137}Cs), $\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1}$
0.1	0.002	2	0.001
0.2	0.004	5	0.02
0.3	0.006	10	0.05
0.4	0.008	15	0.07
0.5	0.010	20	0.09
0.6	0.012	25	0.12
0.7	0.014	30	0.14
0.8	0.016	35	0.16
0.9	0.018	40	0.19
1	0.020	45	0.21
1.1	0.022	50	0.23
1.2	0.024	55	0.26
1.3	0.025	60	0.28
1.4	0.027	65	0.30
1.5	0.029	70	0.33
1.6	0.031	75	0.35
1.7	0.033	80	0.37
1.8	0.035	85	0.40
1.9	0.037	90	0.42
2	0.039	95	0.44
3	0.059	100	0.47
4	0.078	105	0.49
5	0.098	110	0.51
6	0.118	115	0.53
7	0.137	120	0.56
8	0.157	125	0.58
9	0.176	130	0.60
10	0.196	135	0.63
20	0.392	140	0.65
50	0.980	150	0.70

Висновки і перспективи. У результаті проведених досліджень на основі параметрів метаболізму цезію та стронцію у риб залежно від вмісту у воді калію [K^+ , $mg \cdot l^{-1}$] та кальцію [Ca^{2+} , $mg \cdot l^{-1}$] отримані рівноважні значення гранично допустимих концентрацій ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді водойм ($Bk \cdot l^{-1}$), котрі гарантують неперевищення встановлених гігієнічних нормативів радіонуклідів у рибі (ДР-2006) з ймовірністю 95%. Показано, що навіть при надто високому вмісті калію ($K^+ = 50 mg \cdot l^{-1}$) та кальцію ($Ca^{2+} = 150 mg \cdot l^{-1}$) у воді прісноводних водойм (Табл. 2), ГДК $^{137}Cs - 1.0 Bk \cdot l^{-1}$ і $^{90}Sr - 0.7 Bk \cdot l^{-1}$ буде менше у порівнянні з допустимими рівнями вмісту радіонуклідів у питній воді ($\geq 2 Bk \cdot l^{-1}$) [7,8]. У водоймах з низькою мінералізацією при вмісті калію ($K^+ = 0.2 mg \cdot l^{-1}$) та кальцію ($Ca^{2+} = 2 mg \cdot l^{-1}$) у воді [19], як зазначено у Таблиці 2, ГДК радіонуклідів буде вкрай низьким, і навіть важко вимірюваним ($^{137}Cs - 0.004 Bk \cdot l^{-1}$ і $^{90}Sr - 0.001 Bk \cdot l^{-1}$), на відміну від

радіоактивного забруднення риби. Саме це робить рибу зручним біоіндикатором навіть за незначного радіоактивного забруднення водойм.

На початковому етапі радіоактивного забруднення водойм ГДК можуть бути трохи вище рівноважних значень через монотонну динаміку збільшення питомої активності радіонуклідів у рибі протягом перших місяців [22]. При використанні додаткового чистого годування риби ГДК ^{137}Cs можуть бути збільшені в 2 рази [15, 16]. Також слід зазначити, що ГДК ^{90}Sr будуть залежати від віку/розміру риб [16].

Більше ніж 90% ^{90}Sr міститься в кістках та лусці риб [10, 11, 17] і при кулінарній обробці практично не надходить в продукти харчування [9]. Тому введення нижчого допустимого рівня вмісту ^{90}Sr у свіжій та мороженій цільній тушці риби ($35 Bk \cdot kg^{-1}$) [7], а не в їстівній її частині м'язової тканини, на наш погляд, є надмірно консервативним і невиправданим.

ПОДЯКА

Автори висловлюють подяку НУБіП України за підтримку цієї роботи в рамках теми 110/1-пр-2022 (№ держреєстрації 0122U001794) і гранту СРЕА-2015/10108 Норвезького центру міжнародного співробітництва в галузі освіти /the Norwegian Centre for International Cooperation in Education (SiU) «Joint Ukrainian-Norwegian education programme in Environmental Radioactivity». Ці дослідження також були частково підтримані в 2020-2021 рр. в рамках проекту НФДУ №93/02.2020 «Закономірності впливу хронічного іонізуючого випромінювання на референтні організми рослин і тварин в екосистемах Чорнобильської зони відчуження».

Список використаних джерел

1. IAEA, 2006. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience. Report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment', Ed. Anspaugh, L. and Balonov, M., Radiological assessment reports series, IAEA, STI/PUB/1239. http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1239_web.pdf
2. IAEA, 2015. The Fukushima Daiichi accident. Radiological Consequences. 4/5. Vienna. IAEA- STI/PUB/1710. <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1710-ReportByTheDG-Web.pdf>
3. Wada, T., Fujita, T., Nemoto, Y., Shimamura, S., Mizuno, T., Sohtome, T., Kamiyama, K., Narita, K., Watanabe, M., Hatta, N., Ogata, Y., Morita, T., Igarashi, S., 2016. Effects of the nuclear disaster on marine products in Fukushima: An update after five years. *Journal of Environmental Radioactivity*. 164, 312-324 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.06.028>
4. Wada, T., Konoplev, A., Wakiyama, Y., Watanabe, K., Furuta, Y., Morishita, D., Kawata, G., Nanba, K., 2019. Strong contrast of cesium radioactivity between marine and freshwater fish in Fukushima. *Journal of Environmental Radioactivity*. 204, 132–142. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.04.006>
5. Balonov M., Kashparov V., Nikolaenko E., Berkovsky V., Fesenko S. Harmonization of standards for permissible radionuclide activity concentrations in foodstuffs in the long term after the Chernobyl accident. *Journal of Radiological Protection*. 2018. Vol. 38. P. 854–867. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/aabe34>
6. UNSCEAR 2020/2021 Report. Sources, effects and risks of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2020/2021. Report to the General Assembly with Scientific Annexes VOLUME II. Scientific Annex B. UNITED NATIONS. New York, 2022. https://www.unscear.org/docs/publications/2020/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol.II.pdf
7. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР-2006). Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006. http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE12719.html
8. НОРМИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ (НРБУ-97). Київ. 1998 <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0062282-97#Text>
9. IAEA, 2010. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and fresh-water environments. Vienna. IAEA-TRS-472. http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/trs472_web.pdf
10. Gudkov D. I., Kaglyan A. Ye., Nazarov A. B., Klenus V. G. Dynamics of the Content and Distribution of the Main Dose Forming Radionuclides in Fishes of the Exclusion Zone of the Chernobyl NPS. *Begell House, Inc. Hydrobiological Journal*. 2008. 44(5), 87-104.
11. Каглян А.Е., Гудков Д.И., Кленус В.Г., Широкая З.О., Поморцева Н.А., Юрчук Л.П., Назаров А.Б. Радионуклиды в аборигенных видах рыб чернобыльской зоны отчуждения. *Ядерная физика та енергетика*. 2012. 13(3), 306-315.
12. Каглян О. Є., Гудков Д. І., Кіреєв С. І., Кленус В. Г., Беляєв В. В., Юрчук Л. П., Дроздов В. В., Гупало О. О. Динаміка питомої активності ^{90}Sr і ^{137}Cs у представників іхтіофауни водойм Чорнобильської зони відчуження. *Ядерна фізика та енергетика*. 2021. 22(1), 62-73. <https://doi.org/10.15407/jnpae2021.01.062>
13. Kaglyan A.Ye., Gudkov D.I., Kireyev S.I., Yurchuk L.P., Gupalo Ye.A. Fish of the Chernobyl exclusion zone: modern levels of radionuclide contamination and radiation doses. *Hydrobiological Journal*. 2019. 55(5), 81–99. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v55.i5.80>
14. Teien, H.-C., Kashparova, O., Salbu, B., Levchuk, S., Protsak, V., Eide D. M., Jensen, K. A., Kashparov V., 2021. Seasonal changes in uptake and depuration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in silver Prussian carp (*Carassius gibelio*) and common rudd (*Scardinius erythrophthalmus*). *Science of the Total Environment*. 786, 147280,

Гречанюк М. О., Кашпарова О. В., Павленко П. М., Левчук С. Є., Максін В. І., Кашпаров В. О.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147280>

15. Павленко П. М., Кашпарова О. В., Левчук С. Є., Гречанюк М. О., Гудков І. М., Кашпаров В. О. Вплив додаткового "чистого" годування на вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs в карасях сріблястих (*Carassius gibelio*) у Чорнобильській зоні відчуження. Ядерна фізика та енергетика. 2021. 22(3), 272-283 (Ukr).

<https://doi.org/10.15407/jnpae2021.03.272>

16. O. Kashparova et al. Clean feed as countermeasure to reduce the ^{137}Cs and ^{90}Sr levels in fish from contaminated lakes. J. Environ. Radioact. (2022). (Submitted).

17. Yankovich, T.L., Beresford, N.A., Wood, M.D. et al., 2010. Whole-body to tissue concentration ratios for use in biota dose assessments for animals. Radiation and Environmental Biophysics. 49, 549–565 <https://doi.org/10.1007/s00411-010-0323-z>

18. Smith, J.T., 2006. Modelling the dispersion of radionuclides following short duration releases to rivers Part 2. Uptake by fish. Science of the Total Environment. 368(2-3), 502–518. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.03.011>

19. Хомутинин Ю. В., Кашпаров В. А., Кузьменко А. В. 2011. Зависимость коэффициентов накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr рыбой от содержания калия и кальция в воде пресноводного водоема. Радиационная биология. Радиоэкология. 51(3), 374–384

20. Хомутинин Ю.В., Кашпаров В. А., Кузьменко А.В., Павлюченко В.В. 2013. Прогноз динамики и риска превышения допустимого содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в рыбе Киевского водохранилища на поздней фазе Чернобыльской аварии. Радиационная биология. Радиоэкология. 53(4), 411–427.

21. Smith J.T. et al. Radiocaesium concentration factors of chernobyl-contaminated fish: a study of the influence of potassium, and "blind" testing of a previously developed model. Journal of Environmental Radioactivity. 2000. Vol. 48. P. 359–369.

22. Кашпарова Е. В., Теиен Г.-Х., Левчук С. Е., Процак В. П., Корепанова К. Д., Салбу Б., Ибатуллин И. И., Кашпаров В. А. 2020. Динамика поступления ^{137}Cs из воды в организм серебряного карася (*Carassius gibelio*). Ядерна фізика та

енергетика. 21(1), 64-74 <https://doi.org/10.15407/jnpae2020.01.064>

23. Кашпарова Е. В., Теиен Г.-Х., Левчук С. Е., Павленко В. С., Салбу Б., Кашпаров В. А. 2019. Динамика выведения ^{137}Cs из организма серебряного карася (*Carassius gibelio*) при разной температуре воды. Ядерна фізика та енергетика. 20(4), 411-419 <https://doi.org/10.15407/jnpae2019.04.411>

24. Гречанюк М.О., Кашпарова О. В., Павленко П. М., Левчук С. Є., Максін В. І., Кашпаров В. О. 2022. Радиоактивне забруднення і дози внутрішнього опромінення риби в озері Глибоке Чорнобильської зони відчуження. Наукові доповіді НУБіП України, №3 (97).

25. Kashparova O. V., Levchuk S. E., Khomutinin Yu. V., Pavlenko P. M., Hrechaniuk, M. O., Kashparov V. O. 2022. The uptake and excretion rate of ^{137}Cs from the silver prussian carp (*Carassius gibelio*) at different feeding routine. Ядерна фізика та енергетика. 23(1), 57-63 <https://doi.org/10.15407/jnpae2022.01.057>

26. Хомутинин Ю.В., Кашпаров В.А. Оптимизация отбора проб для оценки удельной активности и коэффициентов накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr рыбой. Ядерна фізика та енергетика. 2016. Vol. 17(2). С. 189–198 <https://doi.org/10.15407/jnpae2016.02.189>

27. Набиванець Б. Й., Осадчий В. І., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б. Аналітична хімія поверхневих вод. Київ 2007. С. 119-128.

References

1. IAEA, (2006). Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience. Report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment', Ed. Anspaugh, L. and Balonov, M., Radiological assessment reports series, IAEA, STI/PUB/1239. http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1239_web.pdf

2. IAEA, (2015). The Fukushima Daiichi accident. Radiological Consequences. 4/5. Vienna. IAEA STI/PUB/1710. <http://www->

Гречанюк М. О., Кашпарова О. В., Павленко П. М., Левчук С. Є., Максін В. І., Кашпаров В. О.

pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1710-ReportByTheDG-Web.pdf

3. Wada, T., Fujita, T., Nemoto, Y., Shimamura, S., Mizuno, T., Sohtome, T., Kamiyama, K., Narita, K., Watanabe, M., Hatta, N., Ogata, Y., Morita, T., Igarashi, S., (2016). Effects of the nuclear disaster on marine products in Fukushima: An update after five years. *Journal of Environmental Radioactivity*. 164, 312-324
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.06.028>

4. Wada, T., Konoplev, A., Wakiyama, Y., Watanabe, K., Furuta, Y., Morishita, D., Kawata, G., Nanba, K., (2019). Strong contrast of cesium radioactivity between marine and freshwater fish in Fukushima. *Journal of Environmental Radioactivity*. 204, 132-142.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.04.006>

5. Balonov M., Kashparov V., Nikolaenko E., Berkovsky V., Fesenko S. (2018). Harmonization of standards for permissible radionuclide activity concentrations in foodstuffs in the long term after the Chernobyl accident. *Journal of Radiological Protection*. Vol. 38. P. 854-867.
<https://doi.org/10.1088/1361-6498/aabe34>

6. UNSCEAR 2020/2021 Report. Sources, effects and risks of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2020/2021. Report to the General Assembly with Scientific Annexes VOLUME II. Scientific Annex B. UNITED NATIONS. New York, 2022.
https://www.unscear.org/docs/publications/2020/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol.II.pdf

7. Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv 137Cs ta 90Sr u produktakh kharchuvannya ta pytniy vodi (DR-2006). Hihiyenichnyy normatyv HN 6.6.1.1-130-2006.

http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE12719.html

8. NORMY RADIATSIYNOYI BEZPEKY UKRAYINY (NRBU-97). Kyiv. 1998
<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0062282-97#Text>

9. IAEA, (2010). Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and fresh-

water environments. Vienna. IAEA-TRS-472.
http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/trs472_web.pdf

10. Gudkov D. I., Kaglyan A. Ye., Nazarov A. B., Klenus V. G. (2008). Dynamics of the Content and Distribution of the Main Dose Forming Radionuclides in Fishes of the Exclusion Zone of the Chernobyl NPS. *Begell House, Inc. Hydrobiological Journal*. 44(5), 87-104.

11. Kaglyan A.E., Gudkov D.Y., Klenus V.H., Shyrokaia Z.O., Pomortseva N.A., Yurchuk L.P., Nazarov A.B. (2012). Radyonuklydy v aboryhennykh vydakh ryb chernobyl'skoy zony otchuzhdenyya. *Yaderna fizyka ta enerhetyka*. 13(3), 306-315.

12. Kaglyan O. YE., Gudkov D. I., Kiryeyev S. I., Klenus V. H., Byelyayev V. V., Yurchuk L. P., Drozdov V. V., Gupalo O. O. (2021). Dynamika pytomoyi aktyvnosti 90Sr i 137Cs u predstavnykh ikhtiofauny vodyom Chernobyl's'koyi zony vidchuzhennya. *Yaderna fizyka ta enerhetyka*. 22(1), 62-73.
<https://doi.org/10.15407/jnpae2021.01.062>

13. Kaglyan A.Ye., Gudkov D.I., Kireyev S.I., Yurchuk L.P., Gupalo Ye.A. (2019). Fish of the Chernobyl exclusion zone: modern levels of radionuclide contamination and radiation doses. *Hydrobiological Journal*. 55(5), 81-99.
<https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v55.i5.80>

14. Teien H.-C., Kashparova O., Salbu B., Levchuk S., Protsak V., Eide D. M., Jensen K. A., Kashparov V. (2021). Seasonal changes in uptake and depuration of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in silver Prussian carp (*Carassius gibelio*) and common rudd (*Scardinius erythrophthalmus*). *Science of the Total Environment*. 786, 147280,
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147280>

15. Pavlenko P. M., Kashparova O. V., Levchuk S. YE., Hrechaniuk M. O., Gudkov I. M., Kashparov V. O. (2021). Vplyv dodatkovoho "chystoho" hoduvannya na vmist 90Sr i 137Cs v karasyakh sriblyastykh (*Carassius gibelio*) u Chornobyl's'kiy zoni vidchuzhennya. *Yaderna fizyka ta enerhetyka*. 22(3), 272-283 (Ukr).
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147280>

Гречаниук М. О., Кашпарова О. В., Павленко П. М., Левчук С. Є., Максін В. І., Кашпаров В. О.

16. Kashparova O. et al. (2022). Clean feed as countermeasure to reduce the ^{137}Cs and ^{90}Sr levels in fish from contaminated lakes. J. Environ. Radioact. (Submitted).

17. Yankovich, T.L., Beresford, N.A., Wood, M.D. et al., (2010). Whole-body to tissue concentration ratios for use in biota dose assessments for animals. Radiation and Environmental Biophysics. 49, 549–565 <https://doi.org/10.1007/s00411-010-0323-z>

18. Smith J.T. (2006). Modelling the dispersion of radionuclides following short duration releases to rivers Part 2. Uptake by fish. Science of the Total Environment. 368(2-3), 502–518. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.03.011>

19. Khomutinin YU. V., Kashparov V. A., Kuz'menko A. V. (2011). Zavisimost' koeffitsiyentov nakopleniya ^{137}Cs i ^{90}Sr ryboy ot sodержaniya kaliya i kal'tsiya v vode presnovodnogo vodoyema. Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya. 51(3), 374–384

20. Khomutinin YU.V., Kashparov V. A., Kuz'menko A.V., Pavlyuchenko V.V. (2013). Prognoz dinamiki i riska prevysheniya dopustimogo sodержaniya ^{137}Cs i ^{90}Sr v rybe Kiyevskogo vodokhranilishcha na pozdney faze Chernobyl'skoy avarii. Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya. 53(4), 411–427.

21. Smith J.T. et al. (2000). Radiocaesium concentration factors of chernobyl-contaminated fish: a study of the influence of potassium, and “blind” testing of a previously developed model. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 48. P. 359–369.

22. Kashparova Ye. V., Teiyen G.-KH., Levchuk S. Ye., Protsak V. P., Korepanova K. D., Salbu B., Ibatullin I. I., Kashparov V. A.

(2020). Dinamika postupleniya ^{137}Cs iz vody v organizm serebryanogo karasya (*Carassius gibelio*). Yaderna fizika ta yenergetika. 21(1), 64-74

<https://doi.org/10.15407/jnpae2020.01.064>

23. Kashparova Ye. V., Teiyen G.-KH., Levchuk S. Ye., Pavlenko V. S., Salbu B., Kashparov V. A. (2019). Dinamika vyvedeniya ^{137}Cs iz organizma serebryanogo karasya (*Carassius gibelio*) pri raznoy temperature vody. Yaderna fizika ta yenergetika. 20(4), 411-419

<https://doi.org/10.15407/jnpae2019.04.411>

24. Hrechaniuk M.O., Kashparova O. V., Pavlenko P. M., Levchuk S. YE., Maksin V. I., Kashparov V. O. (2022). Radioaktyvne zabrudnennya i dozy vnutrishn'oho oprominennya ryby v ozeri Hlyboke Chernobyl's'koyi zony vidchuzhennya. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrayiny, №3 (97).

25. Kashparova O. V., Levchuk S. E., Khomutinin Yu. V., Pavlenko P. M., Hrechaniuk, M. O., Kashparov V. O. 2022. The uptake and excretion rate of ^{137}Cs from the silver prussian carp (*Carassius gibelio*) at different feeding routine. Nucl. Phys. At. Energy. 23(1), 57-63

<https://doi.org/10.15407/jnpae2022.01.057>

26. Khomutinin YU.V., Kashparov V.A. (2016). Optimizatsiya otbora prob dlya otsenki udel'noy aktivnosti i koeffitsiyentov nakopleniya ^{137}Cs i ^{90}Sr ryboy. Nucl. Phys. At. Energy. Vol. 17(2). C. 189–198 <https://doi.org/10.15407/jnpae2016.02.189>

27. Nabyvanets' B. Y., Osadchyy V. I., Osadcha N. M., Nabyvanets' YU. B. (2007). Analitychna khimiya poverkhnevykh vod. Kyiv S. 119-128.

THRESHOLD LIMIT VALUES OF RADIONUCLIDES IN THE WATERBODIES

M. Hrechaniuk, O. Kashparova, P. Pavlenko, S. Levchuk,
V. Maksin, V. Kashparov

Abstract. When the content of ^{90}Sr and ^{137}Cs in reservoir water is below the permissible level, even for drinking water, the specific activity of radionuclides in fish can be hundreds and thousands of times higher than the established hygienic standards of DR-2006.

Гречанюк М. О., Кашпарова О. В., Павленко П. М., Левчук С. Є., Максін В. І., Кашпаров В. О.

The purpose of this work was to determine the maximum permissible concentrations of ^{90}Sr and ^{137}Cs in the water of reservoirs depending on the content of calcium and potassium in the water based on the parameters of the metabolism of cesium and strontium in fish, which guarantee that the established hygienic standards of radionuclides in fish (DR-2006) are not exceeded with a probability of 95%.

It is shown that in reservoirs with low water mineralization, the maximum allowable concentrations of ^{90}Sr and ^{137}Cs will be too low at the level of Bq units per cubic meter and difficult to measure, unlike radioactive contamination of fish, which makes them, even with minor radioactive contamination of reservoirs, a unique bioindicator for the purposes radiation protection of people and the environment.

Keywords: ^{90}Sr , ^{137}Cs , radioecology, biotesting of fish, Chernobyl accident, radioactive contamination, threshold limit value

**ПРОДУКТИВНІСТЬ 20 РІЧНИХ РОСЛИН ЯБЛУНІ
КОЛОНОПОДІБНОГО ТИПУ ЗА УМОВ КИЇВЩИНИ****О. С. ГАВРИЛЮК**, доктор філософії (PhD),<https://orcid.org/0000-0002-4551-6727>,

E-mail: o.havryliuk@nubip.edu.ua

*Національний університет біоресурсів і природокористування України***Т. Є. КОНДРАТЕНКО**, доктор сільськогосподарських наук, професор,

головний науковий співробітник, член кореспондент НААН України

<https://orcid.org/0000-0003-0519-568X>,

E-mail: kondratenko.pv@gmail.com

Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.003>

***Анотація.** Диференціація генеративних бруньок – це один з важливіших біологічних процесів переходу рослин із вегетативного стану в генеративний. Вивчення продуктивності колоноподібної яблуні в процесі її формування, шляхом аналізу утворення зачаткових органів і послідовного їх розвитку у вегетативні та генеративні органи, що являють собою елементи продуктивності, дає можливість встановити особливості цього процесу в різновікових складних плодових утвореннях, та рівні їхньої продуктивності та довговічності. Знаючи рівень впливу метеорологічних факторів на проходження II–XII етапів органогенезу ми зможемо рекомендувати більш конкретні ґрунтово-кліматичні умови для вирощування колоноподібних сортів. Рослини колоноподібних сортів яблуні відрізняються від традиційних майже повною відсутністю бічного гілкування, формуванням урожаю на простих і складних кільцївках (плодових утвореннях), які розташовуються на стовбурі дерева, а також карликовим типом росту, скороплідністю і високою врожайністю. У дослідженнях, дерева колоноподібних сортів, на середньорослій підщепі 54-118 значно різнились за висотою, діаметром штамба, шириною крони та густотою розміщення плодових утворень на стовбурі. Зі збільшенням висоти дерев збільшується кількість плодових утворень на рослині, у результаті чого підвищується потенційна можливість одержання вищого врожаю. Розглядаючи реалізацію репродуктивного потенціалу поетапно, відмітили зміни участі різновікових ділянок стовбура (складних кільцївок) у формуванні реального врожаю. В умовах Київщини колоноподібні сорти яблуні по-різному реагують на умови зовнішнього середовища в певні етапи органогенезу. На ефективність диференціації генеративних бруньок колоноподібних сортів, так чи інакше впливають метеорологічні чинники. Для інтродукованих сортів негативний вплив під час формування генеративного потенціалу на III–IV етапах органогенезу має підвищення рівня $\Sigma_{act}t \geq 10$, кількості опадів та середньодобової температури повітря, про що свідчить високий негативний коефіцієнт кореляції між відношенням генеративних бруньок до загальної їх кількості й даними чинниками*

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

($r > -0,80-0,96$). Вплив цих метеорологічних чинників на сорти української селекції слабкий та помірний, що свідчить про кращі адаптивні властивості даних сортів. Вплив віку ділянки стовбура (складних кільцівок) на формування продуктивності рослин мінімальний або взагалі відсутній (від 0 до 3%).

Ключові слова: *колоноподібна яблуня, сорт, продуктивність, плодове утворення, органогенез, морфологія, клімат*

Аналіз останніх досліджень та актуальність. За інформацією І. Ісаєвої [3] продуктивність яблуні – це сукупність всієї органічної речовини, що утворюється під час процесу фотосинтезу, а в господарському розумінні – це складова частина біологічної продуктивності, що реалізується у вигляді урожаю плодів [22, 23, 33]. Ісаєва рекомендує вивчати продуктивність яблуні в процесі її формування шляхом аналізу утворення зачаткових органів і послідовного їх розвитку у вегетативні та генеративні органи, що являють собою елементи продуктивності [25, 31]. З цього випливає, що під продуктивністю слід розуміти загальну кількість елементів, що формуються на плодovому дереві, а не тільки врожай плодів [13, 15].

Для періодизації процесу формування пагона І. Ісаєва [3] запропонувала модифікувати схему Купермана [6]. Модифікована схема розкриває послідовність формування вегетативних і генеративних органів, тобто процес становлення продуктивності. Авторка розглядає останній як ефективність реалізації потенціалу продуктивності на кожному етапі органогенезу.

Ефективність реалізації визначається генотипом сорту та умовами його вирощування в конкретний рік [3, 16, 24].

Диференціація генеративних бруньок – це один з важливіших біологічних процесів переходу рослин із вегетативного стану в генеративний [12, 15, 18]. Він є ключовим у проблемі створення регулярно плодоносних і скороплідних насаджень [1, 10]. Відомо, що закладання і початок формування суцвіття і квіток в яблуні проходить в попередній рік вегетації [26]. У формуванні врожаю III–V етапи органогенезу І. Ісаєва [3] розглядає як критичні, оскільки доля врожаю залежить від наявності умов для переходу потенційних пунктів плодоношення до закладання квіткових зачатків. На IV–V етапах за рахунок формування зародкових квіток йде закладання елементів урожаю, таким чином визначається сумарний потенціал урожаю дерева у вигляді зачаткових квіток.

Доля потенційної продуктивності, що сформувалася у вигляді зародкових квіток (які успішно перезимували), багато в чому вирішується під час запилення і запліднення (IX етап); саме на цих

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

етапах значною мірою визначається можливість реалізації потенціалу в урожай плодів. На X–XII етапах органогенезу визначається ефективність реалізації квіток у плоди, останні набувають певну масу, що в сукупності й зумовлює урожай [9]. Але в ці періоди водночас йдуть і втрати потенціалу продуктивності внаслідок редукції квіток, зав'язей і плодів. Основною причиною редукції продуктивності на IX–XI етапах органогенезу в яблуні є завелике число зачаткових квіток. Дерево не в змозі утворювати плоди з усієї їх кількості. У цей час втрачається потенційна продуктивність, яка не забезпечена асимілятами й тому не може бути реалізована. За характером редукції елементів продуктивності на X–XII етапах органогенезу сорти яблуні І. Ісаєва [3] поділила на декілька груп.

У дослідженнях, проведених Т. Кондратенко [19] в умовах Полісся та Лісостепу України, визначено потенціал продуктивності та ефективність її реалізації у поширених сортів яблуні. Науковцем зроблено висновок про те, що сучасні сорти яблуні вітчизняної та закордонної селекції формують високий потенціал продуктивності; найбільш істотні розходження між сортами виявляються на III–IV і X–XII етапах органогенезу; ступінь редукції елементів репродукції на X етапі органогенезу залежить від сорту і не залежить від зони

вирощування; ефективніше потенціал продуктивності реалізують найновіші сорти при вирощуванні за інтенсивними технологіями.

Вивчення продуктивності колоноподібної яблуні в процесі її формування, шляхом аналізу утворення зачаткових органів і послідовного їх розвитку у вегетативні та генеративні органи, що являють собою елементи продуктивності, дає можливість встановити особливості цього процесу в різновікових складних плодових утвореннях, та рівні їхньої продуктивності та довговічності [14, 15, 17]. Знаючи рівень впливу метеорологічних факторів на проходження II–XII етапів органогенезу ми зможемо рекомендувати більш конкретні ґрунтово-кліматичні умови для вирощування колоноподібних сортів.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження виконували протягом 2016–2020 років на кафедрі садівництва імені професора Володимира Левковича Симиренка Національного університету біоресурсів і природокористування України. Експериментальною базою виконання досліджень були насадження яблуні первинного сортовипробування в Інституті Садівництва Національної академії аграрних наук України.

Предмет досліджень – 3 сорти яблуні колоноподібного типу трьох

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

еколого-географічних груп Української та закордонної селекції.

Об'єкт дослідження – процеси формування потенційної та реальної (господарської) продуктивності сортів колоноподібної яблуні у плодоносному саду.

Насадження закладено у 2002 році згідно методики первинного сортовипробування. Сад незрошуваний. Деревя на підщепі 54-118 висаджено за схемою 4×1 м.

Бруньки у п'ятикратній повторності відбирали зі складних кільцівок, розташованих у середній частині ділянки стовбура певного віку. Анатомічні зрізи бруньок 30–60 мкм завтовшки робили за допомогою заморожувального мікротома OmE. Одержаний матеріал проглядали за допомогою мікроскопу МБІ-6 за збільшення в 90–180 разів.

Кількісне оцінювання формування продуктивності сортів яблуні на III–IV етапах органогенезу та ефективності реалізації їх елементів у реальний урожай (V–XI етапи органогенезу) виконували за методикою І. Ісаєвої [3]. КСО (коефіцієнт статистичної оцінки) розраховували як відношення кількості елементів репродукції на певному етапі органогенезу до кількості бруньок, які досягали II етапу органогенезу.

Упродовж досліджень аналізували кількість елементів репродукції на певних етапах органогенезу. Також провели

кореляційний аналіз впливу погодних чинників за 5 років на фактичну кількість потенційних пунктів плодоношення залежно від етапу органогенезу.

На початку серпня підраховували кількість бруньок на рослині. При настанні температури повітря менше 5 °С підраховували кількість бруньок котрі диференціювали в генеративні. Із настання мінусової температури проводили анатомо-морфологічний аналіз бруньок під мікроскопом для визначення стану їх у передзимовий період. Під час IX етапу органогенезу (квітування) підраховували загальну кількість квіток на рослинах. Після червневого опадання зав'язі (X етап органогенезу) обліковували кількість зав'язі що не опала. На XI етапі органогенезу підраховували кількість плодів. На кожному із дерев підраховували кількість елементів репродукції на певних етапах органогенезу.

З допомогою кореляційного аналізу визначали силу зв'язку між метеорологічними елементами за роки польового дослідження та кількістю елементів репродукції на певному етапі органогенезу. Вплив фактора за коефіцієнтом кореляції слабкий $\leq 0,29$, помірний: 0,30 – 0,49, помітний: 0,50 – 0,69, високий: 0,70 – 0,89, дуже високий: 0,90 – 0,99. Статистична обробка виконана в Microsoft Excel 2016 у поєднанні з XLSTAT за Меженським [8].

Результати та обговорення.

Дослідна ділянка знаходиться в зоні Західного Лісостепу України. Клімат району помірно-континентальний і характеризується м'якою зимою і теплим літом [21]. Середньорічна температура повітря за роки досліджень становила 10,1 °С. Найхолоднішим місяцем був січень, із середньомісячною температурою мінус 3,2 °С, а найтеплішим — серпень (21,8 °С). Перші осінні заморозки відмічали із другої декади жовтня. Зимовий період починається в другій декаді листопада. Постійний сніговий покрив встановлюється в грудні і сходить у другій декаді березня. Відлига протягом зимового періоду (грудень—лютий) триває в середньому 40 днів (повторюється від 6 до 10 разів з тривалістю декілька днів). Весняні заморозки імовірні до середини травня.

Період вегетації у плодкових культур, за п'ятирічними даними, починається із першої декади квітня. Активний ріст і розвиток плодкових рослин спостерігається в третій декаді квітня. Сума активних температур 10 °С і вище ($\Sigma_{act} \geq 10 \text{ }^\circ\text{C}$) складає 3450 °С, кількість днів з температурою 10 °С і вище - близько 180. Середньорічна кількість опадів сягала 380 мм. Найбільш вологим був липень (68 мм). Середня кількість днів з опадами становить 150.

Ґрунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений середньосуглинковий на

карбонатному лесі, типовий для правобережної частини Західного Лісостепу (30). Вміст гумусу в орному шарі ґрунту (0–40 см) становить 1,00–1,90%, рН водної витяжки дорівнює 6,22–8,33.

У період III–IV етапів органогенезу внаслідок формування квіток у генеративних бруньках відбувається закладення елементів продуктивності дерева [15, 27, 28]; у цей час уже відбувається втрата потенціалу продуктивності за рахунок вегетативних бруньок на простих і складних кільцївках, на яких не проходить диференціація генеративних бруньок (бруньки із незавершеним циклом органогенезу) [11, 31]. Коломієць І. [4] досліджував залежність диференціації генеративних бруньок від метеорологічних умов. Ісаєва І. [3] експериментально встановила, що даний процес починається раніше в умовах теплого і достатньо сухого літа, ніж холодного і дощового. Кондратенко Т. [5] виявила сортову різницю в строках початку диференціації генеративних бруньок, у ступені розвитку останніх у передзимовий період, а також у строках настання і тривалості IX–X етапів органогенезу для традиційних генотипів яблуні. Відомості щодо органогенезу бруньок у рослин колоноподібних сортів яблуні, які б дали можливість встановити особливості цього процесу в різновікових складних кільцївках

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

наразі відсутні, як і рівні їхньої продуктивності та довговічності.

Рослини колоноподібних сортів яблуні відрізняються від традиційних майже повною відсутністю бічного гілкування, формуванням урожаю на простих і складних кільцївках (плодових утвореннях), які розташовуються на стовбурі дерева, а також карликовим типом росту, скороплідністю і високою

врожайністю [2, 20, 29]. За нашими дослідженнями, стовбур колоноподібних сортів густо вкритий плодовими утвореннями, їх розташування на основному і єдиному стовбурі дерева у перші 5–7 років відбувається рівномірно (Рисунок 1), пізніше багаторічні плодови утворення формуються скупчено, часто нерівномірно.



Рис. 1. Розміщення плодових утворень на стовбурі колоноподібних яблунь.

Висота штамба в рослин усіх сортів незначна (близько 45 см), висота крони перевищує його розміри 4–6 разів.

У дослідженнях, дерева колоноподібних сортів, на середньорослій підщепі 54–118

значно різнилися за висотою, діаметром штамба, шириною крони та густотою розміщення плодових утворень на стовбурі (Таблиця 1). Рослини сортів ‘Танцівниця’, ‘Спарта’ та ‘Болеро’ за висотою у 16–річному віці були на рівні 2,28–3,80 м.

1. Параметри дерев колоноподібних сортів яблуні

Назва сорту	Висота дерева, см	Діаметр штамба, см	Ширина крони, см	Кількість бруньок, шт./ пог. м стовбура
Спарта	2,93 б	6,90 б	47,67 б	110,45 а
Танцівниця	2,28 с	5,70 б	31,33 с	62,14 б
Болеро	3,80 а	15,7 а	82,00 а	229,32 а

Примітка: Середні значення в стовпцях з різною літерою сильно відрізняються відповідно до критерію Фішера ($P \leq 0,05$)

Показники діаметра штамба коливаються в межах 5,70–15,07 см. Ширина крони колоноподібних сортів зумовлена довжиною плодових утворень (кільцівок, плодох, плодових прутиків), що розташовуються на стовбурі. Даний параметр у ‘Танцівниці’ на 61,79% менше ніж у ‘Болеро’, зумовлено це підвищеною пагоноутворювальною здатністю останнього. Найбільша кількість бруньок на одному погонному метрі стовбура розміщувалась на рослинах сорту ‘Болеро’, у ‘Танцівниці’ в 3,59 рази менше.

Отже, в залежності від сорту варіюють такі параметри дерев як висота, діаметр штамба та ширина крони. Зі збільшенням висоти дерев збільшується кількість плодових утворень на рослині, у результаті чого підвищується потенційна можливість одержання вищого врожаю.

Анатомо-морфологічний аналіз бруньок досліджуваних колоноподібних сортів показав, що в умовах Лісостепу України (Київ) наприкінці липня вони у своєму розвитку перебувають на II етапі органогенезу. Цей період відповідає формуванню потенціалу продуктивності, який кількісно визначається загальним числом бруньок, що досягли даного етапу [14]. Окремо взяті вікові ділянки стовбура дерев колоноподібних сортів яблуні формують різний початковий потенціал продуктивності.

Загальна кількість бруньок на дереві, які перебувають на II етапі органогенезу, свідчить тільки про кількість потенційно можливих «пунктів плодоношення»; в ідеалі кожна з бруньок може досягти III етапу органогенезу. У 15-річних рослин сорту ‘Танцівниця’ найбільша кількість вегетативних бруньок розміщувалась на 12-річній віковій ділянці стовбура, наступного року – на 13-річній, а у 2018 р. — на 14-річній. Загалом старші ділянки дерева містили більшість вегетативних бруньок.

Рослинами сорту ‘Танцівниця’ у перший рік дослідження було сформовано 40 шт./дер. генеративних бруньок, 23% яких знаходились на 10-річній ділянці стовбура. Наступного року 11,5% генеративних бруньок розміщувались на 13-річній ділянці стовбура дерева, а загальна кількість бруньок, що диференціювали у генеративні, сягала 144 шт./дер. У зв’язку із сильним переобтяженням дерев ‘Танцівниці’ генеративними органами у рік високого врожаю (2018 р.) диференціацію в генеративні пройшли поодинокі бруньки–5 шт./дер.

Реалізація потенціалу продуктивності на III–IV етапах органогенезу у 2016 р. була найвищою на п’ятирічній ділянці стовбура (Таблиця 2).

2. Участь різновікових ділянок стовбура у формуванні продуктивності дерев сорту 'Танцівниця' на різних етапах органогенезу.

Вік ділянки стовбура	Етап органогенезу																
	2017 рік					2018 рік				2019 рік				2020 рік			
	II	III-IV	V-IX	X	XI	III-IV	V-IX	X	XI	III-IV	V-IX	X	XI	III-IV	V-IX	X	XI
1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	7,00	0,36	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	7,00	0,36	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	6,32	0,13	0,04
3	1,00	0,17	1,17	0,42	0,17	1,00	7,00	0,42	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	5,73	0,47	0,23
4	1,00	0,42	2,92	0,43	0,42	1,00	7,00	0,58	0,54	0,03	0,19	0,03	0,03	0,96	6,68	0,45	0,28
5	1,00	0,51	3,56	0,69	0,52	1,00	7,00	0,83	0,74	0,04	0,29	0,08	0,04	0,81	5,91	0,64	0,34
6	1,00	0,31	2,13	0,27	0,37	1,00	7,00	1,56	1,44	0,08	0,59	0,13	0,04	0,96	6,43	0,51	0,20
7	1,00	0,58	4,08	0,81	0,38	1,00	7,00	0,59	0,57	0,03	0,19	0,06	0,03	0,91	6,38	0,58	0,29
8	1,00	0,16	1,14	0,38	0,15	1,00	7,00	0,53	0,53	0,02	0,15	0,04	0,02	0,88	6,04	0,58	0,25
9	1,00	0,28	1,98	0,22	0,18	1,00	7,00	1,01	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	5,35	0,76	0,47
10	1,00	0,32	2,23	0,34	0,12	0,98	6,83	1,08	1,00	0,05	0,33	0,05	0,02	0,81	5,33	0,86	0,41
11	1,00	0,45	3,15	0,91	0,10	0,94	6,61	0,80	0,76	0,03	0,22	0,03	0,02	0,80	5,93	0,58	0,35
12	1,00	0,28	1,94	0,10	0,04	0,67	4,67	0,51	0,47	0,03	0,18	0,09	0,09	0,84	5,72	0,44	0,26
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	4,67	0,64	0,57	0,02	0,17	0,05	0,02	0,89	6,04	0,70	0,31
14-16	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	4,28	0,50	0,40	0,03	0,19	0,00	0,00	0,64	5,96	0,60	0,22
15-17	1,00					0,97	4,83	0,65	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	6,34	0,62	0,30
16-18	1,00									0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	4,46	0,79	0,40
17-19														0,85	5,23	0,46	0,28
HIP _{0,05}		0,222	1,555	0,382	0,179	0,178	1,28	0,415	0,388	0,031	0,219	0,049	0,029	0,235	1,194	0,339	0,209

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

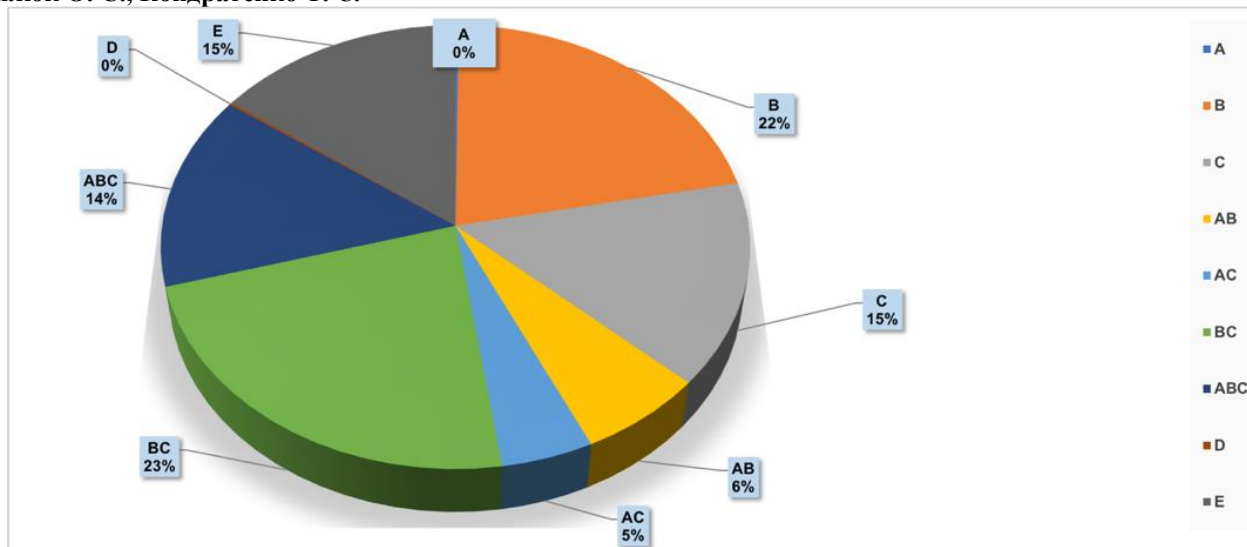
На одно-дворічних та 13–16-річних ділянках стовбура 16-річних рослин не сформувалося жодної генеративної бруньки. На одно-дев'ятирічних вікових ділянках у 2017 р. абсолютно всі (100 %) вегетативні бруньки диференціювали в генеративні, дещо нижчий показник — на 10–11- та 15–18-річних ділянках стовбура. Сильне переобтяження дерев плодами у 2018 р. згубно вплинуло на закладку генеративних бруньок під урожай 2019 р., на деяких ділянках не сформувалося жодної генеративної бруньки, у результаті чого, у даний рік (2019) проходила інтенсивна диференціація бруньок в генеративні.

У 16-річних рослин у розрахунку на одну потенційно генеративну бруньку на семирічній ділянці стовбура було сформовано чотири квітки. У наступному році не виявлено істотної різниці між одно-одинадцятирічними віковими ділянками за кількістю квіток у розрахунку на одну потенційно генеративну бруньку, дещо слабше реалізовували свій потенціал 12–16-річні ділянки стовбура. На шестирічних вікових ділянках 18-річних дерев формувалась істотно більша кількість квіток і зав'язі у порівнянні з іншими ділянками.

У 2017 р. найменшою редукцією елементів репродукції протягом трьох тижнів після закінчення квітування (X етап) відзначились п'яти-, семи- та одинадцятирічна вікові ділянки стовбура. У наступних роках найменша редукція облікована на складних кільцївках, розташованих на шестирічних ділянках стовбура.

Реалізація елементів репродукції 16-річними рослинами на XI етапі органогенезу була найвищою на чотири-семирічних плодухах, між цими ділянками істотної різниці не виявлено. Значно краще реалізовували свій потенціал у 2018 р. шестирічна ділянка стовбура, а у 2019 р. — 12-річна.

Розрахунок частки впливу року дослідження, а також етапів органогенезу та віку ділянки стовбура на реальний урожай для сорту 'Танцівниця' показав, що серед досліджуваних факторів найбільший вплив на формування господарської продуктивності мають етапи органогенезу (60,3 % бруньок залишилися на II етапі органогенезу), метеорологічні умови під час проходження того чи іншого етапу та взаємодія цих факторів (Рис. 2). Аналіз діаграми свідчить про те, що мінімальний вплив на реальний урожай мав вік ділянки стовбура.



Примітка: А - Вікова ділянка дерева, В - Етап органогенезу, С - рік досліджень, D - Невраховувані фактори, Е - Інші фактори.

Рис. 2. Структура впливу різних факторів дослідження на формування реального врожаю сорту 'Танцівниця', 2016–2019 рр.

Розглядаючи реалізацію репродуктивного потенціалу поетапно, відмітили зміни участі різновікових ділянок стовбура (складних кільців) у формуванні реального врожаю. Так, протягом III–IX етапів на другому році дослідження найефективніше реалізовували свій потенціал кільцівки, розміщені на одно-одинадцятирічних та найстарішій ділянках стовбура. Протягом X–XI етапів органогенезу найвищий рівень збереження елементів репродукції спостерігався у п'яти-шестирічних та дев'яти-одинадцятирічних складних кільцівок, інші ділянки стовбура інтенсивніше втрачали свій потенціал продуктивності (Таблиця 3).

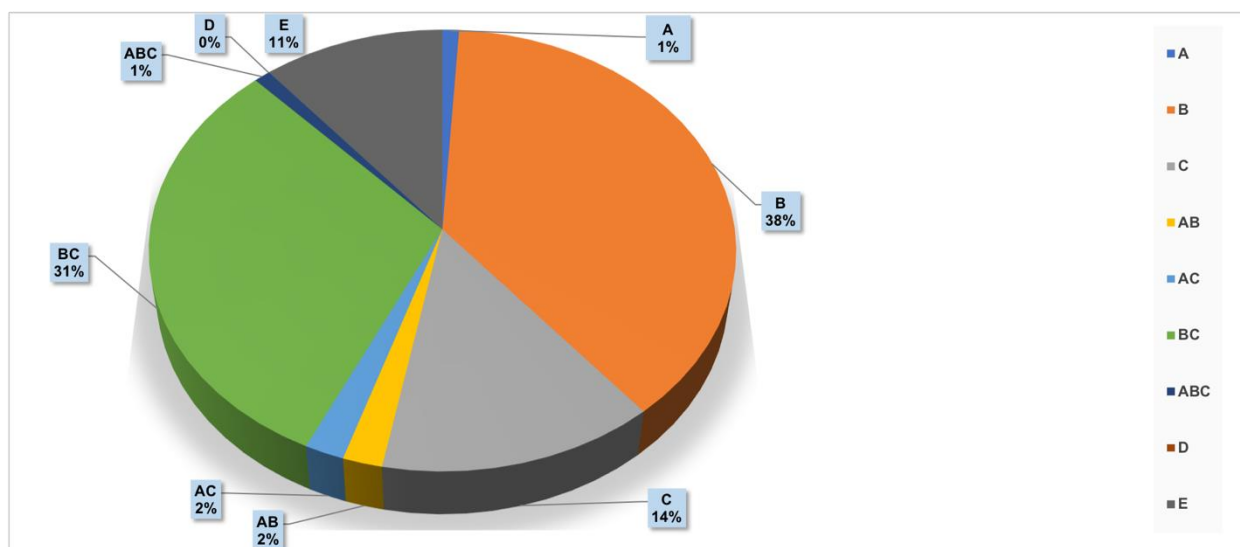
У зв'язку із сильнорослістю дерев сорту 'Спарта' у 2013 році було проведено обрізку їхніх верхівок (1–3 річні ділянки). У 2016

р. основна кількість вегетативних бруньок розміщувались на молодших вікових ділянках стовбура. У наступні роки дослідження більшість потенційних пунктів плодоношення (ген. бруньок) розташовувалась на старших вікових ділянках (рис.3).

3. Участь різновікових ділянок стовбура у формуванні продуктивності дерев сорту 'Спарта' на різних етапах органогенезу.

Вік ділянки стовбура	Етап органогенезу																
	2017 рік					2018 рік				2019 рік				2020 рік			
	II	III– IV	V–IX	X	XI	III– IV	V–IX	X	XI	III– IV	V–IX	X	XI	II– IV	V–IX	X	XI
1	1,00	0,10	0,31	0,18	0,05	0,43	2,17	0,03	0,03	0,13	0,65	0,30	0,10	0,26	0,88	0,13	0,10
2	1,00	0,05	0,11	0,09	0,05	0,71	3,55	0,14	0,13	0,13	0,63	0,23	0,11	0,45	1,82	0,08	0,08
3	1,00	0,10	0,15	0,13	0,04	0,48	2,40	0,19	0,16	0,19	0,97	0,34	0,18	0,43	1,98	0,06	0,06
4	1,00	-	-	-	-	0,22	1,09	0,23	0,13	0,45	2,24	0,74	0,56	0,46	2,21	0,17	0,15
5	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34	1,68	0,57	0,19	0,41	1,76	0,26	0,21
6	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,54	2,27	0,10	0,10
7	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	1,00	0,18	0,21	0,38	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	1,00	0,12	0,41	0,24	0,09	0,73	3,65	0,13	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1,00	0,20	0,66	0,32	0,12	0,68	3,38	0,13	0,16	0,23	1,14	0,52	0,29	-	-	-	-
11	1,00	0,22	0,77	0,27	0,15	0,76	3,78	0,17	0,20	0,15	0,76	0,25	0,14	0,53	2,39	0,15	0,10
12	1,00	0,20	0,73	0,13	0,06	0,77	3,87	0,18	0,20	0,16	0,77	0,22	0,10	0,59	2,65	0,21	0,16
13	1,00	0,25	1,01	0,00	0,00	0,75	3,74	0,09	0,10	0,19	0,95	0,23	0,08	0,63	2,86	0,26	0,21
14–16	1,00	0,22	0,39	0,00	0,00	0,78	3,89	0,15	0,19	0,11	0,52	0,18	0,08	0,61	2,81	0,25	0,20
15–17	1,00					0,69	3,43	0,21	0,12	0,19	0,94	0,20	0,09	0,55	2,49	0,13	0,12
16–18	1,00									0,21	1,05	0,28	0,12	0,58	2,63	0,19	0,15
17–19	1,00													0,53	2,52	0,08	0,05
HP _{0,05}		0,135	0,222	0,165	0,071	0,546	1,063	0,081	0,086	0,087	0,435	0,168	0,123	0,22	1,164	0,101	0,090

Примітка: - ризикою помічені відсутні вікові ділянки через обрізування стовбура.



Примітка: А - Вікова ділянка дерева, В - Етап органогенезу, С - рік досліджень, D - Невраховувані фактори, E - Інші фактори.

Рис. 3. Структура впливу різних факторів дослідження на формування реального врожаю сорту 'Спарта', 2016-2019 рр.

У дерев 'Болеро' протягом років дослідження більша частка потенційної продуктивності на II–IX етапах органогенезу формувалася на старших вікових ділянках стовбура. На 16-річних рослинах 'Болеро' у кінці листопада (III–IV етапи) обліковано 229 шт./дер. генеративних бруньок, 41% яких знаходились на 10–12-річній віковій ділянці. У 17-річних рослин 22% генеративних бруньок розташовувались на складних кільцївках 15-річної ділянки стовбура, а загальна кількість облікованих квіткових бруньок становила 306 шт./дер. Диференціація генеративних бруньок у 17-річних рослин (2018 р.) відбувалась менш інтенсивно, ніж у минулих роках, спричинено це сильним переобтяженням дерев плодами в даний рік та низьким рівнем опадів. Деревами закладено 57 шт./дер.

генеративних бруньок, які рівномірно розмістились вздовж усього стовбура.

Коефіцієнт реалізації потенціалу продуктивності 15-річних рослин на III–IV етапах органогенезу був нерівномірним за віковими ділянками стовбура, найменший рівень реалізації обліковано на 13–14-річних ділянках (Таблиця 4). У наступному році істотно більшу кількість генеративних бруньок, у порівнянні з іншими, обліковано на складних кільцївках, які розміщувались на 15-річній віковій ділянці.

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

4. Участь різновікових ділянок стовбура у формуванні продуктивності дерев сорту 'Болеро' на різних етапах органогенезу.

Вік ділянки стовбура	Етап органогенезу																
	2017 рік					2018 рік				2019 рік				2020 рік			
	II	III-IV	V-IX	X	XI	III-IV	V-IX	X	XI	III-IV	V-IX	X	XI	III-IV	V-IX	X	XI
1	1,00	0,27	1,57	0,23	0,12	0,30	2,09	0,35	0,08	0,13	0,91	0,13	0,03	0,20	1,39	0,17	0,04
2	1,00	0,34	1,80	0,30	0,11	0,19	1,36	0,27	0,11	0,11	0,79	0,17	0,08	0,20	1,40	0,14	0,07
3	1,00	0,28	1,55	0,30	0,09	0,20	1,38	0,37	0,22	0,09	0,62	0,09	0,05	0,26	1,82	0,10	0,04
4	1,00	0,24	1,38	0,28	0,09	0,29	2,00	0,33	0,13	0,11	0,77	0,17	0,09	0,19	1,34	0,14	0,10
5	1,00	0,29	1,52	0,34	0,09	0,30	2,09	0,57	0,34	0,12	0,85	0,16	0,08	0,23	1,58	0,19	0,11
6	1,00	0,31	1,68	0,20	0,12	0,36	2,54	0,49	0,25	0,09	0,60	0,13	0,06	0,24	1,71	0,16	0,07
7	1,00	0,50	2,97	0,38	0,09	0,35	2,43	0,52	0,25	0,15	1,05	0,18	0,06	0,23	1,59	0,32	0,13
8	1,00	0,33	1,65	0,36	0,10	0,27	1,88	0,48	0,21	0,10	0,71	0,15	0,08	0,30	2,10	0,40	0,22
9	1,00	0,32	1,75	0,22	0,07	0,30	2,08	0,43	0,17	0,13	0,91	0,15	0,04	0,32	2,21	0,40	0,17
10	1,00	0,36	2,34	0,31	0,05	0,28	1,93	0,30	0,07	0,07	0,52	0,10	0,06	0,30	2,10	0,44	0,17
11	1,00	0,52	3,25	0,45	0,06	0,28	1,94	0,32	0,10	0,04	0,30	0,05	0,02	0,27	1,87	0,45	0,17
12	1,00	0,40	2,34	0,28	0,06	0,21	1,45	0,30	0,14	0,04	0,27	0,05	0,02	0,21	1,44	0,20	0,09
13	1,00	0,06	0,06	0,06	0,04	0,32	2,21	0,34	0,09	0,05	0,33	0,06	0,04	0,22	1,52	0,19	0,08
14-16	1,00	0,10	0,10	0,13	0,02	0,25	1,76	0,30	0,10	0,04	0,27	0,06	0,02	0,23	1,61	0,26	0,09
15-17	1,00					0,44	2,39	0,28	0,07	0,04	0,25	0,04	0,02	0,28	1,98	0,29	0,10
16-18	1,00									0,02	0,14	0,03	0,01	0,20	1,41	0,20	0,07
17-19	1,00													0,27	1,89	0,13	0,03
НІР _{0,05}		0,133	0,908	0,124	0,034	0,056	0,305	0,096	0,076	0,033	0,234	0,047	0,024	0,137	0,962	0,170	0,095

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

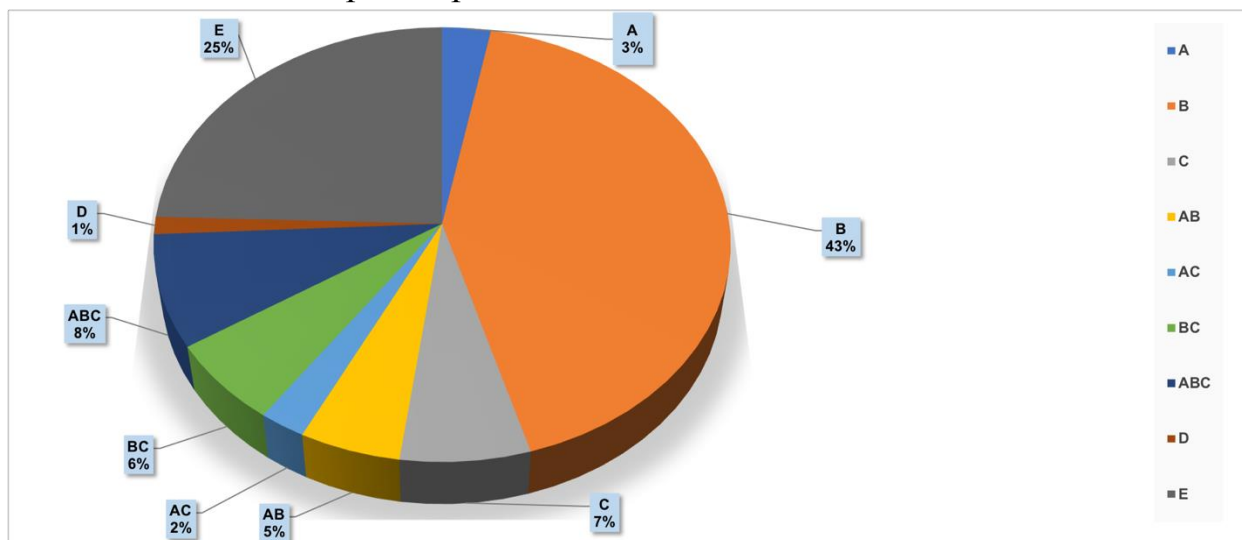
У 2018 р. обліковано критично низький рівень диференціації бруньок, дещо вищі коефіцієнти обраховано для молодших за віком ділянок стовбура.

У 2017 р. під час ІХ етапу органогенезу на складних кільцівках, які розміщувались на семи- та 10–12-річних вікових ділянках, обліковано більшу кількість квіток у розрахунку на одну потенційно генеративну бруньку; найменше їх обліковано на двох найстаріших ділянках. У наступному році кількість сформованих квіток коливалась залежно від віку ділянки стовбура, істотно вищу кількість квіток обліковано на плодових утвореннях шести-семирічних та 15–17-річних ділянок. У 2019 р. кількість квіток у цілому на плодовому дереві була значно меншою за попередні роки.

Менш інтенсивно квітували найстаріші ділянки стовбура дерева.

На Х етапі органогенезу протягом трьох років дослідження спостерігалась сильна редукція квіток і незапліднених зав'язей у нижній частині стовбура. Менш інтенсивна редукція облікована на одинадцятирічних вікових ділянках. Під час ХІ етапу органогенезу на ділянках, які знаходились у середній частині стовбура, збереглась найбільша кількість елементів репродукції.

Аналіз впливу факторів досліду свідчить про найбільшу залежність реалізації потенціалу продуктивності сорту 'Болеро' від етапів органогенезу (до ІІІ етапу переходило 22,7% бруньок) і неістотний вплив вікової ділянки (Рис. 4).



Примітка: А - Вікова ділянка дерева, В - Етап органогенезу, С - рік досліджень, D - Невраховувані фактори, Е - Інші фактори.

Рис. 4. Структура впливу різних факторів досліду на формування реального врожаю сорту 'Болеро', 2016–2019 рр.

Для 'Болеро' вищий коефіцієнт реалізації потенційної продуктивності протягом ІІІ–ІХ етапів органогенезу притаманний п'яти–п'ятнадцятирічним складним кільцівкам, при переході від ІХ до ХІ

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

етапу органогенезу продуктивність десяти–п'ятнадцятирічних плодів різко скорочувалась, найбільша кількість корисної зав'язі зберігалась у середній частині крони (5–9-річні ділянки стовбура).

Отже, в умовах західного Лісостепу України колоноподібні сорти яблуні по-різному реагують на умови зовнішнього середовища в певні етапи органогенезу. На ефективність диференціації генеративних бруньок колоноподібних сортів, так чи інакше впливають метеорологічні чинники. Для інтродукованих сортів негативний вплив під час формування генеративного потенціалу на III–IV етапах органогенезу має підвищення рівня $\Sigma_{act} \geq 10$, кількості опадів та середньодобової температури повітря, про що свідчить високий негативний коефіцієнт кореляції між відношенням генеративних бруньок до загальної їх кількості й даними чинниками ($r > -0,80$ – $0,96$). Вплив цих метеорологічних чинників на сорти української селекції слабкий та помірний, що свідчить про кращі адаптивні властивості даних сортів.

Висновки і перспективи. Вивчення продуктивності колоноподібної яблуні у процесі її формування, шляхом аналізу утворення зачаткових органів і послідовного їх розвитку у вегетативні та генеративні органи, дає

можливість встановити особливості цього процесу в різновікових складних плодкових утвореннях, та рівні їхньої продуктивності та довговічності. В ході досліджень встановлено значний вплив на формування потенційної та фактичної продуктивності метеорологічних чинників. Усі досліджувані сорти колоноподібного типу формують високий рівень потенціалу продуктивності не залежно від віку плодкових утворень. Вплив віку ділянки стовбура (складних кільців) на формування продуктивності рослин мінімальний або взагалі відсутній (від 0 до 3%).

Встановлено, що редукція плодів на рослинах більшості досліджуваних колоноподібних сортів під час XI етапу органогенезу зменшується за умови підвищення $\Sigma_{act} \geq 10$ і середньодобової температури повітря, а також збільшення кількості опадів. Високий вплив на збереження репродуктивного потенціалу для сортів 'Танцівниця', та 'Болеро' мало збільшення кількості опадів ($r = 0,85$ – $0,98$). Підвищення середньодобової температури повітря позитивно впливало на збільшення КСО у сорту 'Спарта' ($r = 0,77$ – $0,80$). Зниження $\Sigma_{act} \geq 10$ сильно негативно впливало на збереження репродуктивного потенціалу сортів 'Танцівниця' і 'Болеро'.

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

Список використаних джерел

1. Жук В., Барабаш Л., Кривошопка В., Болдижева Л. Ефективність вирощування перспективних сортів яблуні селекції Інституту садівництва НААН в інтенсивних насадженнях. *Вісник аграрної науки*, 2022, 100(2), С. 34–41. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202202-05>
2. Захаров М. В. Морфология кроны, цветения и плодоношения деревьев колоновидных сортов яблони украинской селекции. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2011, С. 65–69. (1). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfologiya-krony-tsveteniya-i-plodonosheniya-dereviev-kolonovidnyh-sortov-yablони-ukrainskoy-selektcii>
3. Исаева И. С. Продуктивность яблони (процесс формирования). МГУ, 1989. 149 с.
4. Коломиец И. А. Преодоление периодичности плодоношения яблони. *Урожай*, 1976. 240 с.
5. Кондратенко Т. Є. Потенційна продуктивність сортів яблуні і рівень її реалізації залежно від технології та зони вирощування. *Збірник наукових праць Уманського ДАУ “Біологічні науки і проблеми рослинництва”*. Умань: УДАУ. 2003. С. 470–474.
6. Куперман Ф. М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений. Высшая школа, 1984. 240 с.
7. Мазур Б. Урожайність суниці за використання тимчасового накриття рослин. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*, 2020, 11(3), С. 115–122. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2020.03.115>
8. Меженський В.М. Основи наукових досліджень у садівництві. Розрахунки в Microsoft Excel: Навчальний посібник. – Київ: Видавництво Ліра, 2017. 212 с.
9. Тарнавська К. Зимостійкість і морозостійкість клонів яблуні (*Malus domestica* Borkh.) сорту Джонаголд вітчизняної селекції. *Вісник аграрної науки*, 2018, 96(4), С. 74–77. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201804-12>
10. Benko B. Morphological differentiation of flower buds in Apple-Trees. *Biologia Plantarum*, 1967. Vol. 9. №4. p. 263. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02929766>
11. Bublyk M.O., Barabash L.O., & Fryziuk L.A. Cultivation of Apple (*Malus domestica* Borkh.): Major Growing Regions, Cultivars, Rootstocks, and Technologies. In *Temperate Horticulture for Sustainable Development and Environment* (pp. 213–246). *Apple Academic Press*. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781351249393>
12. Duric G., Micic N., Cerovic R., Plazinic R. Degree of differentiation of generative buds as a factor of bearing in apricot. In *XI International Symposium on Apricot Culture*. Veria-Makedonia, Greece, 1997. №488, P. 351–356. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.488.55>
13. El-Sabagh A.S., Othman S.A., AlAbdaly A.N. Performance of Anna apple cultivar grown on two different rootstocks in response to hydrogen cyanamide winter spraying. *World J. Agric. Sci*, 2012. Vol. 8. №1, P. 1–12. ISSN 1817-3047
14. Gavryliuk O., Kondratenko T., Goncharuk Y. Features of formation of productivity of columnar apple-tree. *Bulletin of Agricultural Science*. 2019. Vol. 97. №6, P. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201906-04>
15. Havryliuk O., Kondratenko T., Mazur B., Kutovenko V., Mazurenko B., Voitsekhivska O., & Dmytrenko Y. Morphophysiological peculiarities of productivity formation in columnar apple varieties. *Agronomy research*. 2022. Vol. 20 №1. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.22.007>
16. Havryliuk, O., Bondarenko, Y., Boichuk, H., & Petrenko, D.. Формування продуктивності сортів яблуні за умов Київщини. *Наукові доповіді НУБіП України*, 2022, №1 (95). Отримано з <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovid/article/view/15913>
17. Havryliuk, O.S., Kondratenko, T.E., Kytaiev, O.I. Diagnostics of the functional state of plants of colonial varieties of apple. *Plant*

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

and Soil Science. 2019, 10(2), 70–80. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.02.070>

18. Kohek Š., Guid N., Tojnko, S., Unuk, T., Kolmanič, S. EduAPPLE: Interactive Teaching Tool for Apple Tree Crown Formation, *HortTechnology*. 2015. Vol. 25. №2. P. 238–246. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.2.238>

19. Kondratenko T. E. Columnar apple orchard. *Modern agricultural technologies*. 2013. №4. P. 58–63.

20. Lapins K. Segregation of compact growth types in certain apple seedling progenies. *Canadian Journal of Plant Science*. 1969. Vol. 49. №6. P. 765–768. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps69-130>

21. Mazurenko, B., Honchar, L., Novytska, N. & Kalenska, S. (2020). Grain yield response of facultative and winter triticale for late autumn sowing in different weather conditions. *Agronomy research* 18(1), 183–193. <https://doi.org/10.15159/AR.20.008>

22. Mezhenkyj, V.M. (2019). Collecting sorboid plants for their horticultural merit and use in breeding work in Ukraine. *Acta Hort.* 1259, 25–30. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1259.5>

23. Mezhenkyj, V.M. (2021). Progress in Japanese quinces breeding in Ukraine. *Acta Hort.* 1307, 35–42. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1307.6>

24. Palubicki W., Horel K., Longay S., Runions A., Lane B., Měch R., Prusinkiewicz P. Self-organizing tree models for image synthesis. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*. 2009. Vol. 28. №3. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1145/1531326.1531364>

25. Rather J. A., Misgar F. A., Dar G. A., Qurashi S. N. Effects of Rootstocks on Horticultural Characteristics of Various Exotic Apple Cultivars in Kashmir Climatic Conditions. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*. 2018. Vol. 7. №4. P. 2341–2348. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.268>

26. Shevchuk L., Grynyk I., Levchuk L., Babenko S., Podpriatov H. & Kondratenko P. Fruit Quality Indicators of Apple (*Malus domestica* Borkh.) Cultivars Bred in Ukraine. *Journal of Horticultural Research*. 2021.

Vol. 29. №2. P. 95–106. DOI: <https://doi.org/10.2478/johr-2021-0019>

27. Shevchuk, L., Grynyk, I., Levchuk, L., Babenko, S., Podpriatov, H. & Kondratenko, P. (2021a). Fruit Quality Indicators of Apple (*Malus domestica* Borkh.) Cultivars Bred in Ukraine. *Journal of Horticultural Research*. 29(2), 95–106. <https://doi.org/10.2478/johr-2021-0019>

28. Shevchuk, L.M., Grynyk, I.V., Levchuk, L.M., Yareshchenko, O.M., Tereshchenko, Y., & Babenko, S.M. (2021b). Biochemical contents of highbush blueberry fruits grown in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Agronomy research*. 19(1), 232–249. <https://doi.org/10.15159/ar.21.012>

29. Tobutt K. R. Breeding columnar apples. *Graving today*. 1985. Vol. 2. №4. P. 14–15.

30. Tonkha, O., Menshov, O., Bykova, O., Pikovska, O., Fedosiy, I. Magnetic methods application for the physical and chemical properties assessment of Ukraine soil. In *XIV International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”* (2020, November). (Vol. 2020, No. 1, pp. 1-5). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202056027>

31. Vasylenko O., Kondratenko T., Havryliuk O., Andrusyk Y., Kutovenko V., Dmytrenko Y., Grevtseva N., Marchyshyna Y. The study of the productivity potential of grape varieties according to the indicators of functional activity of leaves. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2021. Vol. 15. P. 639–647. DOI: <https://doi.org/10.5219/1638>

32. Yareshchenko A., Tereshchenko Y., Prymachuk L., Todosyuk E., Mazur B. Ribes breeding programmes in Ukraine-recent achievements. *Acta Horticulturae*. 2012. Vol. 946. P. 177-182. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.946.27>

33. Zamorskyi V. The role of the anatomical structure of apple fruits as fresh cut produce. In *International Conference on Quality Management of Fresh Cut Produce. Bangkok, Thailand*. Acta Hort. 2007. Vol. 746. P. 509–512. DOI:

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.746.64>

References

1. Zhuk, V., Barabash, L., Krivoshapka, V., & Boldizheva, L. (2022). Efektyvnist vyroshchuvannya perspektyvnykh sortiv yabluni selektsii Instytutu sadivnytstva NAAN v intensyvnnykh nasadzhenniakh [The efficiency of growing promising apple varieties selected by the Institute of Horticulture NAAS in intensive plantations]. *Bulletin of Agrarian Science*, 100 (2), 34–41. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202202-05>
2. Zakharov, M. V. (2011). Morfolohiia krony, tsvitinnia ta plodonoshennia derev kolonovydneykh sortiv yabluni ukrainskoi selektsii [Morphology of the crown, flowering and fruiting of trees of columnar apple varieties of Ukrainian selection]. *Plant Varieties Studying and Protection*, (1). (In Ukraine). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfologiya-krony-tsveteniya-i-plodonosheniya-dereviev-kolonovidnyh-sortov-yabluni-ukrainskoy-selektsii>
3. Isaeva, I. S. (1989). Produktivnost yabluni [Apple tree productivity]. Moscow, Russia: Moscow State University. M. V. Lomonosov, 149 p. (in Russian)
4. Kolomiets, I. A. (1976). Preodoleniye periodichnosti plodonosheniya yabluni [Overcoming the frequency of fruiting apple trees]. Kiev, Ukraine: Harvest, 240 p. (In Ukraine)
5. Kondratenko, T. E. (2003). Potentsiina produktyvnist sortiv yabluni i rivenyii realizatsii zalezno vid tekhnologii ta zony vyroshchuvannya [Potential productivity of apple varieties and the level of its implementation depending on the technology and growing area]. Collection of scientific works of Uman State Agrarian University "Biological sciences and problems of crop production". Uman, Ukraine: UDAU. 470–474 (In Ukraine)
6. Cooperman, F.M. (1984). Morfofiziologiya rastenyi. Morfofiziologicheskiy analiz etapov organogeneza razlichnykh zhiznennykh form pokrytosemennykh rastenyi [Morphophysiology of plants]. Moscow, Russia: Higher school, 240 p. (in Russian)
7. Mazur, B. (2020). Urozhainist sunytsi za vykorystannia tymchasovoho nakryttia roslyn [Strawberry yield using temporary plant cover]. *Plant and Soil Science*, 11(3), 115–122. doi:<http://dx.doi.org/10.31548/agr2020.03.115>
8. Mezhenskyi, V. M. (2017). Osnovy naukovykh doslidzhen u sadivnytstvi. Rozrakhunky v Microsoft Exel: Navch. Posibnyk [Fundamentals of research in horticulture. Calculations in Microsoft Excel: A Tutorial. 212. (In Ukrainian)
9. Tarnavska, K. (2018). Zymostiikist i morozostiikist kloniv yabluni (*Malus domestica* Borkh.) sortu Dzhonahold vitchyznianoï selektsii [Winter hardiness and frost resistance of apple (*Malus domestica* Borkh.) Clones of Jonagold variety of domestic selection]. *Bulletin of Agrarian Science*, 96 (4), 74–77. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201804-12>
10. Benko, B. (1967). Morphological differentiation of flower buds in Apple-Trees. *Biologia Plantarum*, 9(4), p. 263. <https://doi.org/10.1007/BF02929766>
11. Bublyk, M. O., Barabash, L. O., & Fryziuk, L. A. (2018). Cultivation of Apple (*Malus domestica* Borkh.): Major Growing Regions, Cultivars, Rootstocks, and Technologies. In *Temperate Horticulture for Sustainable Development and Environment* (pp. 213–246). *Apple Academic Press*. <https://doi.org/10.1201/9781351249393>
12. Duric, G., Micic, N., Cerovic, R., Plazinic, R. (1997). Degree of differentiation of generative buds as a factor of bearing in apricot. In *XI International Symposium on Apricot Culture*. Veria-Makedonia, Greece, 488, 351–356. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.488.55>
13. El-Sabagh, A. S., Othman, S. A., AlAbdaly, A. N. (2012). Performance of Anna apple cultivar grown on two different rootstocks in response to hydrogen cyanamide winter spraying. *World J. Agric. Sci*, 8(1), 1–12. ISSN 1817-3047
14. Gavryliuk, O., Kondratenko, T., Goncharuk, Y. (2019). Features of formation of productivity of columnar apple-tree. *Bulletin of*

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

Agricultural Science, 97(6), 27–34.
<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201906-04>

15. Havryliuk, O., Kondratenko, T., Mazur, B., Kutovenko, V., Mazurenko B., Voitsekhivska, O., & Dmytrenko, Y. (2022). Morphophysiological peculiarities of productivity formation in columnar apple varieties. *Agronomy research*, 20(1).
<https://doi.org/10.15159/AR.22.007>

16. Havryliuk, O., Bondarenko, Y., Boichuk, H., & Petrenko, D. (2022). Formation of productivity of apple varieties under the conditions of Kyiv region. *Scientific reports of NULES of Ukraine*, №1 (95). Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/15913>

17. Havryliuk, O.S., Kondratenko, T.E. & Kytaiev, O. I. (2019). Diagnostics of the functional state of plants of colonial varieties of apple. *Plant and Soil Science*, 10(2), 70–80.
<http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.02.070>

18. Kohek, Š., Guid, N., Tojnko, S., Unuk, T., Kolmanič, S. (2015). EduAPPLE: Interactive Teaching Tool for Apple Tree Crown Formation, *HortTechnology*, 25(2), 238–246.
<https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.2.238>

19. Kondratenko, T.E. (2013). Columnar apple orchard. Modern agricultural technologies, 4, 58–63 (in Ukraine)

20. Lapins, K. (1969). Segregation of compact growth types in certain apple seedling progenies. *Canadian Journal of Plant Science*, 49(6), 765–768. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps69-130>

21. Mazurenko, B., Honchar, L., Novytska, N. & Kalenska, S. (2020). Grain yield response of facultative and winter triticale for late autumn sowing in different weather conditions. *Agronomy research* 18(1), 183–193. <https://doi.org/10.15159/AR.20.008>

22. Mezhenskyj, V.M. (2019). Collecting sorboid plants for their horticultural merit and use in breeding work in Ukraine. *Acta Hort.* 1259, 25–30.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1259.5>

23. Mezhenskyj, V.M. (2021). Progress in Japanese quinces breeding in Ukraine. *Acta Hort.* 1307, 35–42.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1307.6>

24. Palubicki, W., Horel, K., Longay, S., Runions, A., Lane, B., Měch, R., Prusinkiewicz, P. (2009). Self-organizing tree models for image synthesis. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 28(3), 1–10.
<https://doi.org/10.1145/1531326.1531364>

25. Rather, J.A., Misgar F.A., Dar G.A., Qurashi, S.N. (2018). Effects of Rootstocks on Horticultural Characteristics of Various Exotic Apple Cultivars in Kashmir Climatic Conditions. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 7(4), 2341–2348.
<https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.704.268>

26. Shevchuk, L., Grynyk, I., Levchuk, L., Babenko, S., Podpriatov, H. & Kondratenko, P. (2021). Fruit Quality Indicators of Apple (*Malus domestica* Borkh.) Cultivars Bred in Ukraine. *Journal of Horticultural Research*, 29(2), 95–106. <https://doi.org/10.2478/johr-2021-0019>

27. Shevchuk, L., Grynyk, I., Levchuk, L., Babenko, S., Podpriatov, H. & Kondratenko, P. (2021a). Fruit Quality Indicators of Apple (*Malus domestica* Borkh.) Cultivars Bred in Ukraine. *Journal of Horticultural Research*, 29(2), 95–106.
<https://doi.org/10.2478/johr-2021-0019>

28. Shevchuk, L.M., Grynyk, I.V., Levchuk, L.M., Yareshchenko, O.M., Tereshchenko, Y., & Babenko, S.M. (2021b). Biochemical contents of highbush blueberry fruits grown in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Agronomy research*, 19(1), 232–249.
<https://doi.org/10.15159/ar.21.012>

29. Tobutt, K. R. (1985). Breeding columnar apples. *Graving today*, 2(4), 14–15.

30. Tonkha, O., Menshov, O., Bykova, O., Pikovska, O., & Fedosiy, I. (2020, November). Magnetic methods application for the physical and chemical properties assessment of Ukraine soil. In *XIV International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”* (Vol. 2020, No. 1, pp. 1-5). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202056027>

31. Vasylenko, O., Kondratenko, T., Havryliuk, O., Andrusyk, Y., Kutovenko, V.,

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

Dmytrenko, Y., Grevtseva, N., Marchyshyna, Y. (2021). The study of the productivity potential of grape varieties according to the indicators of functional activity of leaves. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 639–647. <https://doi.org/10.5219/1638>

32. Yareshchenko, A., Tereshchenko, Y., Prymachuk, L., Todosyuk, E., Mazur, B. (2012). Ribes breeding programmes in Ukraine-recent achievements. *Acta*

Horticulturae, 946, 177–182. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.946.27>

33. Zamorskyi, V. (2007). The role of the anatomical structure of apple fruits as fresh cut produce. In International Conference on Quality Management of Fresh Cut Produce. Bangkok, Thailand. *Acta Hortic.* 746, 509–512. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.746.64>

PRODUCTIVITY OF 20 YEAR PLANTS COLUMNAR APPLE-TYPE UNDER THE CONDITIONS OF KYIV REGION

O. S. Havryliuk, T. Y. Kondratenko

Abstract. *Differentiation of generative buds is one of the most important biological processes of plant transition from vegetative to generative state. The study of the productivity of apple trees in the process of its formation, by analyzing the formation of rudimentary organs and their successive development into vegetative and generative organs, which are elements of productivity, allows to establish the features of this process in complex fruit formations of different ages. Knowing the level of influence of meteorological factors on the passage of II-XII stages of organogenesis, we can recommend more specific soil and climatic conditions for growing columnar varieties. Plants of columnar varieties of apple differ from traditional almost complete absence of lateral branching, the formation of crops on simple and complex rings (fruit formations), which are located on the trunk of the tree, as well as dwarf growth, early fruiting and high yields.*

In the studies, trees of columnar varieties on medium-sized rootstock 54-118 differed significantly in height, trunk diameter, crown width and density of fruit formations on the trunk. As the height of the trees increases, the number of fruit formations on the plant increases, resulting in an increase in the potential for higher yields.

Considering the realization of reproductive potential in stages, we noted changes in the participation of different age areas of the trunk (complex rings) in the formation of the actual harvest. In the conditions of Kyiv region, columnar apple cultivars react differently to environmental conditions at certain stages of organogenesis. The efficiency of differentiation of generative buds of columnar varieties is influenced in one way or another by meteorological factors. For introduced varieties, the increase in the level of $\Sigma_{act} \geq 10$, precipitation and average daily air temperature has a negative effect on the formation of generative potential at III-IV stages of organogenesis, as evidenced by the high negative correlation between the ratio of generative buds to their total number and these factors ($r > -0.80-0.96$). The influence of these meteorological factors on the varieties of Ukrainian selection is weak and moderate, which indicates the best adaptive properties of these varieties. The influence of the age of the trunk on the formation of plant productivity is minimal or absent (from 0 to 3 %).

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

Keywords: *columnar apple, sort, productivity, organogenesis, morphology, climate*

УДК 631.5/.8:633.34(477.4)

**ДИНАМІКА ГУСТОТИ СТОЯННЯ ТА ВИЖИВАНІСТЬ РОСЛИН СОЇ,
ЗАЛЕЖНО ВІД МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ТА ІНОКУЛЯЦІЇ В
УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО****В. А. ФУРМАН**, кандидат сільськогосподарських наук, директор
*ДП «ДГ «Саливонківське»***О. В. ФУРМАН**, кандидат сільськогосподарських наук, агроном з насінництва
*ДП «ДГ «Саливонківське»**Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН***І. В. СВИСТУНОВА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
*Національний університет біоресурсів і природокористування України**E-mail: furmanov918@ukr.net*<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.004>

Анотація. *Соя – найважливіша високобілкова та олійна культура світового землеробства. Високий рівень урожайності вона формує лише в посівах з оптимальною щільністю стеблостою та рівномірно розподіленими на площі живлення і добре сформованими рослинами. Такі параметри соєвого агрофітоценозу значною мірою досягаються за рахунок отримання дружних та своєчасних сходів, високої польової схожості і доброї виживаності рослин впродовж вегетації. Метою досліджень, проведених у 2013-2015 рр., було встановити вплив норм і строків внесення мінеральних добрив та інокуляції насіння мікробним препаратом поліфункціональної дії Фосфонітрагін на динаміку густоти стояння та виживаність рослин сої в умовах Лісостепу Правобережного. Під час проведення досліджень було застосовано візуальний, кількісний та статистично-математичний методи спостережень та досліджень.*

Встановлено, що в умовах правобережного Лісостепу України найбільш сприятливі умови для росту, розвитку і збереження рослин сої на одиниці площі впродовж вегетації були сформовані на варіантах, що передбачали поєднання інокуляції насіння препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій і фосформобілізуючих мікроорганізмів та внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення та N_{15} у підживлення у фазі бутонізації. За такої технологічної моделі вирощування виживаність рослин сої у сорту Вільшанка складала 95,2 %, у сорту Сузір'я – 94,7 %, в наслідок чого густина стояння рослин на період збирання становила, відповідно 60,5 та 62,4 шт./м².

Ключові слова: *соя, сорт, бактеризація, мінеральне добриво, азотне підживлення, польова схожість, густина стояння рослин, виживаність рослин*

Актуальність. *Соя є землеробства. За вегетаційний період найважливішою високобілковою та вона формує два врожаї – білка та олії олійною культурою світового і майже всі органічні речовини, що є в*

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

рослинному світі. Завдяки багатому хімічному складу сою використовують як універсальну, продовольчу, олійну та кормову культуру, вирощування якої сприяє також поліпшенню хімічних і фізичних властивостей ґрунту, покращенню фітосанітарного стану посівів та значному підвищенню продуктивності сівозмінної площі [1, 6, 16].

Формування високої продуктивності сої можливе лише в посівах з оптимальною щільністю стеблостою і добре розвиненими та рівномірно розподіленими на площі живлення рослинами. В значній мірі такі параметри соєвого агрофітоценозу досягаються за рахунок одержання дружних та своєчасних сходів, високої польової схожості та виживаності рослин впродовж їх вегетації [2, 10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За достатнього забезпечення поживними речовинами та вологою соя, як світлолюбна культура, реалізує генетичний потенціал своєї продуктивності лише за оптимальної для сорту густоти стояння рослин на площі [3, 7, 8, 12]. Надмірна або недостатня кількість рослин сої на одиниці площі призводить до формування недосконалої оптико-біологічної моделі посіву, наслідком чого є нераціональне використання фотосинтетично-активної сонячної радіації [4]. Невідповідна сортовим

потребам густота стояння рослин сої обумовлює також формування неоднакової структури врожаю, перш за все – вегетативної маси рослин, кількості гілок, бобів і насінин на одній рослині та висоти прикріплення бобів нижнього ярусу [1, 4, 5, 14, 16]. Так, у надмірно загущених посівах відмічають погіршення освітленості рослин, зниження продуктивності фотосинтезу, передчасне пожовтіння та опадання листя, формування меншої кількості насінин і бобів [9]. У зріджених посівах, навпаки, рослини інтенсивно гілкуються, формують надмірну кількість листя, бобів і насіння, під масою яких та під впливом поривів вітру гілки часто обламуються. Боби в таких посівах низько прикріплюються на стеблі та нерівномірно дозрівають, що призводить до зменшення загальної врожайності, не зважаючи на, зазвичай, високу індивідуальну продуктивність рослин [7].

Формування густоти стояння рослин на площі істотно обумовлюється польовою схожістю насіння – чим нижчі її значення, тим створюється більший розрив між нормою висіву насіння та кількістю рослин на одиниці площі під час збирання врожаю. Польова схожість належить до варіабельних ознак. На її величину впливають посівні якості насіння та особливості підготовки його до сівби, вибір попередника, система удобрення, норми висіву насіння та вибір способу і строків

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

проведення сівби, гідротермічним режимом тощо [9, 13, 17, 18].

Мета досліджень – встановити вплив норм і строків внесення мінеральних добрив та інокуляції насіння мікробним препаратом поліфункціональної дії Фосфонітрагін на динаміку густоти стояння та виживаність рослин сої в умовах Лісостепу Правобережного.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проводили у 2013-2015 рр. на дослідному полі ДП «ДГ «Саливонківське» Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний з вмістом гумусу в шарі 0-20 см – 4,56 %. Вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 155-161 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (за Чиріковим) – 44-54 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 95-107 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки – 6,7-7,2.

Польовий трифакторний дослід закладали за схемою: фактор А – сорт: Вільшанка (скоростиглий), Сузір'я (середньостиглий); фактор В – передпосівна обробка насіння: без інокуляції, комплексний бактеріальний препарат Фосфонітрагін; фактор С – мінеральне удобрення: без добрив (контроль); $P_{60}K_{60}$; $N_{15}P_{60}K_{60}$; $N_{30}P_{60}K_{60}$; $N_{45}P_{60}K_{60}$; $P_{60}K_{60} + N_{15}$; $N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$; $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$. Повторність дослідів – чотириразова.

Площа облікової ділянки – 25 м². Попередник – пшениця озима. Технологія вирощування сої – загальноприйнята для умов Лісостепу правобережного України, за винятком факторів, що були поставлені на вивчення.

Система мінерального удобрення передбачала внесення фосфорних і калійних добрив з розрахунку $P_{60}K_{60}$ під основний обробіток ґрунту та азотних – відповідно до схеми дослідів: під передпосівну культивування та у підживлення рослин сої у фазі бутонізації. Передпосівну бактеризацію насіння проводили комплексним бактеріальним препаратом на основі фосформобілізуючих мікроорганізмів (*B. tucilaginosus*) та штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*).

Польові дослідження проводили відповідно до вимог, викладених у посібнику «Основи наукових досліджень в агрономії» [15] і «Методик державного сорто випробування сільськогосподарських культур» [11].

Гідротермічні умови в роки проведення досліджень відрізнялись як між собою, так і відносно середніх багаторічних значень. Так, у 2013 році, середньомісячна температура повітря квітня перевищувала багаторічний рівень на 1,3 °С, внаслідок чого на момент проведення сівби сої (4 травня) ґрунт був добре

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

прогрітій. За наявності достатньої кількості вологи в ґрунті та сприятливих температурних умов дружні сходи з'явилися через 8-9 діб, залежно від варіанту досліду. В цілому, залежно від тривалості періоду вегетації, ріст і розвиток рослин сої відбувався за середньодобової температури на рівні 19,1-19,8 °С, суми активних температур (>10, °С) – 2036,3-2258,7 °С та загальної кількості опадів у межах 251,4-334,0 мм.

У травні 2014 р. середньомісячна температура повітря переважала середню багаторічну норму на 1,1 °С, а сума опадів лише за першу декаду місяця відповідала місячній нормі. Загалом, за вказаний місяць їх випало у 6,8 рази більше за середнє багаторічне значення в регіоні. Надмірна кількість опадів спричинила затягування періоду проростання насіння сої внаслідок чого сходи з'явилися зріджені та нерівномірні. Загалом, у 2014 році вегетація рослин сої в досліді відбувалась на фоні середньодобових температур на рівні 18,6-19,5 °С, суми активних температур (>10, °С) у межах 2020,4-2216,7 °С та кількості опадів – 308,7-337,2 мм.

У 2015 році сівбу культури проводили 12 травня. Достатнє вологозабезпечення (на 77,3 мм більше понад норму) на фоні вищої (на 1,2 °С) середньомісячної температури повітря сприяло появі дружніх та рівномірних сходів. В подальшому, ріст і розвиток рослин сої у вказаний рік проходив на фоні часто стресових погодних умовах – гідротермічний коефіцієнт за період вегетації досліджуваних сортів становив 0,6-0,7 (оптимальне значення для культури – 1,0-1,7 [16]).

Результати дослідження та їх обговорення. У ході проведених нами досліджень було встановлено вплив генетичних особливостей сорту сої, мінерального удобрення та передпосівної інокуляції насіння на формування величини польової схожості і густоти стояння рослин. В середньому за 2013-2015 рр. під дією факторів, що були поставлені на вивчення та гідротермічного режиму під час досходового періоду польова схожість насіння у сорту Вільшанка формувалась на рівні 85,3-92,2 %, у сорту Сузір'я – в межах 87,9-95,4 %, що дозволило сформувати густоту стояння рослин у фазі повних сходів на рівні 59,7-64,5 та 61,5-66,8 шт./м², відповідно (табл. 1).

1. Польова схожість насіння та виживаність рослин сої залежно від дії досліджуваних факторів (у середньому за 2013-2015 рр.)

Удобрення	Інокуляція	Густина стояння рослин, шт./м ²		Польова схожість, %	Вживаність на період збирання, %
		повні сходи	на період збирання		
Сорт Вільшанка					
Без добрив (контроль)	1*	62,4	55,6	89,2	89,0
	2	64,0	58,0	91,4	90,7
P ₆₀ K ₆₀	1	63,3	57,3	90,4	90,5
	2	64,5	59,5	92,2	92,2
N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀	1	63,0	57,7	90,0	91,6
	2	64,4	59,9	92,0	93,0
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	1	62,6	57,7	89,4	92,2
	2	63,7	59,8	91,0	93,9
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	1	59,7	54,6	85,3	91,4
	2	60,3	56,1	86,2	93,0
P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	1	63,2	57,8	90,3	91,4
	2	64,5	59,9	92,2	92,8
N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	1	63,1	58,6	90,1	92,9
	2	64,5	61,0	92,1	94,6
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	1	62,4	58,5	89,2	93,7
	2	63,6	60,5	90,8	95,2
Сорт Сузір'я					
Без добрив (контроль)	1*	64,5	56,8	92,1	88,1
	2	66,0	59,4	94,3	90,0
P ₆₀ K ₆₀	1	65,2	58,3	93,2	89,4
	2	66,7	60,7	95,3	91,0
N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀	1	65,3	59,3	93,3	90,8
	2	66,8	61,7	95,4	92,4
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	1	64,9	59,8	92,7	92,2
	2	65,8	61,3	94,0	93,2
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	1	61,5	56,2	87,9	91,3
	2	62,1	57,6	88,7	92,8
P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	1	65,3	59,1	93,3	90,5
	2	66,5	61,3	95,0	92,2
N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	1	65,2	60,6	93,2	92,9
	2	66,7	62,7	95,3	94,0
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	1	65,0	60,9	92,8	93,8
	2	65,9	62,4	94,1	94,7
НІР _{0,05} загальна		1,23	1,11		
НІР _{0,05} сорт		0,34	0,25		
НІР _{0,05} удобрення		0,76	0,66	–	–
НІР _{0,05} інокуляція		0,34	0,25		

*Примітка: б/і – насіння без інокуляції; і – інокульоване насіння.

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

Внесення фосфорно-калійних добрив сприяло зростанню польової схожості рослин на 1,1-1,2 %. Дія азотних добрив залежала від їх норми та сортових особливостей сої. Так, визначено, що на фоні основного удобрення внесення N_{45} знижувало схожість насіння обох сортів сої, в наслідок чого кількість сходів на посівах сорту Сузір'я зменшувалась на 4,2 %, на посівах сорту Вільшанка – на 3,9 %. Внесення азоту в дозі N_{15} , навпаки, сприяло зростанню польової схожості, відповідно, на 1,2 та 0,8 %, в результаті чого густина рослин у фазі повних сходів складала 65,3 та 63,0 шт./м². На ділянках, де вносили дозу азоту на рівні N_{30} відмічали незначне підвищення рівня польової схожості – на 0,2 % у скоростиглого сорту та на 0,6 % – у середньостиглого сорту. Внесення азоту в дозі N_{45} у поєднанні з інокуляцією насіння, порівняно до такого ж варіанту азотного удобрення за відсутності бактеризації, підвищувало схожість рослин на 0,8-0,9 %.

Інокуляція насіння сої бактеріальним препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій і фосформобілізуючих мікроорганізмів мало позитивний вплив на проростання насіння на всіх варіантах досліду. Отримані нами результати підтверджується дослідженнями інших науковців [7, 18]. У результаті бактеризації насіння сої препаратом Фосфонітрагін польова схожість

насіння на контрольних варіантах обох досліджуваних сортів зростала на 2,2 %. При цьому, у сорту Сузір'я була сформована густина сходів на рівні 66,0 шт./м², у сорту Вільшанка – у межах 64,0 шт./м².

Таким чином, максимальна польова схожість у сортів сої Сузір'я (95,3-95,4 %) та Вільшанка (92,0-92,2 %) була сформована на варіантах досліду, що передбачали проведення інокуляції насіння та внесення мінеральних добрив в нормі $P_{60}K_{60}$ і $N_{15}P_{60}K_{60}$.

Формування кінцевої густоти стояння рослин сої значною мірою залежить від їх виживаності – показника, який характеризує стійкість рослин до несприятливих умов зовнішнього середовища впродовж вегетації та істотно залежить від генетичних особливостей рослин, середовища їх зростання та технологічних прийомів вирощування. Даний показник визначається як відношення кількості рослин у фазі повних сходів до їх кількості у фазі повної стиглості на одиниці площі [18].

Аналізування динаміки густоти стояння рослин впродовж їх вегетації вказує на її зменшення в результаті часткового випадання рослин. В середньому за роки досліджень, на період збирання врожаю виживаність рослин сої у сорту Вільшанка становила 89,0-95,2 %, у сорту Сузір'я – 88,1-94,7 %, в наслідок чого формувалась густина стояння рослин

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

на рівні, відповідно, 55,6-60,5 та 56,8-62,4 шт./м². Найбільша кількість втрачених рослин була відмічена на контрольних варіантах польового досліду та становила, 11,0 % у скоростиглого сорту та 11,9 % у середньостиглого сорту.

Внесення мінеральних добрив сприяло істотному підвищенню виживаності рослин сої – у сорту Вільшанка на 1,5-4,7 %, у сорту Сузір'я на 1,3-5,7 %, залежно від варіанту мінерального удобрення. За умови взаємодії факторів інокуляції та мінерального удобрення виживаність рослин впродовж вегетації зростала на 2,9-6,6 %, залежно від сорту.

Найсприятливіші умови для росту, розвитку та збереженості максимальної кількості рослин складались на варіантах, де висівали насіння сої оброблене комплексним бактеріальним препаратом Фосфонітрагін та вносили N₃₀P₆₀K₆₀ + N₁₅ у фазі бутонізації. За такої

технологічної моделі вирощування сої густота стояння рослин на період збирання у сорту Вільшанка становила 60,5 шт./м², у сорту Сузір'я – 62,4 шт./м².

Висновки і перспективи.

Встановлено, що в умовах правобережного Лісостепу України найбільш сприятливі умови для росту, розвитку і збереження рослин сої на одиниці площі впродовж вегетації були сформовані на варіантах, що передбачали поєднання інокуляції насіння препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій і фосформобілізуючих мікроорганізмів та внесення N₃₀P₆₀K₆₀ в основне удобрення та N₁₅ у підживлення у фазі бутонізації. За таких технологічних умов вирощування виживаність рослин сої у сортів Вільшанка та Сузір'я складала 95,2 та 94,7 %, внаслідок чого густота стояння рослин на період збирання становила, відповідно 60,5 та 62,4 шт./м².

Список використаних джерел

1. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ : Аграрна наука, 2011. 548 с.
2. Бабич А., Бахмат М., Бахмат О. Соя : агроекологічні основи вирощування, переробки і використання. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2013. 268 с.
3. Бабич А. О., Венедіктов О. М. Моделі технологій вирощування сої, її економічна ефективність та конкурентоспроможність. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2006. Вип. 56. С. 22–29.

4. Бабич А. О., Новохацький М. Л. Освітленість рослин та її вплив на динаміку листового індексу посівів сої в умовах Правобережного Лісостепу України. Аграрний вісник Причорномор'я. Миколаїв, 2001. Вип. 12. С. 179–184.
5. Бабич А. О., Петриченко В. Ф. Фотосинтетична продуктивність посівів та врожайність зерна сої залежно від способів сівби і густоти рослин. Корми і кормовиробництво. Київ, 1991. Вип. 31. С. 7–9.
6. Біологічний азот : монографія / за ред. В. П. Патики. Київ : Світ, 2003. 424 с.
7. Дідора В. Г., Баранов А. І. Щільність стеблостою ранньостиглих сортів

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

сої в Поліссі України. Наукові читання – 2013 : науково-теоретичний збірник Житомирського національного агроєкологічного університету. Житомир, 2013. Т. 1. С. 267–270.

8. Дробітько О. М. Продуктивність фотосинтезу і урожайність сої залежно від просторового і кількісного розміщення рослин в агроценозі. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв, 2007. Вип. 2. С. 240–245.

9. Камінський В. Ф. Агрометеорологічні основи виробництва зерно-бобових культур в Україні. Вісник аграрної науки. Київ, 2006. № 6. С. 20–25.

10. Камінський В. Ф., Пиндус В. В. Ефективність бактеризації насіння у технології вирощування сої за органічної системи землеробства. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2013. Вип. 77. С. 153–158.

11. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина / ред. : В. В. Волкодав; Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин. Київ, 2000. 100 с.

12. Москалець В. В. Ефективність мікробіологічних препаратів на вирощуванні сої : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів з проблем виробництва зерна в Україні. (м. Дніпропетровськ, 5-6 бер. 2002 р.). Дніпропетровськ, 2002. С. 83–84.

13. Насінництво та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур : навчальний посібник / за ред. С. М. Каленської. Вінниця : ФОП Данилюк, 2011. 320 с.

14. Новохацький М. Л. Оптимізація умов фотосинтезу агроценозів сої та використання рослинами його продуктів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке, 2017. Вип. 21. С. 258–267.

15. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Єщенка. Київ : Дія, 2005. 288 с.

16. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Іванюк С. В. Соя : монографія. Вінниця : Діло, 2016. 400 с.

17. Ткаліч І. Д., Шепілова Т. П. Вплив способів та строків внесення мінеральних добрив на урожайність сої. Бюлетень Інституту зернового господарства. Дніпропетровськ, 2011. №40. С. 50–53.

18. Циганська О. І., Циганський В. І. Вплив системи удобрення на проходження фаз росту і розвитку сортів сої та на показник коефіцієнту збереження рослин. Сільське господарство та лісівництво. Вінниця, 2019. № 13. С. 105–118.

References

1. Babych A. O., Babych-Poberezhna A. A. (2011). Seleksiia, vyrobnytstvo, torhivlia i vykorystannia soi u sviiti. [Selection, production, trade and use of soybeans in the world]. Kyiv: Ahrarna nauka, 548 s.

2. Babych A., Bakhmat M., Bakhmat O. (2013) Soia : ahroekolohichni osnovy vyroshchuvannia, pererobky i vykorystannia [Soybeans: agro-ecological bases of cultivation, processing and use]. Kamianets-Podilskiy : PP «Medobory-2006», 268 s.

3. Babych A. O., Venediktov O. M. (2006) Modeli tekhnolohii vyroshchuvannia soi, yii ekonomichna efektyvnist ta konkurentospromozhnist [Models of soybean cultivation technology, its economic efficiency and competitiveness]. Kormy i kormovyrobnytstvo. Vinnytsia, Vyp. 56. S. 22–29.

4. Babych A. O., Novokhatskyi M. L. (2001) Osvitlenist roslyn ta yii vplyv na dynamiku lystovoho indeksu posiviv soi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Plant illumination and its influence on the dynamics of the leaf index of soybean crops in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. Ahrarnyi visnyk Prychornomoria. Mykolaiv, Vyp. 12. S. 179–184.

5. Babych A. O., Petrychenko V. F. (1991) Fotosyntetychna produktyvnist posiviv ta vrozhainist zerna soi zalezho vid sposobiv sivby i hustoty roslyn [Photosynthetic productivity of crops and soybean grain yield depending on sowing methods and plant density]. Kormy i kormovyrobnytstvo. Kyiv, Vyp. 31. S. 7–9.

Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В.

6. Biologichnyi azot : monografiia [Biological nitrogen: monograph] / za red. V. P. Patyky. Kyiv : Svit, 2003. 424 s.

7. Didora V. H., Baranov A. I. (2013) Shchilnist steblostoiu rannostyhlykh sortiv soi v Polissi Ukrainy [Stem density of early ripening soybean varieties in Ukraine]. Naukovi chytannia – 2013 : naukovoteoretychnyi zbirnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekologichnoho universytetu. Zhytomyr, T. 1. S. 267–270.

8. Drobitko O. M. (2007) Produktyvnist fotosyntezy i urozhainist soi zalezno vid prostorovoho i kilkisnoho rozmishchennia roslyn v ahrotsenozii [Photosynthesis productivity and soybean productivity depending on the spatial and quantitative placement of plants in the agrocenosis]. Visnyk ahrarynoi nauky Prychornomoria. Mykolaiv, Vyp. 2. S. 240–245.

9. Kaminskyi V. F. (2006) Ahrometeorologichni osnovy vyrobnytstva zerno-bobovykh kultur v Ukraini [Agrometeorological bases of production of grain and leguminous crops in Ukraine]. Visnyk ahrarynoi nauky. Kyiv, № 6. S. 20–25.

10. Kaminskyi V. F., Pyndus V. V. (2013) Efektyvnist bakteryzatsii nasinnia u tekhnologii vyroshchuvannia soi za orhanichnoi systemy zemlerobstva [Effectiveness of seed sterilization in the technology of growing soybeans under the organic farming system]. Kormy i kormovyrobnytstvo. Vinnytsia, Vyp. 77. S. 153–158.

11. Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur [Methodology of state variety testing of agricultural crops] (2000). Vyp. 1. Zahalna chastyna / red. : V. V. Volkodav; Derzh. komis. Ukrainy po vyprobuvanniu ta okhoroni sortiv roslyn. Kyiv, 100 s.

12. Moskalets V. V. (2002) Efektyvnist mikrobiologichnykh preparativ na vyroshchuvanni soi [Effectiveness of microbiological preparations on soybean cultivation]: materialy vseukr. nauk.-prakt.

konf. molodykh vchenykh i spetsialistiv z problem vyrobnytstva zerna v Ukraini. (m. Dnipropetrovsk, 5–6 ber. 2002 r.). Dnipropetrovsk, S. 83–84.

13. Nasinnytstvo ta metody vyznachennia yakosti nasinnia silskohospodarskykh kultur [Seed production and methods of determining the quality of seeds of agricultural crops] : navchalnyi posibnyk (2011) / za red. S. M. Kalenskoii. Vinnytsia: FOP Danyliuk, 320 s.

14. Novokhatskyi M. L. (2017) Optymizatsiia umov fotosyntezy ahrotsenoziv soi ta vykorystannia roslynamy yoho produktiv [Optimization of conditions of photosynthesis of soybean agrocenoses and use of its products by plants]. Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniky i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy. Doslidnytske, 2017. Vyp. 21. S. 258–267.

15. Osnovy naukovykh doslidzen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy] / za red. V. O. Yeshchenka. Kyiv : Diia, 2005. 288 s.

16. Petrychenko V. F., Lykhochvor V. V., Ivaniuk S. V. (2016) Soia : monografiia. [Soy: monograph] Vinnytsia : Dilo, 400 s.

17. Tkalich I. D., Shepilova T. P. (2011) Vplyv sposobiv ta strokiv vnesennia mineralnykh dobryv na urozhainist soi [The influence of the methods and terms of application of mineral fertilizers on soybean yield]. Biuleten Instytutu zernovoho hospodarstva. Dnipropetrovsk, №40. S. 50–53.

18. Tsyhanska O. I., Tsyhanskyi V. I. (2019) Vplyv systemy udobrennia na prokhodzhennia faz rostu i rozvytku sortiv soi ta na pokaznyk koefitsiientu zberezhennia roslyn [The influence of the fertilization system on the passage of growth and development phases of soybean varieties and on the indicator of the coefficient of plant preservation]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo. Vinnytsia, № 13. S. 105–118.

DYNAMICS OF PLANT DENSITY AND SURVIVAL OF SOYBEAN PLANTS, DEPENDING ON MINERAL FERTILIZER AND INOCULATION IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT BANK FOREST STEPPE**V. A. Furman, O. V. Furman, I. V. Svystunova**

Abstract. Soy is the most essential high-protein and oil-rich crop in world agriculture. It forms a high level of productivity only in crops with optimal stem density and evenly distributed in the feeding area and well-formed plants. Such parameters of soybean agro phytocoenosis are achieved mainly due to obtaining friendly and timely seedlings, high field germination, and good survival of plants during the growing season. The purpose of the research conducted in 2013-2015 was to establish the influence of rates and terms of mineral fertilizers application and seed inoculation with the microbial preparation of multifunctional action Phosphonitrugin on the dynamics of plant density and survival of soybeans in the conditions of the Right-Bank Forest Steppe. Visual, quantitative, and statistical-mathematical methods of observation and research were used during the investigation.

It was established that in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, the most favourable conditions for the growth, development, and preservation of soybean plants per unit area during the growing season were formed by the options that involved the combination of seed inoculation with a preparation based on strains of nodule bacteria and phosphorus-mobilizing microorganisms and the introduction of $N_{30}P_{60}K_{60}$ into the main fertilizing and N_{15} in extra feeding in the budding phase. According to this technological model of growing, the survival rate of soybean plants in the Vilshanka variety was 95.2%, and in the Suzirya variety - 94.7%, as a result of which the density of plants during the harvesting period was 60.5 and 62.4 pcs/m², respectively.

Keywords: soybean, variety, bacterization, mineral fertilizer, nitrogen fertilization, field germination, plant stand density, plant survival

УДК 635.64:635.646:631.81.631.582

**НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ АГРОХІМІЧНИХ І
МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПОМІДОРА****Т. В. ПАРАМОНОВА**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий
співробітник**О. В. КУЦ**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
*Інститут овочівництва і багтанництва НААН***О. Є. НАЙДЬОНОВА**, кандидат біологічних наук, старший науковий
співробітник*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені
О.Н. Соколовського»***В. І. МИХАЙЛИН**, кандидат сільськогосподарських наук**Р. В. КРУТЬКО** кандидат сільськогосподарських наук*Інститут овочівництва і багтанництва НААН*

E-mail: paramonovetet@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.005>

***Анотація.** Максимальний позитивний вплив на мікробіологічну активність чорнозему типового малогумусного важкосуглинкового при вирощуванні томатів – сьомої культури 9-пільної овоче-кормової зрошуваної сівозміни має післядія органічних добрив (14 т/га сівозмінної площі ґною) і застосування комплексу бактеріальних препаратів з азотфіксуючими та фосформобілізуючими бактеріями, тоді як застосування лише мінеральних добрив призводить до погіршення більшості мікробіологічних показників ґрунту, за винятком оліготрофності.*

Внесення в ґрунт органічних добрив і соломи позитивно впливає на ґрунтовий мікробіоценоз та активізує процес трансформації органічної речовини. У цих умовах завдяки позитивному впливу на рослину і, відповідно, забезпеченню надходження більшої кількості органічної речовини (вегетативної маси, корневих залишків, соломи), сприяє підвищенню мікробної трансформації органічних сполук у 1,5 та 2,0 рази порівняно з варіантами без добрив і системи мінерального удобрення.

Домінуючим угрупованням у мікробних ценозах органічної системи землеробства за вирощування помідора в овоче-кормовій зрошуваній сівозміні є мікроорганізми, що засвоюють органічні форми нітрогену та нітрогенфіксатори, за мінеральної системи землеробства висока біогенність чорнозему типового формується залежно від чисельності мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний нітроген. У зрошуваній овочево-кормовій сівозміні застосування сидератів в

Парамонова Т. В., Куц О. В., Найдьонова О. Є., Михайлин В. І., Крутько Р. В.

поєднанні з бактеріальними препаратами і, зокрема, з використанням органічних добрив сприяє росту мікроорганізмів, які розвиваються на багатих органікою та поживними речовинами (евтрофах) - до 34,0-41,5 проти. 19,9 млн КУО / г сухого ґрунту - для мінеральної системи удобрення томатів.

Ключові слова: біологізована система удобрення, бактеріальні препарати, поживний режим, мікробіологічні властивості ґрунту, помідор

Актуальність. Тривала техногенно перевантажена інтенсифікація сільськогосподарського виробництва загострила екологічні, економічні та енергетичні проблеми, які призвели до пошуку нових, науково-обґрунтованих підходів формування сучасних систем господарювання, головними завданнями яких є збереження ґрунтових та інших ресурсів, отримання екологічно чистої рослинницької продукції.

Слід зазначити, що індустріально розвинені країни, незважаючи на значний потенціал щодо використання мінеральних добрив, особливого значення надають біологізації сільськогосподарського виробництва. За своєю суттю, біологічне (природне) землеробство не виступає виробництвом з повною відмовою від мінеральних добрив, а являється системою розумного та збалансованого використання технологічних, агрохімічних і біологічних заходів у комплексі із системою інтегрованого захисту рослин та науково-обґрунтованим чергуванням культур у сівозміні.

Тому, конче актуальним на сьогодні є розробка науково-методичних засад функціонування альтернативної системи вирощування овочевих культур. Ключовими аспектом альтернативної системи вирощування є: ґрунтозахисна системи використання добрив в овоче-кормових сівозмінах; встановлення ефективності бактеріальних препаратів для оптимізації живлення та захисту овочевих рослин; концепція формування природоохоронних ґрунтозахисних систем землеробства овочевих агроценозів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ґрунтова мікрофлора виконує багато функцій в оптимізації живлення культурних рослин, зокрема овочевих. Мікробні угруповання забезпечують активну міграцію елементів живлення до коренів рослин. За допомогою ланцюжків бактеріальних клітин, гіф та міцелію мікроскопічних грибів забезпечується контакт кореневої системи з віддаленими ґрунтовими агрегатами, на яких адсорбовано поживні речовини. Також ризосферні мікроорганізми трансформують

Парамонова Т. В., Куц О. В., Найдьонова О. Є., Михайлин В. І., Крутько Р. В.

недоступні для рослин сполуки у мобільні, оптимальні для метаболізму.

Біологічна азотфіксація (симбіотичної або асоціативної), синтез вітамінів та фітогормонів, контроль збудників різних захворювань за рахунок продукування антибіотиків, ферментів, здатних до лізису клітинних стінок фітопатогенних грибів, а також ефект індукованого імунітету (здатність викликати стійкість до хвороб і шкідників внаслідок стимулювання системних захисних реакцій рослини) [1-4] також слід віднести до корисного й важливого впливу мікроорганізмів в агрофітоценозах.

Трансформація мікроорганізмами свіжої органічної речовини в орних ґрунтах – ключовий фактор, що визначає такі процеси, як глобальний кругообіг карбону, виробництво продовольства та парниковий ефект [5]. Один з доступних способів підвищення вмісту органічної речовини в ґрунтах полягає в раціональному використанні поживних залишків, зокрема соломи, якої щорічно виробляється дуже багато [6].

Важливим заходом щодо одержання високоякісної овочевої продукції в умовах збереження родючості ґрунту та екологічної стабільності агроценозу є використання мікробних препаратів.

Сучасні бактеріальні препарати характеризуються широкою поліфункціональною дією, що включає забезпечення біологічної нітрогенфіксації, фосфатмобілізації, рістстимуляції в ризосфері рослин, прискорення розкладання рослинних решток та захисту рослин від патогенів і фітофагів [7]. Дані препарати, створені на основі високоефективних штамів асоціативних мікроорганізмів, є безпечними для людини і не спричиняють шкоди навколишньому природному середовищу [8]. Їх застосування не потребує високих енергетичних та матеріальних витрат [9].

Продуктивність симбіотичної нітрогенфіксації (за даними Інституту сільськогосподарської мікробіології та АПВ НААН) в агроценозах з люцерною сягає 200 кг нітрогену на гектар, з конюшиною – 150-180, соєю – 60-90 кг/га [10, 11].

Від використання асоціативних нітрогенфіксувальних мікроорганізмів в різних ґрунтово-кліматичних зонах України зазначено зростання урожайності картоплі на 12-27 %, капусти білоголової – на 18-38 %, цибулі ріпчастої – на 14-25 %, огірка – на 20-24 % [12-22]. Фосфатмобілізуючі мікроорганізми гідролізують ферментативним шляхом органічні форми фосфатів, що забезпечує

Парамонова Т. В., Куц О. В., Найдьонова О. Є., Михайлин В. І., Крутько Р. В.

покращення фосфорного живлення рослин [23].

Отже, базовою основою високоефективних систем живлення овочевих рослин є встановлення закономірностей збереження та відтворення родючості ґрунту в агроценозах. Забезпечуючи стабільне підвищення комплексу параметрів, які характеризують родючість ґрунту, в сукупності з біологізованими сівозмінами, ресурсощадними способами обробітку ґрунту, інтегрованим або біологічним захистом рослин, краплинним зрошенням, можливо максимально повно розкрити генетичний потенціал нових сортів і гібридів овочевих рослин, що забезпечить зростання урожайності та покращення якості овочевої продукції, зменшення техногенного навантаження на агроценози, підвищення економічних параметрів вирощування. В рамках проблеми екологізації сільськогосподарського виробництва актуальності набуває також розробка систем оптимізації живлення овочевих рослин для технологій органічного землеробства, впровадження яких в галузь овочівництва є життєво необхідним в розрізі проблеми збереження здоров'я нації.

Мета. Теоретично обґрунтувати в агрохімічному та агроекологічному аспектах наукові основи органічних природоохоронних систем удобрення

помідора в овочевих зрошуваних агроценозах Східного Лісостепу України.

Методи. Для досягнення поставленої мети використані загальнонаукові методи: гіпотеза, аналіз і синтез, індукція і дедукція, аналогія і моделювання, абстрагування і конкретизація, системний аналіз і узагальнення та спеціальні: польові – у стаціонарному польовому досліді досліджували взаємодію рослин помідора з біотичними та абіотичними чинниками; лабораторні: хімічні – визначення хімічного складу ґрунту, рослин; мікробіологічні – оцінка стану мікробіологічного комплексу ґрунту; математико-статистичні: для оцінки взаємодії факторів, що досліджувалися (дисперсійний).

Технологія вирощування помідору в досліді загальноприйнята для зони Лісостепу України із застосуванням краплинного зрошення.

В досліді органічні добрива застосовували врозкид у вигляді гною великої рогатої худоби та перегною під попередник, мінеральні (врозкид і локально) – у вигляді нітроамофоски, аміачної селітри та калію хлористого.

Використані наступні бактеріальні препарати та біологічні добрива:

– *Azotofim-p* – мікробний препарат (біоактиватор), що містить клітини природної нітрогенфіксуючої бактерії *Azotobacter chroococcum*, яка

Парамонова Т. В., Куц О. В., Найдьонова О. Є., Михайлин В. І., Крутько Р. В.

здатна фіксувати нітроген із повітря і постачати його рослинам; макро-та мікроелементи; біологічно активні продукти життєдіяльності бактерій: амінокислоти, вітаміни, фітогормони, виділяти фунгіцидні речовини. Загальне число життєздатних мікроорганізмів продуцента – не менше ніж 1×10^9 КУО/г. Препарат для обробки насіння та розсади рослин.

– *Органік-баланс-р* - біопрепарат для стимуляції росту та розвитку сільськогосподарських культур, стійкості до стресів, хвороб, шкідників і збалансованого живлення. Містить живі бактерії: нітрогенфіксуючі - забезпечують рослини біологічним нітрогеном; фосфор- та каліймобілізуючі, що перетворюють важкорозчинні сполуки на доступні для рослин форми; бактерії з фунгіцидними властивостями, що захищають рослини від бактеріальних та грибкових хвороб; інактивовані клітини та їх фрагменти, які сприяють формуванню імунної системи рослин, захисної реакції на вплив патогенів; біологічно активні продукти життєдіяльності бактерій: фітогормони, вітаміни, антибіотики, фунгіциди, ферменти, амінокислоти, а також компоненти живильного середовища (макро- і мікроелементи, органічні джерела живлення). Препарат для обробки насіння та позакоренових підживлень.

– *Граундфікс* – ґрунтове біодобриво, що містить клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, *Azotobacter chroococcum*, *Enterobacter*, *Paenibacillus polymyxa*. Загальне число життєздатних клітин $(0,5-1,5) \times 10^9$ КУО/см³. Біодобриво забезпечує підвищення рухомості фосфору та доступності калію з ґрунту та мінеральних добрив, пролонгує доступність поживних елементів; покращує біологічну активність ґрунту та пригнічує розвиток фітопатогенів.

– *Біодеструктор стерні Екостерн* – комплексний за складом і дією бактеріальний препарат (живі клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus* та гриби *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*, загальна кількість життєздатних клітин $2,5 \times 10^9$ КУО/см³.), призначений для обробки стерні та ґрунту після збирання урожаю, а також сидератів безпосередньо перед дискуванням або оранкою для прискорення розкладання поживних, сидеральних та інших рослинних решток.

Виробник – ТОВ «БТУ-Центр» (Україна, м. Ладизин, Вінницька обл.).

Результати. Умови мінерального живлення, впливаючи на хімічний склад рослин та регулюючи обмінні процеси, є важливим фактором формування врожаю. Поглинання поживних елементів рослинами – це

Парамонова Т. В., Куц О. В., Найдьонова О. Є., Михайлин В. І., Крутько Р. В.

складний процес, що залежить від біологічних особливостей культур, фізичних, фізико-хімічних та агрохімічних властивостей ґрунтів, а також кліматичних умов і особливостей технології [24].

Встановлено, що використання добрив за вирощування помідора в зрошуваній овоче-кормовій сівозміні позитивно впливає на агрохімічні показники ґрунту (чорнозему типового малогумусного важкосуглинкового). Визначено, що в фазу приживлення рослин найвищий вміст нітратного азоту в шарі ґрунту 0-30 см забезпечує використання органо-мінеральних систем удобрення (95,9-110,3 мг/кг сухого ґрунту). У більш пізні періоди (цвітіння – плодоношення) вміст нітратного азоту зменшується, що пов'язане з активним поглинанням азоту рослинами, міграцією в більш глибокі шари ґрунту. Але закономірність за фазами розвитку рослин зберігається – високий вміст нітратного азоту забезпечує сумісне внесення органічних і мінеральних добрив.

Використання органо-мінеральної системи удобрення забезпечує формування і більш кращого фосфорного режиму живлення рослин помідора: використання врозкид $N_{120}P_{120}K_{90}$ або локально $N_{60}P_{60}K_{45}$ по післядії органічних добрив забезпечує високий вміст рухомого фосфору в усі

фазі розвитку рослин в шарі 0-30 см (137-179 мг/кг сухого ґрунту).

Подібна закономірність відмічається і за динамікою вмісту обмінного калію в орному шарі ґрунту: 138-204 мг/кг (без добрив – 86-102 мг/кг сухого ґрунту) за органо-мінеральних систем удобрення залежно від фази розвитку рослин. Використання окремо мінеральних добрив і післядії органічних сприяє суттєвому зростанню вмісту обмінного калію в ґрунті, але в меншому ступені ніж органо-мінеральні системи удобрення

Отже, на підставі одержаних даних, можна зробити наступні висновки: максимальне накопичення нітратів спостерігається на початку вегетації рослин помідора, після формування вегетативної маси вміст їх у ґрунті зменшується, а із затуханням процесів нітрифікації різко падає; найбільш оптимальний поживний режим ґрунту (за вмістом нітратного азоту, рухомого фосфору та обмінного калію) формується за використання органо-мінеральних систем удобрення (післядії внесення гною 14 т/га сівозмінної площі + врозкид $N_{120}P_{120}K_{90}$, або локально $N_{60}P_{60}K_{45}$).

Мікробіологічна активність чорнозему типового сильно варіює в залежності від систем удобрення помідора (табл. 1).

1. Мікробіологічна активність ґрунту за різних систем удобрення помідора (2019-2021 рр.)

Мікробіологічні показники, шт. КУО/г сухого ґрунту		Контроль (без добрив)	Бактеріальні препарати + поживно сидерати	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀	Післядія 14 т/га гною	N ₂₆₀ P ₁₈₀ K ₁₃₀ + підживлення мікродобривами	Післядія 14 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₄₅ (локально)	Післядія гною + бактеріальні препарати	НР ₀	
Мікроміцети, тис. КУО		39,6	26,7	35,6	38,4	32,6	42,6	45,4	6,9	
М/о, що засвоюють нітроген, млн. КУО	органічний		10,5	13,3	8,22	13,1	11,1	9,21	13,6	2,9
	мінеральний	всього	26,6	13,3	11,4	28,0	22,6	25,0	20,0	5,5
		бактерії	18,8	9,24	8,30	21,1	16,7	19,6	16,3	-
Актиноміцети, млн. КУО		7,75	4,02	3,05	6,89	5,91	5,48	4,65	2,2	
Оліготрофи, млн. КУО		20,1	18,6	18,0	27,7	23,7	17,3	16,9	4,4	
Мікроорганізми, що розчиняють фосфати, млн. КУО	органічні	всього	10,3	4,5	4,62	8,70	9,69	7,66	7,18	2,3
		із зонами розчинення	4,20	2,01	0,94	2,33	4,07	2,11	2,54	0,4
	мінеральні		2,19	2,98	0,86	7,58	5,91	3,66	2,54	0,6
		всього	7,99	5,14	2,82	15,9	13,3	9,49	8,66	1,3
Евтрофи, млн. КУО		37,4	26,8	19,9	41,5	34,0	34,7	34,0	-	
Показники	оліготрофності		0,54	0,70	0,90	0,67	0,70	0,50	0,50	-
	мінералізації		2,53	1,00	1,38	2,14	2,03	2,72	1,47	-
	ТОРГ		14,6	26,5	14,2	19,2	16,6	12,6	22,9	-

Слід зазначити, що ґрунтові гриби є великою групою еукаріотичних гетеротрофних організмів, яка включає за даними різних авторів від 100 до 250 тис. видів [25]. Мікроміцети виконують у ґрунті досить різноманітні екологічні функції. За рахунок гетеротрофного типу живлення вони приймають безпосередню участь у розкладанні рослинних і тваринних залишків, тобто у здійсненні ґрунтом однієї з найголовніших екологічних функцій – джерела поживних елементів, сполук та

енергії [26]. Гриби розкладають не тільки прості органічні сполуки, але і досить складні за хімічною будовою речовини (наприклад, такі, як лігнін і хітин).

Інша важлива екологічна функція, в реалізації якої беруть участь мікроскопічні гриби – регуляція структури біогеоценозів. По-перше, від водно-повітряного, температурного режимів та забезпеченості ґрунтів елементами живлення залежить проростання клітин і спор грибів [27].

По-друге, регулююча функція ґрунту діє опосередковано – через вплив ґрунтових мікроорганізмів і грибів та їх метаболітів на формування і стан як фіто-, так і мікробоценозів [28]. Але за певного рівня техногенного навантаження на агроценози в ґрунті нагромаджуються види з фітопатогенними властивостями, що є негативним явищем [29].

В дослідженнях відмічено, що істотно зниження кількості грибів у ґрунті зазначається за використання сидеральної системи удобрення з комплексом бактеріальних препаратів та за внесення високих доз мінеральних добрив ($N_{260}P_{180}K_{130}$ + підживлення мікродобривами) під урожайність плодів помідора 80 т/га (26,7-32,6 тис. КУО/г сухого ґрунту). За післядії 14 т/га гною в поєднанні з внесенням локально $N_{60}P_{60}K_{45}$ або з комплексом бактеріальних препаратів кількість ґрунтових грибів істотно зростає до рівня 42,6-45,4 тис. КУО/г сухого ґрунту.

За післядії 14 т/га гною в поєднанні з комплексом бактеріальних препаратів зростає чисельність мікроорганізмів, що засвоюють органічний нітроген (13,6 млн. КУО/г сухого ґрунту) та знижується чисельність мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний азот (20,0 млн. КУО) у, т. ч., і бактерії (16,3 млн. КУО/г сухого ґрунту). Відповідне зниження даних мікробіологічних показників

зазначається також за сидеральної (бактеріальні препарати + поживно сидерати): 13,3; 133; 9,2 млн. КУО/г сухого ґрунту та мінеральної системи удобрення – $N_{120}P_{120}K_{90}$: 8,2; 11,4; 8,3 млн. КУО/г сухого ґрунту відповідно.

За використання різних видів і норм добрив знижується кількість актиноміцетів у ґрунтів за вирощування помідора. Істотно цей показник знижується за сидеральної (бактеріальні препарати + поживно сидерати) до рівня 4,04 і мінеральної систем удобрення ($N_{120}P_{120}K_{90}$) – до рівня 3,05 та за поєднання післядії 14 т/га гною з локальним застосуванням $N_{60}P_{60}K_{45}$ або мікробних препаратів – до рівня 4,65-5,48 млн. КУО/г сухого ґрунту. Високі норми мінеральних добрив ($N_{260}P_{180}K_{130}$ + підживлення мікродобривами) та післядія тільки органічних добрив (14 т/га гною) не мають такого негативного впливу на даний показник (5,91-6,89 млн. КУО/г сухого ґрунту).

По післядії лише органічних добрив (14 т/га гною) зростає чисельність мікроорганізмів-оліготрофів (27,7 млн. КУО/г сухого ґрунту), що, не прямим чином, свідчить про погіршення умов мінерального живлення за даної системи удобрення. Хоча за органічної системи удобрення помідора збільшується і кількість евтрофів до 41,5 млн. КУО/г сухого ґрунту – мікроорганізмів, які

Парамонова Т. В., Куц О. В., Найдонова О. Є., Михайлин В. І., Крутько Р. В.

розвиваються на багатих органікою і поживними речовинами середовищах. За мінеральної систем удобрення ($N_{120}P_{120}K_{90}$) кількість евтрофів істотно знижується відносно контролю до рівня 19,9 млн. КУО/г сухого ґрунту.

Використання під помідор рекомендованої дози мінеральних добрив ($N_{120}P_{120}K_{90}$ – врозкид) зумовлює зниження чисельності мікроорганізмів, що розчиняють органічні до 4,62 млн. КУО та мінеральні фосфати в ґрунті (2,82 млн. КУО/г сухого ґрунту), що більш за все пояснюється, оптимальною забезпеченістю рослин і ґрунтових мікроорганізмів фосфором за мінеральної системи удобрення в овоче-кормовій сівозміні і, як наслідок, відпадає необхідність у мобілізації ґрунтових запасів фосфору.

За використання мінеральної, органічної та сидеральної систем удобрення збільшується індекс оліготрофності з 0,54 на контролі до рівня 0,67-0,90; за використання мінеральних добрив та систем удобрення з бактеріальними препаратами знижується коефіцієнт мінералізації до рівня 1,00-1,47, за значення даного показника на контролі (без добрив) – 2,53.

Показник мікробної трансформації органічної речовини ґрунту (МТОРГ) за використання різних систем удобрення зростає до

16,6-26,1, за виключенням застосування орґано-мінеральної системи удобрення (локально $N_{60}P_{60}K_{45}$ по післядії 14 т/га гною) – 12,6.

Трансформація орґанічної речовини у ґрунті інтенсивніше відбувалася у варіанті з веденням орґанічної системи землеробства. Внесення в ґрунт орґанічних добрив і соломи справляло позитивну дію на мікробіоценоз ґрунту та активізувало процес трансформації орґанічних речовин. У цих умовах, завдяки позитивному впливу на рослину і, відповідно, забезпечення надходження більшої кількості орґанічних речовин (вегетативна маса, кореневі рештки, солома), сприяє підвищенню мікробної трансформації орґанічних сполук.

Висновки і перспективи. Максимальний позитивний вплив на мікробіологічну активність чорнозему типового малогумусного важкосуглинкового за вирощування помідора – сьомої культури 9-пільного овоче-кормової зрошуваної сівозміни має післядія орґанічних добрив (14 т/га сівозмінної площі гною) та застосування на її фоні комплексу бактеріальних препаратів з нітрогенфіксуючими й фосформобілізуючими бактеріями. Натомість використання лише мінеральних добрив спричиняє погіршення більшості

Парамонова Т. В., Куц О. В., Найдьонова О. Є., Михайлин В. І., Крутько Р. В.

мікробіологічних параметрів ґрунту, окрім індексу оліготрофності.

Трансформація органічної речовини у ґрунті інтенсивніше відбувається у варіанті з введенням органічної системи землеробства. Внесення у ґрунт органічних добрив і соломи справляє позитивну дію на мікробіоценоз ґрунту та активізує процес трансформації органічних речовин. У цих умовах, завдяки позитивному впливу на рослину і, відповідно, забезпечення надходження більшої кількості органічних речовин (вегетативна маса, кореневі рештки, солома), сприяє підвищенню мікробної

трансформації органічних сполук у 1,5 і 2,0 рази в порівнянні з варіантом без добрив і мінеральною системою удобрення.

У зрошуваній овоче-кормовій сівозміні сидерації в поєднанні з бактеріальними препаратами та, в особливості, використання органічних добрив сприяє зростанню частки мікроорганізмів, які розвиваються на багатих органікою і поживними речовинами середовищах (евтрофів) – до 34,0-41,5 проти 19,9 млн. КУО/г сухого ґрунту – за мінеральної системи удобрення помідора.

Список використаних джерел

1. Sheen S.J., Redagay G.R. On the localization and tissue difference of peroxidases in *Nicotiana tabacum* and progenitor species. *Bot. Gaz.* 1970. Vol. 131. №4. P. 297-304.

2. Veech J.A. Localization of peroxidase in infected tobacco susceptible and resistant to Bleak shan R. *Phytopathology.* 1969. Vol. 59. № 5. P. 566-571.

3. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: монографія. / за ред. В. В. Волкогона. К. : Аграрна наука, 2006. 311 с.

4. Пати́ка В. П., Тарарі́ко Ю.О., Мельничук Т.М. та ін. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих, фосформобілізуючих мікроорганізмів, фізіологічно активних речовин і біологічних засобів захисту рослин. К.: Аграрна наука, 2000. 36 с.

5. Baldock J.A. Composition and cycling of organic carbon in soil. *Nutrient cycling in terrestrial ecosystems* / P. Marschner, Z. Rengel (eds.). Springer Berlin Heidelberg, 2007. P. 1-35.

6. Верзилин В.В., Коржов С.И., Придворев Н.И. Биология почв

среднерусского Черноземья (диагностика и пути решения): монография. Воронеж, 2005. 326 с.

7. Coppens F., Garnier P., De Gryze S., Recous S. Soil moisture, carbon and nitrogen dynamics following incorporation and surface application of labelled crop residues in soil columns. *European Journal of Soil Science.* 2006. № 57 (6). P. 894-905.

8. Петриченко В.Ф., Камінський В.Ф., Пати́ка В.П. Бобові культури і сталий розвиток агроєкосистем. *Корми і кормовиробництво: міжвідомчий тематичний наук. зб.* Вінниця: Тезис, 2003. Вип. 51. С. 3-6.

9. Magdel A. M., Schoeman A.S., Mac van der Merwe. The relative toxicities of insecticides to earthworms of the *Pheretima* group (*Oligochaeta*). *Pest Management Science.* 2002. Vol. 58. P. 446-450.

10. Волкогон В.В. Особливості формування азотфіксуючих асоціацій бактерій з травами та регулювання їх активності: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. с.-г. наук: 03.00.07 / УААН, Ін-т землеробства. К., 1997. 36 с.

11. Волкогон В.В., Заришняк А.С., Гринник І.В. та ін. Методологія і практика

Парамонова Т. В., Куц О. В., Найдьонова О. Є., Михайлин В. І., Крутько Р. В.

використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / ред. В.В. Волкогона. К.: Аграр. наука, 2011. 155 с.

12. Злотников А.К., Гинс В.К. Биопрепарат Альбит на пекинской капусте. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*: тез. V междунар. симп. Пушино, 2003. Т. III. С. 351-353.

13. Стецишин П.О. Мікробіологічні препарати в органічному землеробстві. *Основи органічного виробництва*. Вінниця: Нова Книга, 2008. Розд. 3. С. 32-45.

14. Мельничук Т.Н., Пархоменко Т.Ю., Татарин Л.М. Застосування бактеріальних препаратів в пів-денному овочівництві. Проблеми степового землеробства і рослинництва та їх вирішення в реформованих сільськогосподарських підприємствах: *Вісник аграрної науки Причорномор'я*: Миколаїв, 2003. Спец. вип. 3 (23). Т. 2. С. 302-308.

15. Мельничук Т.Н., Татарин Л.Н., Пархоменко Т.Ю., Васецкий В.Ф. Эффективность применения биопрепаратов в технологии выращивания капусты. *Научные труды ученых Крымского государственного аграрного университета*. Симферополь, 2002. Выпуск 72. С. 75-79.

16. Козар С. Ф., Жеребор Т. А., Демчук І. В. та ін. Вплив лектину картоплі на ефективність бактеризації картоплі азотобактером. *Сільськогосподарська мікробіологія*: міжвід. темат. наук. зб. Чернігів: ЦНТЕІ, 2009. Вип. 9. С. 95-104.

17. Жеребор Т. А. Дія лектину картоплі на синтез мікроорганізмами фітогормонів. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2008. Вип. 3(46). Т. 2. С. 107-112.

18. Tinker P.V., Nye P.H. Solute Movement in the Rhizosphere. New York: Oxford University Press, 2000. 444 pp.

19. Повх О.В. Доцільність застосування мікробіологічних препаратів при вирощуванні сільськогосподарських культур. *Охорона ґрунтів*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Агрохімічна служба України: роль і місце в

розвитку агропромислового комплексу держави». К., 2014. Вип. 1. С. 186-189.

20. Козар С.Ф., Нестеренко В. М., Євтушенко Т. А. та ін. Ефективність застосування мікробного препарату АБТ в технології вирощування цибулі ріпчастої. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. (Серія «Агрономія»). 2013. Вип. 183(1). С. 207-214.

21. Нестеренко В.М., Козар С.Ф., Євтушенко Т.А., та ін. Вплив бактеризації на ріст і продуктивність цибулі ріпчастої. *XIII З'їзд товариства мікробіологів України ім. С.М. Виноградського*: тези доповідей (Ялта, 1-6 жовтня 2013 р.). Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, Інститут сільського господарства Криму НААН України. Ялта: ФОП Бражнікова Н.А, 2013. С. 400.

22. Nicolardot B., Bouziri L., Bastian F., Ranjard L. A microcosm experiment to evaluate the influence of location and quality of plant residues on residue decomposition and genetic structure of soil microbial communities. *Soil Biol. Biochem.* 2007. № 39 (7). P. 1631-1644.

23. Inositol Phosphates: linking Agriculture and the Environment / B.L. Turner, A.E. Richardson, E.J. Mullaney. London: CAB International, 2007. 288 p.

24. Яковенко К.І., Горова Т.К., Ящук А.І. Сучасні технології в овочівництві / за ред. К.І. Яковенка; Харків: ІОБ УААН, 2001. 128 с.

25. Добровольский Г.В., Бабьева И.П., Богатырев Л.Г. [и др.]. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере. М.: Наука, 2003. 364 с.

26. Bridge P., Spooner B. Soil fungi: diversity and detection. *Plant. Soil.* 2001. Vol. 232. P. 147-154.

27. Глазовская М.А., Добровольская Н.Г. Геохимические функции микроорганизмов. М.: МГУ, 1984. 152 с.

28. Thorn R.G. Soil fungi. *Handbook of Soil Science*. London, New York: CRC Press. Boca Raton, 2000. P. 22-37.

29. Літвінов Д.В. Вплив насичення сівозміни соняшником на його врожайність і фітосанітарний стан ґрунту. *Науково-*

технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН. Запоріжжя. 2007. Вип. 12. С. 219-224.

References

1. Sheen S.J., Redagay G.R. (1970). On the localization and tissue difference of peroxidases in *Nicotiana tabacum* and progenitor species. *Bot. Gaz.* Vol. 131. №4. P. 297-304.

2. Veech J.A. (1969). Localization of peroxidase in infected tobacco susceptible and resistant to Bleak shan R. *Phytopathology*. Vol. 59. № 5. P. 566-571.

3. Volkogon V.V., Nadkernychna O.V., Kovalevska T.M. and others. Microbial preparations in agriculture. Theory and practice: monograph. / edited by V. V. Volkogon. K.: Agrarian science, 2006. 311 p.

4. Patyka V. P., Tarariko Yu.O., Melnychuk T.M. etc. Complex use of biological preparations based on nitrogen-fixing, phosphorus-mobilizing microorganisms, physiologically active substances and biological means of plant protection. K.: Agrarian science, 2000. 36.

5. Baldock J.A. (2007). Composition and cycling of organic carbon in soil. *Nutrient cycling in terrestrial ecosystems* / P. Marschner, Z. Rengel (eds.). Springer Berlin Heidelberg, P. 1-35.

6. Verzilin V.V., Korzhov S.I., Pridvov N.I. (2005). Soil biology of the Central Russian Chernozem region (diagnostics and solutions): monograph. Voronezh, 326 p.

7. Coppens F., Garnier P., De Gryze S., Recous S. (2006). Soil moisture, carbon and nitrogen dynamics following incorporation and surface application of labelled crop residues in soil columns. *European Journal of Soil Science*. № 57 (6). P. 894-905.

8. Petrychenko V.F., Kaminsky V.F., Patyka V.P. (2003). Legume crops and sustainable development of agroecosystems. Fodder and fodder production: interdepartmental thematic science. coll. Vinnytsia: Thesis, Vol. 51. P. 3-6.

9. Magdel A. M., Schoeman A.S., Mac van der Merwe. (2002). The relative toxicities of insecticides to earthworms of the *Pheretima* group (*Oligochaeta*). *Pest Management Science*. Vol. 58. P. 446-450.

10. Volkogon V.V. (1997). Peculiarities of formation of nitrogen-fixing associations of

bacteria with herbs and regulation of their activity: autoref. thesis for obtaining sciences. degree of Dr. s.-g. Sciences: 03.00.07 / UAAS, Institute of Agriculture. K., 36.

11. Volkogon V.V., Zaryshnyak A.S., Hrynyuk I.V. etc. (2011). Methodology and practice of using microbial preparations in crop cultivation technologies / ed. V.V. Volkogon. K.: Agrarian. science, 155 p.

12. Zlotnikov A.K., Gins V.K. (2003). Biological product Albit on Chinese cabbage. New and non-traditional plants and prospects for their use: abstract. V international symp. Pushchino, Vol. III. pp. 351-353.

13. Stetsyshyn P.O. (2008). Microbiological preparations in organic farming. Basics of organic production. Vinnytsia: Nova Kniga, Chap. 3. P. 32-45.

14. Melnychuk T.N., Parkhomenko T.Yu., Tataryn L.M. (2003). The use of bacterial preparations in semi-arid vegetable production. Problems of steppe agriculture and crop production and their solution in reformed agricultural enterprises: Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region: Mykolaiv, Special. issue 3 (23). T. 2. P. 302-308.

15. Melnychuk T.N., Tataryn L.N., Parkhomenko T.Yu., Vasetsky V.F. (2002). Effectiveness of the use of biological preparations in the technology of cabbage cultivation. Scientific works of scientists of the Crimean State Agrarian University. Simferopol, Issue 72. P. 75-79.

16. Kozar S.F., Zhrebtor T.A., Demchuk I.V. and others. (2009). The effect of potato lectin on the effectiveness of potato bacteriization with *Azotobacter*. Agricultural microbiology: interdisciplinary. subject of science coll. Chernihiv: TsNTEI. Issue 9. P. 95-104.

17. Zhrebtor T. A. (2008). The effect of potato lectin on the synthesis of phytohormones by microorganisms. Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region. Issue 3(46). T. 2. P. 107-112.

18. Tinker P.B., Nye P.H. (2000). Solute Movement in the Rhizosphere. New York: Oxford University Press. 444 pp.

19. Povh O.V. (2014). The expediency of using microbiological preparations in the

Парамонова Т. В., Куц О. В., Найдьонова О. Є., Михайлин В. І., Крутько Р. В.

cultivation of agricultural crops. Soil protection: materials of the international scientific and practical conference "Agrochemical Service of Ukraine: role and place in the development of the agro-industrial complex of the state". K. Vol. 1. P. 186-189.

20. Kozar S.F., Nesterenko V.M., Yevtushenko T.A. and others. (2013). The effectiveness of the use of the microbial preparation ABT in the technology of onion cultivation. Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. (Series "Agronomy"). Issue 183(1). P. 207-214.

21. Nesterenko V.M., Kozar S.F., Yevtushenko T.A., and others. (2013). The effect of bacteriization on the growth and productivity of onion. XIII Congress of the Society of Microbiologists of Ukraine named after S.M. Vinogradsky: theses of reports (Yalta, October 1-6, 2013). Institute of Microbiology and Virology named after D.K. Zabolotny National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Crimean Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine. Yalta: FOP Brazhnikova N.A. P. 400.

22. Nicolardot B., Bouziri L., Bastian F., Ranjard L. (2007). A microcosm experiment to evaluate the influence of location and quality of plant residues on residue decomposition and

genetic structure of soil microbial communities. *Soil Biol. Biochem.* № 39 (7). P. 1631-1644.

23. Turner B.L., Richardson A.E., Mullaney E.J. (2007). Inositol Phosphates: linking Agriculture and the Environment. London: CAB International, 288 p.

24. Yakovenko K.I., Horova T.K., Yashchuk A.I. (2001). Modern technologies in vegetable growing / edited by K.I. Yakovenko; Kharkiv: IOB UAAS, 128 p.

25. Dobrovolsky G.V., Bab'eva I.P., Bogatyrev L.G. [and etc.]. (2003). Structural and functional role of soils and soil biota in the biosphere. M.: Nauka. 364 p.

26. Bridge P., Spooner B. (2001). Soil fungi: diversity and detection. *Plant. Soil.* Vol. 232. P. 147-154.

27. Glazovskaya M.A., Dobrovolskaya N.G. (1984). Geochemical functions of microorganisms. M.: MGU, 152 p.

28. Thorn R.G. (2000). Soil fungi. *Handbook of Soil Science.* London, New York: CRC Press. Boca Raton, P. 22-37.

29. Litvinov D.V. (2007). The influence of crop rotation saturation with sunflower on its yield and phytosanitary condition of the soil. Scientific and technical bulletin of the Institute of Oil Crops of the Ukrainian Academy of Sciences. Zaporizhzhia. Vol. 12. P. 219-224.

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF OPTIMIZATION OF AGROCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF TYPICAL CHERNOZEM OF ALTERNATIVE TECHNOLOGIES FOR GROWING TOMATOES

T. V. Paramonova, O. V. Kuts, V. I. Mykhailyn, R. V. Krutko, O. Naidonova

Abstract. *The maximum positive effect on the microbiological activity of chernozem typical low-humus heavy loam in the cultivation of tomatoes - the seventh culture of 9-field vegetable-fodder irrigated crop rotation has the aftereffect of organic fertilizers (14 tons of manure per hectare of crop rotation area) and the use of a complex of bacterial preparations with nitrogen-fixing and phosphorus-mobilizing bacteria. The use of only mineral fertilizers causes deterioration of most microbiological parameters of the soil, except for the oligotrophic index.*

The transformation of organic matter in the soil is more intense in the variant with the introduction of the organic system of agriculture. The application of organic fertilizers

Парамонова Т. В., Куц О. В., Найдьонова О. Є., Михайлин В. І., Крутько Р. В.

and straw to the soil has a positive effect on the soil microbiocenosis and activates the process of transformation of organic matter. Under these conditions, due to the positive effect on the plant and, accordingly, ensuring the receipt of more organic matter (vegetative mass, root residues, straw), helps to increase the microbial transformation of organic compounds by 1.5 and 2.0 times compared to the option without fertilizers and mineral fertilizer system.

In irrigated vegetable-fodder crop rotation green mature in combination with bacterial preparations and, in particular, the use of organic fertilizers contributes to the growth of microorganisms that grow on rich in organic matter and nutrients (eutrophs) - up to 34.0-41.5 vs. 19.9 million CFU / g of dry soil - for the mineral system of tomato fertilizer.

Keywords: *biology fertilizer system, bacterial preparations, soil nutrient regime, soil microbiological properties, tomato, micromycetes, actinomycetes, oligotrophs, eutrophs*

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ
ОРГАНІЧНОГО УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ
ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЦЕНОЗУ СОЇ**

В. М. СЕНДЕЦЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Л. В. ЦЕНТИЛО, доктор сільськогосподарських наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Т. В. МЕЛЬНИЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий
співробітник

Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН

E-mail: vermos2011@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.006>

Анотація. *Наведено результати досліджень впливу органічного удобрення застосуванням соломи, сидератів, гноївки, новітніх органічних добрив «Біогумус», «Біопроферм» на покращення родючості ґрунту та формування продуктивності агроценозу сої і визначено економічну ефективність агрозаходів. Встановлено покращення агрофізичних, агрохімічних показників, відмічено тенденцію підвищення вмісту гумусу в ґрунті на 0,08-0,17 %, зменшення кислотності ґрунту рН_{сол} на 0,5-0,8 порівняно до контролю.*

У всіх варіантах досліді відмічено покращення біометричних показників формування агроценозу, збільшення площі листкової поверхні, чистої продуктивності фотосинтезу, показників нагромадження сухих речовин. Досліджувані елементи технології вирощування впливали на зменшення забур'яненості посівів сої, сприяли збільшенню формування кількості бобів на рослині та маси 1000 насінин.

За застосування елементів органічного удобрення в усіх варіантах до контролю зростала продуктивність сортів сої Богеміанс та Сузір'я з найвищими показниками урожайності відповідно 3,58 та 3,29 т/га, що більше на 1,32 і 1,26 т/га. Встановлено поліпшення якісних показників зерна сої.

Найбільший умовно чистий дохід у сортів Богеміанс та Сузір'я отримано у варіанті проведення деструкції соломи препаратом «Вермистим-Д» (7 л/га), внесення органічного добрива «Біопроферм» (4 т/га) з наступною сівбою гірчиці білої на сидерат: відповідно на 8,65 і 8,54 тис. грн./га; рівень рентабельності – на 18,4 і 28,2 %; собівартість зменшилася на 0,35 і 0,61 тис. грн./т порівняно до контролю.

Ключові слова: *добрива, сільськогосподарські культури, урожайність, ґрунт, показники якості, «Біогумус», «Біопроферм»*

Сендецький В. М., Центило Л. В., Мельничук Т. В.

Актуальність. Вітчизняні виробники сільськогосподарської продукції значної уваги стали надавати питанню пошуку нових шляхів залучення вторинної продукції сільськогосподарського виробництва до агротехнологічних схем вирощування культур. Перспективним напрямом стає використання соломи озимих і ярих культур та вирощування сидератів, внесення гноївки або новітніх органічних добрив виготовлених з відходів птахофабрик і подібним їм підприємств методами вермикультивування чи біологічної ферментації. Тому особливу актуальність мають дослідження щодо розроблення нових елементів технологій вирощування високорентабельних культур, у тому числі сої, які дають можливість отримати високу урожайність і забезпечити потребу українського ринку та експорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Впровадження ефективних технологій вирощування сільськогосподарських культур на основі удосконалення існуючих та розроблення нових агротехнічних заходів спрямованих на раціональне використання природно-ресурсного потенціалу України, що актуально підтверджено науковими працями А. Бабича, А. Балаєва, О. Бахмата, С. Пономаренка, І. Огурцова, Ю. Буряка, І. Мельника та інших. За дослідженнями цих авторів,

основою та науково обґрунтованою альтернативою поліпшення родючості ґрунтів, збільшення урожайності сільськогосподарських культур за гострого дефіциту традиційних видів органічних добрив повинні стати солома, рослинні рештки та всебічне використання органічних відходів [1, 2, 5, 10].

Сидеральні проміжні культури відіграють істотну роль в сівозміні як спосіб зменшення рівня забур'яненості шляхом своєчасного обробітку ґрунту, так і провокуванням умов для проростання насіння бур'янів під пологом сидератів з подальшим їх знищенням при заорюванні зеленого добрива [3, 11].

За приорювання зеленої маси сидератів у ґрунті переважає мінералізація азоту, частина його втрачається, а за приорювання соломи без додаткового внесення азоту відбувається іммобілізація азоту ґрунту. Сумісне використання зелених добрив і соломи створює оптимальні умови для розкладання органічних речовин, яке відбувається за співвідношення вуглецю до азоту (C:N) у межах 20-25:1, забезпечуючи вищий коефіцієнт гуміфікації [6, 8, 14].

Зважаючи на відсутність традиційних органічних добрив через зменшення поголів'я ВРХ, актуальності набуває використання вторинної продукції агровиробництва – соломи зернових культур, ріпаку,

Сендецький В. М., Центилю Л. В., Мельничук Т. В. бадилля соняшнику, кукурудзи, природних органічних речовин – торфу, сапропелю, мулу озер [7, 9, 15].

Враховуючи ґрунтово-кліматичні та економічні умови України впродовж 2013-2018 рр. в ТзОВ «Агрофірма Колос», с. Пустоварівка Сквирського району Київської області виконано ряд експериментальних і виробничих досліджень з виробництва органічних добрив за допомогою компостування пришвидшеною ферментацією за аеробних умов з внесенням мікробних препаратів в кожній фазі компостування. Було створено різні схеми компостування в аеробних умовах на відкритих площадках за використання ціленаправлених біопрепаратів для компостування та отримання повноцінних органічних, органо-мінеральних добрив, які відповідають агрохімічним, фізико-хімічним, органолептичним, санітарно-бактеріологічним вимогам якості органічних добрив як для використання в традиційному, так і в органічному землеробстві. [13].

За внесення «Біоферму» водночас з поліпшенням поживного режиму ґрунт збагачувався органічними речовинами, поліпшувалися його фізичні і хімічні властивості, що сприяло покращенню показників продуктивності та якості вирощеної продукції [4].

Мета досліджень – дослідити вплив сумісного застосування соломи, сидератів та органічних добрив «Біогумус», «Біоферм»,

гноївки на елементи родючості дерново-підзолистого ґрунту, охарактеризувати біолого-морфологічні особливості формування продуктивності та визначити ефективність досліджуваних факторів в агроценозі сої.

Матеріали та методи дослідження. Експериментальні дослідження проведено впродовж 2014-2018 років на дослідному полі ПФ «Богдан і К» Снятинського району Івано-Франківської області за загальноприйнятими методиками. Господарство, відповідно до «Угоди про наукову співпрацю» із [ЗВО «Подільський державний університет»](#) і асоціацією «Біоконверсія», є базовим підприємством з виконання наукових досліджень, випробування і впровадження у виробництво регуляторів росту рослин, деструкторів, нових органічних добрив, вироблених підприємствами асоціації «Біоконверсія».

Технологія вирощування сої загальноприйнята для зони. Попередник – пшениця озима.

Після закінчення збирання пшениці озимої, соломі та інші рослинні рештки (4-5 т/га) обприскували розчином у воді деструктором «Вермисти Д» (300-400 л води на 1 га) і вносили згідно схеми досліду по 4 т/га органічних добрив «Біоферм» або «Біогумус», або 10 т/га гноївки.

Сендецький В. М., Центило Л. В., Мельничук Т. В.

Заробляння стерні і органічних добрив проводили дисковим луцильником ЛДП-4 на глибину 6-8 см з наступною сівбою сидератів сівалкою СЗ-36 на глибину 4-5 см. Подрібнені сидерати восени приорювали на глибину 20-22 см. Навесні проводили ранньовесняне боронування та під передпосівну культивуацію вносили добрива $N_{10}P_{18}K_{22}$.

Дослідження виконано відповідно до принципу єдиної логічної відміни, правил доцільності, точності та вірогідності результатів досліду з веденням необхідної документації. Під час обліку врожайності культури та у процесі визначення якісних показників зерна використано державні стандарти та технічні умови.

За роки виконання дослідження метеорологічні умови були типовими і повною мірою відображали агроекологічні та кліматичні ресурси західного Лісостепу України, що уможливило використовувати експериментальні дані у виробничих умовах.

Ґрунт дослідних ділянок характеризувався такими агрохімічними показниками: уміст азоту, що легко гідролізується за Корнфілдом – 67-76 мг/кг; рухомого фосфору і обмінного калію за Чиріковим – відповідно 118-124 і 108-113 мг/кг; рН_{сол.} потенціометричним методом) – 4,54-5,20; уміст гумусу за Тюрінім – 3,05-3,39 %.

Висівали насіння сої сівалкою СЗ-36 міжряддями 12,5 см. Норма висіву сортів Богеміанс та Сузір'я в дослідах складала 650 тис. схожих частин на 1 га. Строк сівби сої визначали встановленням сталої температури ґрунту на глибині заробляння насіння в межах +12°C.

Схема досліду: фактор А – удобрення: гірчиця біла на сидерат; органічні добрива гноївка (10 т/га), Біогумус (4 т/га), «Біопроферм» (4 т/га); фактор В – деструкція препаратом «Вермистим Д» (7 л/га); фактор С – сорти сої Богеміанс, Сузір'я.

Площа ділянки – 100 м², облікова 80 м², повторення – триразове. Збирання врожаю здійснювалось прямим комбайнуванням SAMPO-500.

Математичний аналіз показників врожайності виконано з використанням дисперсійного і кореляційно-регресійного методів на комп'ютері з використанням сучасних пакетів прикладних програм Excel, Statistica 6,0 [12].

Результати дослідження та їх обговорення. Проведення деструкції соломи препаратом «Вермистим-Д» сумісно із внесенням органічних добрив «Біогумус», «Біопроферм», гноївки з сівбою гірчиці білої на сидерат покращило агрофізичні, агрохімічні показники та біологічні властивості ґрунту. Водотривкість структурних агрегатів орного шару ґрунту за роки дослідження була

Сендецький В. М., Центило Л. В., Мельничук Т. В. вищою на 5-10 відносних % порівняно до контролю.

На час сівби сої загальна шпаруватість шару ґрунту 0-10 см підвищилась на 8,4-9,9 %, шару 10-20 см на 6,1-8,1. Щільність орного шару стала на 0,09-0,06 г/см³ меншою на час посіву сої і на 0,10-0,05 г/см³ на час збирання сої. Вміст вологи в орному шарі ґрунту був вищим на час сівби на 1,7-2,0%, на час збирання – на 2,5-3,1% порівняно до контролю.

За роки досліджень встановлено тенденцію підвищення вмісту гумусу в ґрунті на 0,08-0,17%, зменшення кислотності ґрунтів на 0,5-0,8, а виділення вуглекислого газу (СО₂) збільшувалося на 67 мгСО₂/м² за добу в фазу сходів, на 148 мгСО₂/м² за добу у фазу початок цвітіння порівняно до контролю.

За результатами обліків, густина стояння рослин в період сходів сорту Богеміанс становила 58565 тис./га що на 3,250 тис./га більше порівняно до контролю, при виживанні рослин 92,7 % що на 3,5% більше контролю, а сорту Сузір'я – 57655 тис./га що на 2,535 тис./га більше контролю, при виживанні рослин 92,0% що на 2,9%

більше контролю на варіанті проведення деструкції соломи і внесенням по 4 т/га органічного добрива «Біопроферм» з висіванням гірчиці білої на сидерат. Найкращі показники висоти рослин сої сортів Богеміанс і Сузір'я становили, відповідно, 91,8 і 90,9 см, що на 6,7 і 6,6 см більше, висота прикріплення нижнього бобу, відповідно, 13,7 і 13,5 см, що на 2,1 і 2,5 см більше порівняно до контролю.

Дослідженнями встановлено пряму лінійну корелятивну залежність висоти рослин сої від застосування соломи, сидератів та органічних добрив (рис. 1). Найвищі значення результативних показників в обох випадках отримано у варіанті дослідження за проведення обприскування післяжнивних решток попередника деструктором Вермистим Д, 7 л/га, внесення ОД Біопроферм, 4 т/га і сівби гірчиці білої.

Коефіцієнт детермінації R² у межах від 0,84 до 0,98 свідчить про лінійну функціональну залежність між досліджуваними варіантами та результативними значеннями показників.

Сендецький В. М., Центило Л. В., Мельничук Т. В.

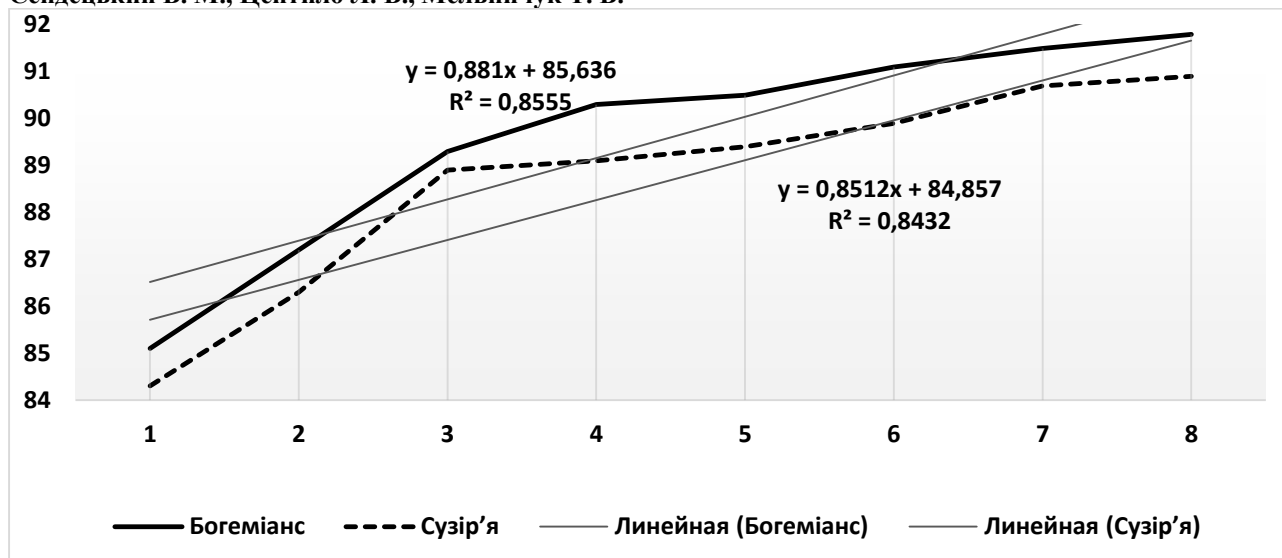


Рис. 1. Лінійна статистична залежність висоти рослин сої у фазі дозрівання від застосування соломи, сидерату та органічних добрив (середнє за 2014-2018 рр.), см.

Тривалість періоду вегетації сої сорту Богеміанс становила 104,6-106,0 днів, сорту Сузір'я – 114,4-113,5 днів, що відповідно на 1,6-2,6 та 3,5-4,4 днів більше порівняно з контролем.

Дослідженнями встановлено, що проведення деструкції решток попередника препаратом Вермистим-Д, 7 л/га за внесення органічних добрив Біопроферм, 4 т/га або Біогумус, 4 т/га, або гноївки, 10 т/га з наступною сівбою на сидерат гірчиці білої забезпечило значне зменшення забур'яненості посівів сої. Кількість бур'янів в посівах сої стала на 121-94 шт. /м² меншою порівняно до контролю (рис. 2).

Математично-статистичним аналізом встановлено вплив

деструкції соломи і решток попередника, органічних добрив і сидератів на забур'яненість посівів сої. Побудовані кореляційно-регресійні моделі залежностей вказують на прямий лінійний вплив досліджуваних факторів на забур'яненість посівів сої. Оптимальним був варіант із внесенням органічних добрив Біопроферм, 4 т/га + сівба гірчиці білої на сидерат. Коефіцієнт детермінації має високі значення ($R^2=0,8514$), що підтверджує вагомий вплив досліджуваних варіантів на результативні ознаки.

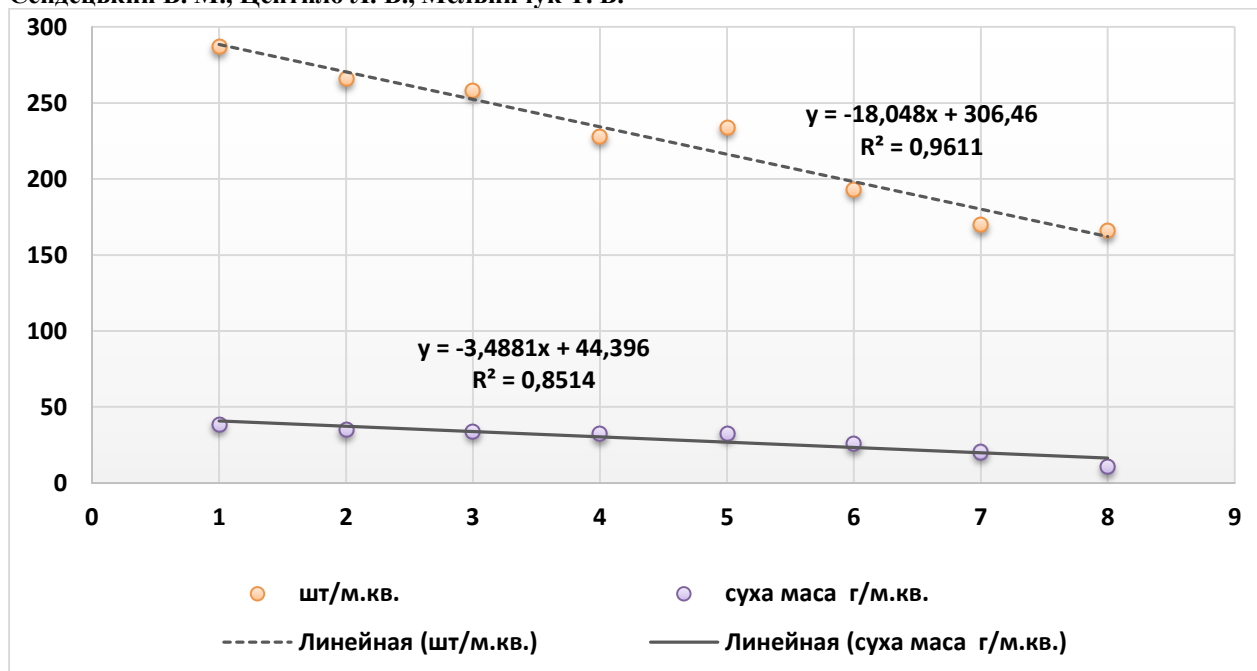


Рис. 2. Лінійна статистична залежність забур'яненості посівів сої за застосування соломи, сидератів та органічних добрив (середнє за 2014-2018 рр.)

Встановлено, що у кінці фази цвітіння найбільша площа листкової поверхні агроценозу сої, яка була у сорту Богеміанс 42,4 тис. м²/га, що на 8,3 тис. м²/га більше і у сорту Сузір'я – 41,8 тис. м²/га, що на 8,0 тис. м²/га більше, а чиста продуктивність фотосинтезу рослин сої у фазу цвітіння становила, відповідно, 11,84 і 11,65 г/м² на добу, що на 1,61 і 1,78 г/м² на добу більше порівняно до контролю.

За результатами аналізу залежності продуктивності

фотосинтезу рослин досліджуваних сортів сої Богеміанс та Сузір'я у фазу цвітіння від застосування соломи, сидератів і органічних добрив встановлено прямий лінійний зв'язок між результативною та варіативною ознаками, що демонструє зростання чистої продуктивності фотосинтезу рослин сої залежно від застосування варіантів удобрення. Високі значення показників детермінації R² вказують на сильний прямий зв'язок між досліджуваними факторами (рис.3).

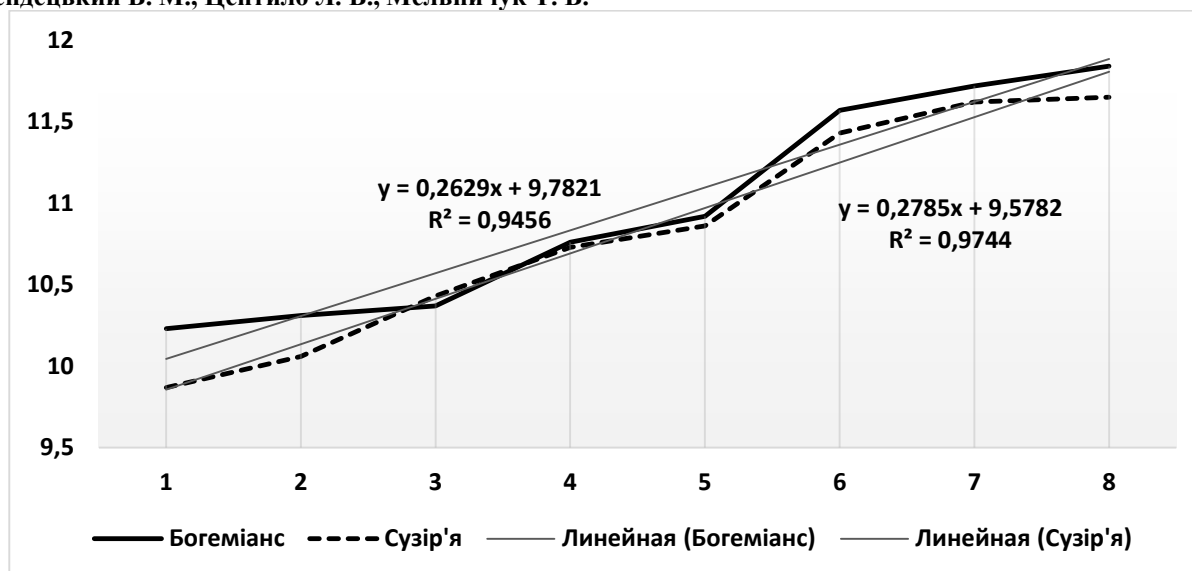


Рис. 3. Лінійна статистична залежність продуктивності фотосинтезу сої сортів Богеміанс і Сузір'я за сумісного застосування соломи, сидератів і органічних добрив (середнє за 2014-2018 рр.)

Найвищі показники нагромадження сухих речовин спостерігались у фазу дозрівання – 6,32 т/га у сорту Богеміанс та 5,94 т/га у сорту Сузір'я, що відповідно на 2,29 т/га і на 2,33 т/га більше порівняно до контролю. В усіх варіантах фотосинтетичний потенціал посівів сої був на 0,255-0,429 млн.м²дн./га більшим, чиста продуктивність фотосинтезу рослин у фазі цвітіння була більшою на 0,94-1,81 г/м² за добу порівняно до контролю. Найкращі показники фотосинтетичного потенціалу посівів були у варіанті проведення деструкції соломи препаратом «Вермистим Д» в дозі 7 л/га із одночасним внесенням органічного добрива «Біоферм» в дозі 4 т/га в поєднанні із сівбою на сидерат гірчиці білої у сорту Богеміанс – 2,485 млн.м²дн./га, що більше на 0,429 млн.м²дн./га порівняно до контролю.

Кількість бобів на рослинах була в межах від 28 і 29 (на контролі) до 49 і 50 шт. у сортів, відповідно, Богеміанс і Сузір'я у варіантах сумісного застосування органічних добрив і сидератів. У цьому варіанті було обліковано і найбільшу кількість насінин на рослинах у сорту Богеміанс – 84 шт., що більше на 35 шт. та у сорту Сузір'я – 85 шт., що більше на 37 шт. до контролю.

Проведений аналіз результатів дослідження показав, що існує пряма лінійна залежність між застосуванням різних систем удобрення та продуктивністю рослин сої, зокрема за показником маси 1000 насінин. Отримана залежність між досліджуваними показниками наведена рівнянням регресії: для сорту Богеміанс – $y = 3,3643x + 138,26$, для сорту Сузір'я – $y = 3,2345x + 139,06$ (рис. 4).

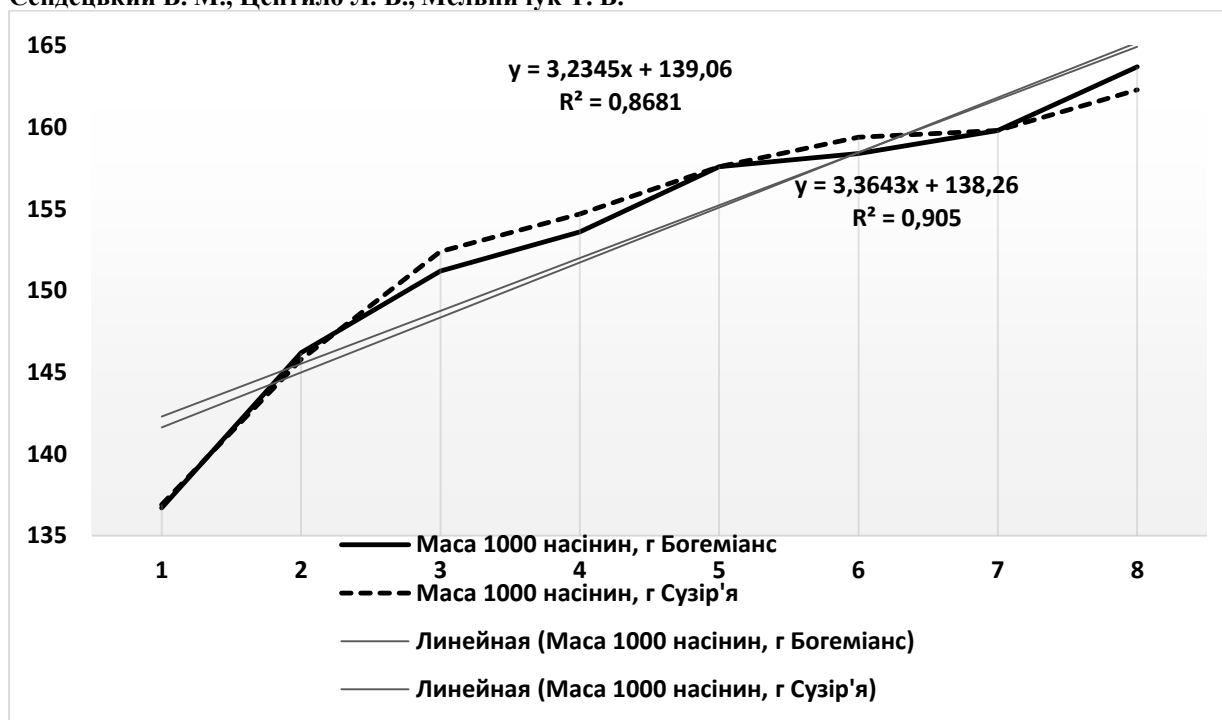


Рис. 4. Лінійна статистична залежність маси 1000 насінин та продуктивністю сої за сумісного застосування соломи, органічних добрив і сидерату (середнє за 2014-2018 рр.)

Високі значення коефіцієнтів детермінації $R^2 = 0,905$ та $R^2 = 0,8681$ свідчать про закономірність такої залежності. Тобто, за застосування продуктивних новітніх систем удобрення зростає показник маси 1000 насінин рослин сої, що вказує на продуктивність сої та є передумовою до вибору досліджуваних сортів сої і технологій вирощування для впровадження їх у виробництво.

Результатами досліджень встановлено, що найвища урожайність насіння сої сорту Богеміанс була у варіанті проведення деструкції соломи з одночасним внесенням органічного добрива

«Біоферм» (4 т/га), виготовленого методом пришвидженої біоферментації та заробленням в ґрунт зеленої маси гірчиці білої і становила 3,58 т/га або на 1,32 т/га більше порівняно до контролю (табл. 1).

Досліджено, що у варіантах сумісного застосування соломи, органічних добрив «Біогумус», «Біоферм» в дозі по 4 т/га, гноївки – по 10 т/га в поєднанні з сівбою гірчиці білої приріст урожайності сої сорту Богеміанс становив 0,97-1,32т/га, сої сорту Сузір'я – 0,89-1,26т/га порівняно до контролю.

Сендецький В. М., Центило Л. В., Мельничук Т. В.

Урожайність сої залежно від використання соломи, органічних добрив та сидерату (середнє у 2014-2018 рр.), т/га

Варіант досліджу (Фактор А)	Урожайність, т/га							
	2014	2015	2016	2017	2018	Середнє за 5 років	± до контролю	
							т/га	%
сорт Богеміанс (Фактор В – В ₁)								
1	2,16	1,72	2,45	2,61	2,38	2,26	-	-
2	2,55	1,94	2,85	3,08	2,84	2,65	0,39	17,2
3	2,70	2,18	3,02	3,37	3,04	2,86	0,60	26,5
4	2,97	2,47	3,38	3,50	3,27	3,12	0,86	38,1
5	3,03	2,44	3,55	3,56	3,32	3,18	0,92	40,7
6	3,18	2,56	3,37	3,70	3,36	3,23	0,97	42,9
7	3,41	2,84	3,72	3,98	3,54	3,50	1,24	54,9
8	3,52	2,77	3,86	4,12	3,65	3,58	1,32	58,4
сорт Сузір'я (Фактор В – В ₂)								
1	2,04	1,63	2,01	2,35	2,14	2,03	-	-
2	2,36	1,77	2,33	2,88	2,44	2,36	0,33	16,2
3	2,58	1,97	2,54	3,10	2,63	2,56	0,53	26,1
4	2,82	2,28	2,76	3,28	2,87	2,80	0,77	37,9
5	2,90	2,30	2,82	3,36	2,92	2,86	0,83	40,9
6	2,89	2,38	2,92	3,42	2,98	2,92	0,89	43,8
7	3,16	2,55	3,25	3,67	3,28	3,18	1,15	56,7
8	3,34	2,59	3,27	3,78	3,46	3,29	1,26	62,1
<i>НІР_{0,5} фактор А</i>	-	-	-	-	-	0,03	-	-
<i>НІР_{0,5} фактор В</i>	-	-	-	-	-	0,08	-	-
<i>НІР_{0,5} в.з.д.АВ</i>	-	-	-	-	-	0,01	-	-

Варіант досліджу: 1 - Контроль (обприскування деструктором Вермистим-Д, 7 л/га); 2 - обприскування деструктором Вермистим-Д, 7 л/га + сівба сидерату гірчиці білої; 3 - внесення ОД гноївка, 10 т/га; 4 - внесення ОД Біогумус, 4 т/га; 5 - внесення ОД Біоферм, 4 т/га; 6 - обприскування деструктором Вермистим-Д, 7 л/га + внесення ОД гноївка, 10 т/га + сівба гірчиці білої; 7 - обприскування деструктором Вермистим-Д, 7 л/га + внесення ОД Біогумус, 4 т/га + сівба гірчиці білої; 8 - обприскування деструктором Вермистим-Д, 7 л/га + внесення ОД Біоферм, 4 т/га + сівба гірчиці білої.

За результатами біохімічного найвищий вміст білку у сорту аналізу зерна сої встановлено Богеміанс – 43,1 % або на 2,8 %

Сендецький В. М., Центилю Л. В., Мельничук Т. В. більше, порівняно до контролю, у варіанті проведення деструкції соломи препаратом «Вермистим-Д» в дозі 7 л/га і внесенням органічного добрива «Біопроферм» в дозі 4 т/га в поєднанні із сівбою на сидерат гірчиці білої. У цьому варіанті отримано найвищі показники вмісту сирого жиру 21,43 % (+ 1,51% до контролю) та зменшення вмісту сирого золи на 0,2 %.

Встановлено, що найкращі показники економічної ефективності вирощування сої були у варіантах проведення деструкції соломи препаратом «Вермистим-Д», внесення органічних добрив «Біопроферм» з наступною сівбою гірчиці білої на сидерат де умовно чистий дохід сорту Богеміанс становив 21,28 тис грн./га, сорту Сузір'я – 19,06 грн./га, що порівняно до контролю більше на 8,65 і 8,54 тис. грн./га, рівень рентабельності був більший, відповідно, на 18,4% і 28,2% собівартість зменшилася, відповідно, на 0,35 і 0,61 тис. грн./т.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Проведення деструкції соломи препаратом «Вермистим-Д» сумісно із внесенням органічних добрив «Біогумус», «Біопроферм», гноївки з наступною сівбою гірчиці білої на сидерат покращило агрофізичні, агрохімічні показники відмічено тенденцію підвищення вмісту гумусу в ґрунті на 0,08-0,17 %, зменшення

кислотності ґрунтів на 0,5-0,8 порівняно до контролю.

2. У всіх варіантах застосування органічного удобрення встановлено покращення біометричних показників формування агроценозу. Зокрема у варіанті проведення деструкції соломи препаратом «Вермистим-Д» 7 л/га, внесення органічного добрива «Біопроферм», 4 т/га з наступною сівбою гірчиці білої на сидерат показники лінійного росту рослин сої на 6,7 і 6,6 см, висота прикріплення нижнього бобу на 2,1 і 2,5 см, тривалість вегетаційного періоду на 1,6-2,6 та 3,5-4,4 днів сої сортів Богеміанс та Сузір'я відповідно були більшими порівняно до контролю. Площа листової поверхні у завершенні фази цвітіння сорту Богеміанс на 8,3 тис. м²/га, сорту Сузір'я – на 8,0 тис. м²/га, чиста продуктивність фотосинтезу у фазу цвітіння – на 1,61 і 1,78 г/м² на добу, що забезпечило найвищі показники нагромадження сухих речовин у фазу дозрівання – відповідно, на 2,29 т/га і на 2,33 т/га більше контролю.

3. Досліджувані елементи технології вирощування впливали на забур'яненість посівів сої. Кількість бур'янів в агроценозі зменшувалась на 121-94 шт. /м² порівняно до контролю.

4. Застосування досліджуваних елементів органічного удобрення сприяло збільшенню формування репродуктивних органів, зокрема, кількість бобів на рослинах збільшувалась від 28 (на контролі) до

Сендецький В. М., Центилю Л. В., Мельничук Т. В. 49 і від 29 до 50 шт., маса 1000 насінин збільшувалася на 19,7% і 18,5% відповідно у сортів Богеміанс і Сузір'я порівняно до контролю.

5. За застосування елементів органічного удобрення в усіх варіантах до контролю зростала продуктивність сортів сої Богеміанс та Сузір'я з найвищими показниками урожайності відповідно 3,58 та 3,29 т/га, що більше на 1,32 і 1,26 т/га.

6. Встановлено поліпшення якісних показників зерна сої у всіх варіантах дослідів. Найвищий вміст білку 43,1% (+ 2,8%), сирого жиру 21,43% (+ 1,51%) та зменшення вмісту сирого золи на 0,2% порівняно до контролю були у сорту Богеміанс.

7. У варіанті проведення деструкції соломи препаратом «Вермистим-Д» (7 л/га), внесення органічного добрива «Біопроферм» (4 т/га) з наступною сівбою гірчиці білої

на сидерат отримано найвищі показники економічної ефективності вирощування сої: умовно чистий дохід у сорту Богеміанс становив 21,28 тис. грн./га, у сорту Сузір'я – 19,06 тис. грн./га, що відповідно більше на 8,65 і 8,54 тис. грн./га; рівень рентабельності – на 18,4% і 28,2 %; собівартість зменшилася на 0,35 і 0,61 тис. грн./т порівняно до контролю.

Таким чином, за сучасних складних економічних умов ефективно використання соломи та післяжнивних решток, збільшення площі під сидератами, залучення в технологіях вирощування культур вторинної продукції сільськогосподарського виробництва стає стратегічним напрямом збереження родючості ґрунту та підвищення ефективності розвитку агропромислового комплексу України.

Список використаних джерел

1. Бабич А. О., Бахмат М. І., Бахмат О. М. Соя – агроекологічні основи вирощування, переробки і використання. Київ : Медобори-2006, 2013. 368 с.

2. Балаєв А. Д., Піковська О. В. Використання соломи у відновленні родючості ґрунтів. Київ : ТОВ «ЦП Компринт», 2016. 244 с.

3. Бердніков О. М., Волкогон В. В., Потапенко Л. В., Мілютенко Т. Б. Науково-методичні рекомендації з ефективного використання сидератів у сучасному землеробстві. Чернігів : ЦНТІ, 2012. 25 с.

4. Біологізація землеробства в Україні: реалії та перспективи : монографія / В. В. Іванишин, М. В. Роїк, І. А. Шувар, Л. В. Центилю, В. М. Сендецький, О. М. Бунчак, Н. М. Колісник та ін. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2016. 284 с.

5. Буряк Ю. І., Огурцов Ю. Є., Чернобаб О. В., Клименко І. І. Ефективність застосування регуляторів росту рослин та мікродобрива в насінництві соняшнику. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 16. С. 20–25.

6. Гірчиця біла та її ефективне використання в біологізації землеробства / І. А. Шувар, І. Є. Бойко, Н. М. Лис, Р. А. Верещинський. Львів : ЛНАУ, 2009. 29 с.

7. Гнидюк В. С., Мельник І. П. Технологічні аспекти переробки органічних відходів тваринницьких комплексів і птахофабрик методом біологічної ферментації в органічні добрива нового покоління «Біопроферм». *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. Кам'янець-Подільський, 2009. № 17. С. 97–101.

Сендецький В. М., Центило Л. В., Мельничук Т. В.

8. Культура сидерації. Наукові основи ефективного застосування зелених добрив у господарствах різних форм власності / В. Ф. Камінський та ін. / за наук. ред. д-ра с.-г. наук проф. Е. Г. Дегодюка, д-ра с.-г. наук акад. НААН С. Ю. Булигіна. Київ : Аграрна наука, 2013. 80 с.

9. Мельник І. П. Екологічні препарати в технологіях вирощування. Івано-Франківськ, 2010. 18 с.

10. Пономаренко С. П. Регулятори росту рослин. Київ, 2003. 219 с.

11. Рекомендації щодо використання соломи, пожнивних решток і культивація сидеральних культур для підвищення та збереження родючості ґрунтів / В. П. Ситник, М. Д. Безуглий, В. В. Адамчук та ін. Київ : ННЦ «ІМЕСГ», 2010. 36 с.

12. Ушкаренко В. О. та ін. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон : Айлант, 2013. 378 с.

13. Центило Л. В., Сендецький В. М. Біологічна ефективність використання біодеструкторів НТЗ. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. № 2 (42). Т. 1. Житомир. 2014. С. 93–99.

14. Daniels RW, Scarisbrick DH, Chapman JF, Rawi ABN. The influence of plant growth regulators on the growth, development and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). In: McLaren JS, editor. *Chemical Manipulation of Crop Growth and Development*. London, UK: Butterworths, London, 1982. pp. 153–164.

15. Heinrich, J., Petersen, V. Zwischen Sorge und Hoffnung. Was bringt die Agrarreform dem Maisanbau mais, 32, 2004, 4, 124–128.

References

1. Babych A. O., Bakhmat M. I., Bakhmat O. M. (2013). Soya – ahroekolohichni osnovy vyroshchuvannya, pererobky i vykorystannya. Kyiv : Medobory-2006, 2013. 368 s.

2. Balayev A. D., Pikovs'ka O. V. (2016). Vykorystannya solomy u vidnovlenni rodyuchosti gruntiv. Kyiv: TOV «TSP Kompynt», 2016. 244 s.

3. Berdnikov O. M., Volkohon V. V., Potapenko L. V., Milyutenko T. B. (2012). Naukovo-metodychni rekomendatsiyi z efektyvnoho vykorystannya syderativ u

suchasnomu zemlerobstvi. Chernihiv : TSNTI, 25 s.

4. Biolohizatsiya zemlerobstva v Ukrayini: realiyi ta perspektyvy (2016): monohrafiya /V. V. Ivanyshyn, M. V. Royik, I. A. Shuvar, L. V. Tsentylo, V. M. Sendets'kyu, O. M. Bunchak, N. M. Kolisnyk ta in. Ivano-Frankivs'k : Symfoniya forte. 284 s.

5. Buryak YU. I., Ohurtsov YU. YE., Chernobab O. V., Klymenko I. I. (2014). Efektyvnist' zastosuvannya rehulyatoriv rostu roslyn ta mikroдобryva v nasinnytstvi sonyashnyku. Visnyk TSNZ APV Kharkivs'koyi oblasti. Vyp. 16. S. 20–25.

6. Hirchysya bila ta yiyi efektyvne vykorystannya v biolohizatsiyi zemlerobstva (2009). /I. A. Shuvar, I. YE. Boyko, N. M. Lys, R. A. Vereshchyns'kyu. L'viv : LNAU, 29 s.

7. Hnydyuk B. C., Mel'nyk I. P. (2009). Tekhnolohichni aspekty pererobky orhanichnykh vidkhodiv tvarynnyts'kykh kompleksiv i ptakhofabryk metodom biolohichnoyi fermentatsiyi v orhanichni dobryva novoho pokolinnya «Bioproferm». Zbirnyk naukovykh prats' Podil's'koho derzhavnoho ahrarno-tekhnichnoho universytetu. Kam'yanets'-Podil's'kyu, № 17. S. 97–101.

8. Kamins'kyu V. F. ta in. (2013). Kul'tura syderatsiyi. Naukovi osnovy efektyvnoho zastosuvannya zelenykh dobryv u hospodarstvakh riznykh form vlasnosti / za nauk. red. d-ra s.-h. nauk prof. E. H. Dehodyuka, d-ra s.-h. nauk akad. NAAN S. YU. Bulyhina. Kyiv : Ahrarna nauka, 80 s.

9. Mel'nyk I. P. (2010). Ekolohichni preparaty v tekhnolohiyakh vyroshchuvannya. Ivano-Frankivs'k, 18 s.

10. Ponomarenko S. P. (2003). Rehulyatory rostu roslyn. Kyiv, 219 s.

11. Rekomendatsiyi shchodo vykorystannya solomy, pozhnyvnykh reshtok i kul'tyvatsiya syderal'nykh kul'tur dlya pidvyshchennya ta zberezheniya rodyuchosti gruntiv (2010). / V. P. Sytnyk, M. D. Bezuhlyy, V. V. Adamchuk ta in. Kyiv : NNTS «IMES-H», 36 s.

12. Ushkarenko V. O. et al. (2013). Statistical analysis of the results of field experiments in agriculture. Kherson. Ailant, 378

Сендецький В. М., Центило Л. В., Мельничук Т. В.

13. Tsentylo L. V., Sendets'kyu V. M. (2014). Biolozhichna efektyvnist' vykorystannya biodestruktoriv NTZ. Visnyk Zhytomyr'skoho natsional'noho ahroekolohichnoho universytetu. № 2 (42). T. 1. Zhytomyr. S. 93–99.

14. Daniels RW, Scarisbrick DH, Chapman JF, Rawi ABN (1982). The influence of plant growth regulators on the growth,

development and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). In: McLaren JS, editor. Chemical Manipulation of Crop Growth and Development. London, UK: Butterworths, London, pp. 153–164.

15. Heinrich, J., Petersen, V. (2004). Zwischen Sorge und Hoffnung. Was bringt die Agrarreform dem Maisanbau mais, 32, 4, pp. 124–128.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZER ELEMENTS ON FORMING THE PRODUCTIVITY OF SOY AGRICULTURAL CULTIVATION

V. M. Sendetsky, L. V. Centilo, T. V. Melnichuk

Abstract. *The results of studies on the influence of organic fertilization using straw, siderates, manure, the latest organic fertilizers "Biohumus", "Bioproferm" on improving soil fertility and forming the productivity of the soybean agrocenosis are given, and the economic efficiency of agricultural measures is determined. The improvement of agrophysical and agrochemical parameters was established, the trend of increasing the content of humus in the soil by 0.08-0.17 %, the decrease of the acidity of the pH of salt by 0.5-0.8 compared to the control was noted.*

In all variants of the experiment, improvements in biometric indicators of agrocenosis formation, increase in leaf surface area, net productivity of photosynthesis, indicators of accumulation of dry matter were noted. The researched elements of the growing technology affected the reduction of weediness of soybean crops, contributed to the increase in the formation of the number of beans per plant and the weight of 1000 seeds.

With the use of elements of organic fertilizer in all variants of the control, the productivity of soybean varieties Bohemians and Suzirya increased, with the highest productivity indicators of 3.58 and 3.29 t/ha, respectively, which is more by 1.32 and 1.26 t/ha. The improvement of quality indicators of soybean grain was established.

The largest conditionally net income of the Bohemian and Constellation varieties was obtained in the variant of straw destruction with the preparation "Vermystim-D" (7 l/ha), application of organic fertilizer "Bioproferm" (4 t/ha) with the following sowing of white mustard on siderate: respectively by 8.65 and 8.54 thousand hryvnias/ha; profitability level – by 18.4 and 28.2 %; the cost price decreased by 0.35 and 0.61 thousand hryvnias/ton compared to the control.

Keywords: *fertilizers, agricultural crops, productivity, soil, quality indicators, "Biohumus", "Bioproferm"*

**ЕКОЛОГІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ ТА СТАБІЛЬНІСТЬ ГІБРИДІВ
КУКУРУДЗИ ПРИ СЕЛЕКЦІЇ НА ЯКІСТЬ ЗЕРНА****Р. О. СПРЯЖКА**, аспірант

E-mail: roman.spriazhka@nubip.edu.ua

В. Л. ЖЕМОЙДА, кандидат сільськогосподарських наук, професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: wisena.seeds@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.007>

Анотація. Визначення екологічної стабільності є невід'ємною частиною екологічного сортовипробування сортів та гібридів сільськогосподарських культур. Завдяки отриманим даним можна робити висновки щодо витривалості, адаптивного потенціалу та пристосовуваності до умов вирощування нових гібридів кукурудзи. Визначення індексу умов середовища, коефіцієнтів екологічної пластичності та стабільності забезпечують підґрунтя для рекомендації гібридів кукурудзи при вирощуванні в певних еколого-географічних та ґрунтово-кліматичних умовах.

Випробування експериментальних гібридів кукурудзи у 2021 році проводили у трьох локаціях: відокремленому підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» (Білоцерківський район Київської обл.); товаристві з обмеженою відповідальністю «Агрофірма «Колос» (Сквирський район Київської обл.); Національному Центрі генетичних ресурсів рослин України (Харківський район Харківської обл.). Матеріал досліджень – 8 експериментальних гібридів кукурудзи, материнськими формами яких є інбредні лінії ВК13, ВК69 та АЕ801. Індекс умов середовища, коефіцієнти екологічної пластичності та стабільності розраховували за методикою Еберхарта-Рассела.

Середня урожайність досліджуваних гібридів в умовах ВП «Агрономічна дослідна станція» НУБіП України становила 5,24 т/га, в умовах ТОВ «Агрофірма «Колос» – 6,04 т/га, в умовах НЦГРР України – 8,24 т/га. Встановлено, що оптимальні умови для росту і розвитку рослин кукурудзи у 2021 році були на дослідних полях НЦГРР України із індексом умов середовища – 0,38.

Коефіцієнт екологічної пластичності (лінійної регресії), за допомогою якого визначають реакцію гібридів на покращення умов вирощування, варіював в межах від -2,2 до 5,9. Крайні показники даного коефіцієнту відмічено у гібридів АЕ801хВК13 та ВК13хАК159.

Коефіцієнт екологічної стабільності (середньоквадратичне відхилення) був близьким до нуля, що свідчить про здатність експериментальних гібридів кукурудзи формувати урожайність незалежно від умов навколишнього середовища. Винятком є гібрид ВК69хУХК667 із коефіцієнтом (σ^2) 1,85 – він

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

потребує оптимальних умов вирощування для реалізації потенціалу урожайності.

Ключові слова: кукурудза, інбредна лінія, гібрид, індекс умов середовища, пластичність, стабільність

Актуальність. Кукурудза – тропічна культура з низькою толерантністю до низьких температур (нижче 10°C). Культура була завезена в південну Європу із тропіків Америки і тільки згодом адаптована до умов північних регіонів. Протягом переміщення із південних регіонів у північні, вона проходила природну і штучну селекцію та адаптацію до росту за понижених температур (Rodriguez, Butron & Malvar, 2008)

Для забезпечення потреб в продуктах харчування та кормах до 2050 року, важливо, щоб програми покращення кукурудзи зосередилися на створенні гібридів кукурудзи з високими адаптивними властивостями до змін клімату. Генетичні ресурси кукурудзи мають вирішальне значення для досягнення цієї мети. Зокрема, місцеві сорти кукурудзи, враховуючи їх тисячолітню еволюційну історію, мають широке генетичне різноманіття для підвищення продуктивності, адаптивності, харчової цінності та показників якості (Dwivedi et al., 2016).

Однією, із найбільш важливих проблем виробництва сільськогосподарської продукції є стійкість культурних рослин до несприятливих умов навколишнього

середовища. Ґрунтово-кліматичні умови України зумовлюють необхідність створення гібридів кукурудзи із високими показниками екологічної пластичності та стабільності (Красновський С.А., 2017).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з найбільш важливих і продуктивних сільськогосподарських культур в світі, основними напрямками використання якої є харчова промисловість, заготівля кормів та переробка на біопаливо. (Schnable et al., 2009) Культура представлена різноманіттям фенотипів та генотипів, які здатні адаптуватися до нових умов вирощування, завдяки успішній інтродукції та акліматизації із регіонів з тропічним кліматом до регіонів із помірним кліматом. Акліматизація мала значний вплив на метаболічні, морфологічні, адаптивні, фенологічні та цінні господарські властивості (Liu et al., 2015).

Більшість досліджень генетичного різноманіття місцевих сортів кукурудзи зосереджено на аналізі варіацій генетичних параметрів без особливої уваги до ознак, які впливають на стійкість до стресових умов середовища. Лише невелика кількість досліджень

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

спрямована на аналіз варіацій місцевих сортів кукурудзи за адаптивними властивостями (Nelimor et al., 2019).

Для раціонального аналізу потенціалу експериментальних гібридів кукурудзи необхідно отримати дані про їх екологічну стабільність і пластичність, які дають змогу рекомендувати оптимальні умови та регіони для впровадження у виробництво того чи іншого гібриду. В агрономічній термінології поняття «екологічно стійкий гібрид» має на увазі здатність гібриду формувати відносно стабільний рівень урожайності по рокам та різним еколого-географічним зонам (Децына, Илларионова, Щербинина, 2019).

Головним завданням селекційної роботи на сучасному етапі розвитку є поєднання високої продуктивності рослин із оптимальними показниками якості продукції і стійкістю до біотичних та абіотичних факторів (Філіпов та ін., 1996).

Реалії сьогодення, при створенні гібридів кукурудзи, передбачають прямий добір батьківських компонентів які можуть слугувати не лише джерелами високої продуктивності та якості продукції, а й толерантності до факторів несприятливих умов середовища. Як наслідок гібриди повинні володіти комплексом ознак, які визначають їх адаптивні властивості – екологічну

пластичність та стабільність (Філіпов та ін., 2001).

Класифікація гібридів за нормою реакції на умови вирощування включає розподіл на три групи:

1. Інтенсивні – потребують комфортних умов для росту і розвитку, оскільки мають широку норму реакції на ґрунтово-кліматичні умови. Здатні ефективно використовувати високий рівень агрофону.

2. Пластичні – характеризуються високою пластичністю та стабільністю в різних екологічних умовах за рахунок середньої норми реакції. Гібриди даної групи здатні пристосовуватись до мінливих умов зовнішнього середовища.

3. Гомеостатичні – за рахунок вузької норми реакції мають, відповідно, незначну реакцію на умови вирощування. Гібриди даної групи придатні для вирощування в зонах із низьким рівнем агрофону (Воскобойник, 2005).

Поділ гібридів на типи визначається їх екологічною пластичністю – зміни фенотипової експресії генотипу. Екологічну пластичність оцінюють як за урожайністю в цілому, так і за окремими ознакам (наприклад довжиною качана, кількістю рядів зерен, кількість зерен в ряду, тощо). Найбільш важливим показником є загальна урожайність, яка є економічною складовою

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

вирощування сільськогосподарських культур (Кравченко, 2012).

Екологічна пластичність – це ступінь пристосовуваності сорту або гібрида до умов навколишнього середовища. Чим ширше діапазон пристосовуваності, тим вище його екологічна пластичність. Екологічна стабільність – це здатність сорту або гібрида зберігати свою структуру і функції в процесі впливу внутрішніх і зовнішніх факторів середовища вирощування. Отже поняття «пластичність» та «стабільність» характеризують потенціал модифікаційної та генотипової мінливості, як окремих ознак та властивостей рослини, так і урожайності в цілому.

Фенотипова пластичність відіграє вирішальну роль у прояві фенотипової варіації численних ознак, які досліджувались у різних умовах вирощування як для окремих рослин, так і для популяцій (Pigliucci, 2005). Численні селекційні програми спрямовані на зниження пластичності, щоб стабілізувати продуктивність інбредних ліній і гібридів кукурудзи за різних умов вирощування, зокрема, намагаючись підтримувати високий урожай зерна. Однак збільшення пластичності дає рослинам змогу адаптуватися до варіацій умов вирощування, оптимізуючи індивідуальну зернову продуктивність за сприятливих умов, одночасно пом'якшуючи зниження продуктивності зумовлене

несприятливими кліматичними змінами (Kusmec et al., 2017).

Мета досліджень – визначення екологічної пластичності та стабільності експериментальних гібридів кукурудзи за показником урожайності в різних ґрунтово-кліматичних умовах, адаптивних властивостей гібридів та рекомендація умов вирощування для впровадження гібридів у виробництво.

Матеріали і методи досліджень. Екологічне випробування експериментальних гібридів у 2021 році проводили в умовах відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» (ВП НУБіП України «АДС»); товариства з обмеженою відповідальністю «Агрофірма «Колос» (ТОВ «Агрофірма «Колос»); Національного Центру генетичних ресурсів рослин України (НЦГРР України).

ВП «Агрономічна дослідна станція» НУБіП України розташована у Білоцерківському районі Київської області. За географічним положенням дослідне господарство розташоване в північній частині Правобережного Лісостепу України із типовими кліматичними умовами. Основна ґрунтова різноманітність дослідних полів – чорнозем типовий карбонатний малогумусний

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.
крупнопилувато-
середньосуглинковий.

ТОВ «Агрофірма «Колос» розташоване у Сквирському районі Київської області в зоні Правобережного Лісостепу України. Ґрунти господарства – чорноземи типові, малогумусні. Кліматичні умови типові для Правобережного Лісостепу України.

Дослідні поля НЦГРР України розташовані у Харківському районі Харківської області в типових, для східної частини Лісостепу України, умовах. Переважна більшість ґрунтів представлена слабо лужним, важкосуглинково-пилуватим чорноземом та характеризуються зернисто-грудкуватою структурою. Кліматичні умови місця випробувань – помірно-континентальний.

Попередником, в усіх варіантах, слугувала пшениця м'яка озима. Гербіциди, інсектициди, фунгіциди, мінеральні та органічні добрива не застосовувались.

Матеріалом досліджень слугували 8 експериментальних гібридів кукурудзи, материнськими формами яких є інбредні лінії ВК13, ВК69 та АЕ801.

$$Y = \frac{\sum Y_{ij}}{v \times n} \quad (1)$$

Де $\sum Y_{ij}$ – сума показників урожайності по гібридам та локаціям випробувань;

v – кількість досліджуваних гібридів

$$I_j = \frac{\sum Y_j}{v} - \frac{\sum \sum Y_{ij}}{v \times n} \quad (2)$$

Розміщення дослідних ділянок рендомізоване у трикратній повторюваності. Площа облікової ділянки – 9,8 м², кількість рослин на ділянці – 80-82 шт. (Доспехов, 2014).

Визначення урожайності виконували згідно методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (Ткачик та ін., 2016).

Дослідження із вивчення екологічної пластичності, стабільності та визначення індексу умов середовища вирощування виконувались за методикою Еберхарта-Рассела, яка основана на розрахунку параметрів коефіцієнту лінійної регресії bi (екологічна пластичність), дисперсії σd^2 (екологічна стабільність) та індексу умов середовища I_j (Eberhart & Russell, 1966).

Для розрахунку екологічної пластичності склали таблицю, куди заносили дані середньої урожайності гібридів та (Y_i) локаціям випробувань (Y_j).

Середню урожайність дослідів (Y) розраховували за формулою (1):

n – кількість локацій

Для визначення коефіцієнту екологічної пластичності bi (лінійної регресії) визначали індекс умов середовища за формулою (2):

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

Де $\sum Y_j$ – сума урожайності всіх гібридів в конкретній локації;

$\sum \sum Y_{ij}$ – сума урожайності всіх гібридів у всіх локаціях

$$b_i = \frac{\sum Y_{ij} I_j}{\sum I_j^2} \quad (3)$$

Де $\sum Y_{ij} I_j$ – сума добутків урожайності певного гібриду в конкретних умовах на відповідну величину індексу умов середовища;

$\sum I_j^2$ – сума квадратів індексів умов середовища.

$$x_i = Y_i + b_i \times I_j \quad (4)$$

Де Y_i – середня урожайність i -гібриду по локаціях випробування;

$b_i \times I_j$ – добуток коефіцієнта екологічної пластичності на індекс умов середовища.

$$\sigma_{ij} = Y_{ij} - x_i \quad (5)$$

Де Y_{ij} – фактична урожайність конкретного гібрида в конкретній локації;

x_i – теоретична урожайність гібриду в конкретній локації

$$\sigma d^2 = \frac{\sum \sigma_{ij}^2}{v-2} \quad (6)$$

Де $\sum \sigma_{ij}^2$ – сума квадратів відхилень фактичної урожайності від теоретичної.

Результати досліджень та їх обговорення. В умовах ВП НУБіП України «АДС» було досліджено 8 експериментальних гібридів кукурудзи: ВК13хFV243, ВК69хУХК667, ВК69хВК13, АЕ801хВК13, ВК13хВК11, ВК13хNP2143, ВК13хАК159, АЕ801хВК69, а їх середня урожайність становила 6,73 т/га.

Далі для кожного гібриду розраховували коефіцієнт регресії, який характеризує екологічну пластичність за формулою (3):

Щоб визначити екологічну стабільність необхідно розрахувати теоретично можливу урожайність для кожного гібриду окремо за формулою (4):

Відхилення фактичної урожайності від теоретичної визначають за формулою (5):

Коефіцієнт екологічної стабільності (середньоквадратичне відхилення) визначається за формулою (6):

Другою локацією досліджень були умови ТОВ «Агрофірми «Колос», де було досліджено 7 експериментальних гібридів кукурудзи: ВК69хУХК667, ВК69хВК13, ВК13хВК11, ВК13хNP2143, ВК13хFV243, АЕ801хВК19, АЕ801хВК69. Середня урожайність яких становила 6,04 т/га, що лише на 16 % вище, ніж у аналогічних гібридів в умовах ВП НУБіП України «АДС» – 5,24 т/га. Така незначна різниця показників

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

рівня урожайності зумовлена, насамперед, відносною схожістю ґрунтового покриву та кліматичних умов, оскільки обидві точки випробувань розташовані в зоні північної частини Правобережного Лісостепу України. Найвищу серед випробовуваних гібридів урожайність сформували гібриди: ВК69хУХК667 – 7,31 т/га, ВК13хВК11 – 6,89 т/га.

До НЦГРР України для вивчення було передано експериментальні гібриди АЕ801хВК13, ВК69хВК13, ВК13хFV243, ВК69хУХК667,

ВК69хQ170 та ВК13хАК159. Досліджувані експериментальні гібриди, в ґрунтово-кліматичних умовах дослідних полів НЦГРР України, сформували середню урожайність на рівні 8,24 т/га, що на 48% вище ніж аналогічні гібриди в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» – 5,6 т/га. Серед вищенаведених гібридів слід виокремити гібриди ВК69хУХК667 та ВК13хАК159, які, в умовах НЦГРР України сформували урожайність на рівні 9,40 т/га та 10,25 т/га відповідно (рис. 1).

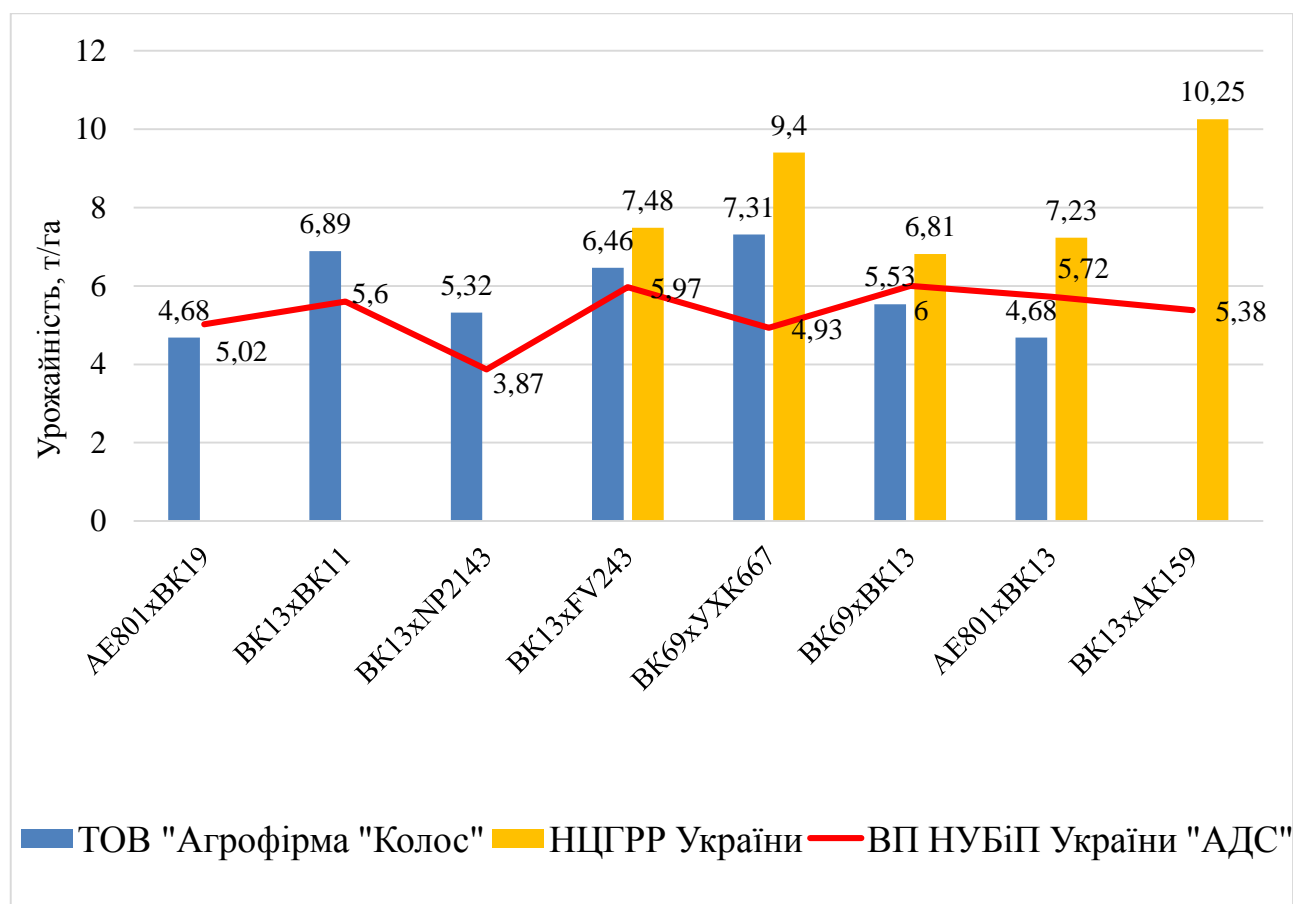


Рис. 1. Урожайність експериментальних гібридів в умовах ТОВ «Агрофірма «Колос», НЦГРРУ, ВП НУБіП України «АДС», 2021 р.

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

Індекс умов середовища характеризує мінливість умов вирощування. Індокси умов середовища можуть приймати як додатні значення – що свідчить про кращі умови для росту і розвитку генотипів, так і від’ємні значення – які негативно характеризують умови вирощування (Багатченко, Жемойда, Спряжка, 2019).

Результати досліджень свідчать про те, що кращими умовами навколишнього середовища у 2021 році, згідно індексу умов середовища (I_j) характеризувались дослідні поля НЦГРР України ($I_j = 0,38$) (табл. 1).

Коефіцієнт лінійної регресії (bi) показує їх реакцію на покращення умов вирощування. Чим вище коефіцієнт (bi), тим вищим відгуком до покращення умов вирощування характеризується гібрид.

Найвищий показник екологічної пластичності встановлено у гібридів АЕ801хВК13 ($bi = 3,6$) та ВК13хАК159 ($bi = 5,9$), що вказує на їх позитивну реакцію при використанні інтенсивного типу господарювання. Дані гібриди потребують високого рівня агротехніки, оскільки лише в цьому випадку зможуть повністю розкрити свій потенціал.

1. Індокси умов середовища та показники екологічної пластичності, 2021 р.

Назва зразка	Середня урожайність в різних умовах вирощування, т/га			$\sum Y_i$	Y_i	bi
	ВП НУБіП України «АДС»	ТОВ «Агрофірма «Колос»	НЦГРР України			
ВК13хFV243	8,52	6,46	7,48	22,46	7,49	1,5
ВК69хУХК667	4,52	7,31	9,40	21,23	7,08	1,5
ВК69хВК13	4,91	5,53	6,81	17,25	5,75	1,2
АЕ801хВК13	8,72	4,68	7,23	20,63	6,88	3,6
ВК13хВК11	7,49	6,89		14,38	7,19	-2,2
ВК13хNP2143	4,37	5,32		9,69	4,85	-2,1
ВК13хАК159	6,79		10,25	17,04	8,52	5,9
АЕ801хВК69	8,50	8,29		16,79	8,40	-1,5
$\sum Y_j$	53,82	44,48	41,17	139,47		
Y_j	6,73	6,35	8,23			
I_j	0,08	-0,46	0,38	$\sum I_j^2$	1,34	

Для визначення екологічної стабільності генотипів попередньо визначають теоретичну можливу

урожайність гібридів за вирощування в оптимальних умовах (табл. 2).

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

2. Розрахункова теоретична урожайність гібридів кукурудзи, 2021 р.

Назва зразка	Середня урожайність в різних умовах вирощування, т/га		
	ВП НУБіП України «АДС»	ТОВ «Агрофірма «Колос»	НЦГРР України
ВК13хFV243	7,61	6,78	8,07
ВК69хУХК667	7,20	6,37	7,66
ВК69хВК13	5,85	5,20	6,20
АЕ801хВК13	7,17	5,22	8,23
ВК13хВК11	6,16	7,36	
ВК13хNP2143	4,23	5,37	
ВК13хАК159	7,83		9,57
АЕ801хВК69	7,75	8,55	

Наступним етапом при розрахунку екологічної стабільності є визначення відхилення фактичної урожайності від розрахункової теоретичної та середньоквадратичного відхилення, збільшення якого свідчить про зниження екологічної стабільності досліджуваного зразка (табл. 3).

3. Відхилення фактичної урожайності від розрахункової, 2021 р.

Назва зразка	Відхилення урожайності, σ_{ij} , т/га			$\sum \sigma_{ij}^2$	σd^2
	ВП НУБіП України «АДС»	ТОВ «Агрофірма «Колос»	НЦГРР України		
ВК13хFV243	0,91	-0,32	-0,59	1,27	0,21
ВК69хУХК667	-2,68	0,94	1,74	11,13	1,85
ВК69хВК13	-0,94	0,33	0,61	1,36	0,23
АЕ801хВК13	1,55	-0,54	-1,00	3,69	0,61
ВК13хВК11	1,33	-0,47	-0,86	2,72	0,45
ВК13хNP2143	0,14	-0,05	-0,09	0,03	0,01
ВК13хАК159	-1,04	0,37	0,68	1,67	0,28
АЕ801хВК69	0,75	-0,26	-0,48	0,86	0,14

Майже всі досліджувані генотипи характеризувались високою екологічною стабільністю, кращі показники зафіксовано у гібридів ВК13хNP2143 ($\sigma d^2 = 0,01$), АЕ801хВК69 ($\sigma d^2 = 0,14$) та ВК13хFV243 ($\sigma d^2 = 0,21$). Розрахункові дані свідчать про те, що експериментальний гібрид ВК69хУХК667 із показником

середнього квадратичного відхилення на рівні 1,85 є екологічно нестабільним і сильно залежить від умов навколишнього середовища.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Серед досліджуваних експериментальних гібридів за показником урожайності слід виокремити гібриди ВК69хУХК667 та ВК13хАК159, які

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

сформували урожайність на рівні 9,40 т/га та 10,25 т/га відповідно в умовах НЦГРР України.

Результати випробувань експериментальних гібридів свідчать про те, що ґрунтово-кліматичні умови дослідних полів НЦГРР України є найбільш сприятливими для росту і розвитку рослин кукурудзи із індексом умов середовища (I_j) 0,38.

Кращими показниками коефіцієнту лінійної регресії характеризуються гібриди АЕ801хВК13 ($bi = 3,6$) та ВК13хАК159 ($bi = 5,9$). Дані гібриди за нормою реакції на умови

вироснування відносяться до інтенсивних, вони найкраще реагують на оптимізацію рівня агрофону.

Сім із восьми досліджуваних гібридів є екологічно пластичними та стабільними – здатні пристосовуватись до мінливих умов навколишнього середовища. Показник середньоквадратичного відхилення (σ^2) більше одиниці зафіксовано лише у одного гібрида – ВК69хУХК667, що доводить сильну залежність формування урожайності даного гібрида від умов вирощування.

Список використаних джерел

1. Rodriguez V.M., Butron A., Malvar R.A. and others. Quantitative trait loci for cold tolerance in the maize IBM population. *Int. Journal Plant Science*. 2008. No. 169. P. 551-556.

2. Dwivedi S.L., Ceccarelli S., Blair M.W., Upadhyaya H.D., Are A.K., Ortiz R. Landrace germplasm for improving yield and abiotic stress adaptation. *Trends Plant Science*. 2016. No. 21. P. 31–42.

3. Красновський С.А. Селекційна цінність інбредних ліній кукурудзи як компонентів холодостійких високоврожайних гібридів: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.05 / ІБКіЦБ. Київ, 2017. 26 с.

4. Schnable P.S., Ware D., Fulton R.S., Stein J.C., Wei F., Pasternak S., Liang C., Zhang J., Fulton L., Graves T.A.. The B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics. *Science*. 2009. Vol. 326, No. 5956. P. 1112–1115.

5. Liu H., Wang X., Warburton-Marilyn L., Wen W., Jin M., Deng M., Liu J., Tong H., Pan Q., Yang X. Genomic, transcriptomic, and phenomic variation reveals the complex adaptation of modern maize breeding. *Mol Plant*. 2015. Vol. 8, No. 6. P. 871–884.

6. Nelimor C., Badu-Apraku B., Tetteh A.Y., N'guetta A.S.P. Assessment of Genetic Diversity for Drought, Heat and Combined Drought and Heat Stress Tolerance in Early Maturing Maize Landraces. *Plants*. 2019. No. 8. P. 518.

7. Децына А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Оценка экологической пластичности и стабильности крупноплодных сортов подсолнечника. *Масличные культуры*. 2019. Вып. 3, № 179. С. 35-39.

8. Філіпов Г.Л., Вишневський М.В., Максимова Л.О. та ін. Фізіологічна оцінка та відбір вихідного матеріалу кукурудзи на стійкість до кореневого вилягання та загушення. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 1996. №1. С. 43-47.

9. Філіпов Г.Л., Вишневський М.В., Максимова Л.О. та ін. Ефективність фізіологічної діагностики та відбору селекційного матеріалу кукурудзи на адаптивність. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. 2001. № 2. С. 220-224.

10. Воскобойник О.В. Оцінка стабільності врожайності зерна гібридів кукурудзи за різних екофакторів середовища. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. 2005. № 26–27. С. 82–86.

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

11. Кравченко Р.В. Адаптивность и стабильность проявления урожайных свойств гибридов кукурузы на фоне антропогенных факторов. *Научный журнал КубГАУ*. 2012. №77(03). С. 1-15.

12. Pigliucci M. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? *Trends Ecol Evol*. 2005. Vol. 20, No. 9. P. 481–486.

13. Kusem A., Srinivasan S., Nettleton D., Schnable P.S. Distinct genetic architectures for phenotype means and plasticities in *Zea mays*. *Nat Plants*. 2017. Vol. 3, No. 9. P. 715–723.

14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Альянс, 2014. 351 с.

15. Ткачик С.О., Присяжнюк О.І., Лещук Н.В. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Вінниця, 2016. 119 с.

16. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. P. 36-40.

17. Багатченко В.В., Жемойда В.Л., Спряжка Р.О. Формування фракційного складу та посівних якостей насіння батьківських компонентів кукурудзи залежно від густоти стояння. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*. 2019. №11(1). С. 79-87.

References

1. Rodriguez, V.M., Butron, A., Malvar, R.A. and others. (2008) Quantitative trait loci for cold tolerance in the maize IBM population. *Int. Journal Plant Science*, 169, 551-556.

2. Dwivedi, S.L., Ceccarelli, S., Blair, M.W., Upadhyaya, H.D., Are, A.K., Ortiz, R. (2016) Landrace germplasm for improving yield and abiotic stress adaptation. *Trends Plant Science*, 21, 31–42.

3. Krasnovskiy S.A. (2017). Seleksiina tsinnist inbrednykh linii kukurudzy yak komponentiv kholodostiikykh vysokovrozhainykh hibrydiv. [Breeding value of inbred lines of corn as components of cold-resistant high-yielding hybrids] Kyiv, – 26 s.

4. Schnable, P.S., Ware, D., Fulton, R.S., Stein, J.C., Wei, F., Pasternak, S., Liang, C., Zhang, J., Fulton, L., Graves, T.A. (2009). The

B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics. *Science*, 326(5956), 1112–1115.

5. Liu, H., Wang, X., Warburton-Marilyn, L., Wen, W., Jin, M., Deng, M., Liu, J., Tong, H., Pan, Q., Yang, X. (2015) Genomic, transcriptomic, and phenomic variation reveals the complex adaptation of modern maize breeding. *Mol Plant*, 8(6), 871–884.

6. Nelimor, C., Badu-Apraku, B., Tetteh, A.Y., N'guetta, A.S.P. (2019) Assessment of Genetic Diversity for Drought, Heat and Combined Drought and Heat Stress Tolerance in Early Maturing Maize Landraces. *Plants*, 8, 518.

7. Detsyna, A.A., Yllaryonova, Y.V., Shcherbynyna, V.O. (2019) Otsenka ekolohycheskoi plastychnosti i stablynosti krupnoplodnykh sortov podsolnechnyka. Maslychnye kulturi [Evaluation of ecological plasticity and stability of large-fruited sunflower varieties]. *Oil crops*, 3(179), 35-39.

8. Filipov, H.L., Vyshnevskiy, M.V., Maksymova, L.O. et al. (1996) Fiziolohichna otsinka ta vidbir vykhidnoho materialu kukurudzy na stiikist do korenevoho vyliahannia ta zahushchennia [Physiological evaluation of the susceptibility of the corn material to root wilting and thickening]. *Bulletin of the Grain State Institute*, 1, 43-47.

9. Filipov, H.L., Vyshnevskiy, M.V., Maksymova, L.O. et al. (2001). Efektyvnist fiziolohichnoi diahnostryky ta vidboru selektsiinoho materialu kukurudzy na adaptivnist [Effectiveness of physiological diagnosis and selection of breeding material of corn for adaptability]. *Physiology of plants in Ukraine on the verge of millennia*, 2, 220-224.

10. Voskoboinyk, O.V. (2005). Otsinka stabilnosti vrozhaivosti zerna hibrydiv kukurudzy za riznykh ekofaktoriv seredovysycha [Evaluation of the grain yield stability of corn hybrids under different ecofactors of the environment]. *Bulletin of the Institute of Grain Management of the Ukrainian Academy of Sciences*, 26-27, 82-86.

11. Kravchenko, R.V. (2012). Adaptivnost y stablynost proiavleniya urozhainykh svoistv hibrydov kukurudzy na fone antropohennykh faktorov [Adaptability and stability of manifestation of yield properties of corn hybrids against the background of

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

anthropogenic factors]. Scientific journal KubSAU, 77(03), 1-15.

12. Pigliucci, M. (2005). Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? Trends Ecol Evol, 20(9), 481–486.

13. Kusmec, A., Srinivasan, S., Nettleton, D., Schnable, P.S. (2017). Distinct genetic architectures for phenotype means and plasticities in Zea mays. Nat Plants, 3(9), 715–723.

14. Dospikhov, B.A. (2014). Metodyka polevoho opyta (s osnovamy statystycheskoi obrabotky rezultatov yssledovanyi) [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. Moskva: Alians, 351.

15. Tkachyk, S.O., Prysiazhniuk, O.I., Leshchuk, N.V. (2016). Metodyka provedennia

kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslin na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna [Methodology for conducting a qualification examination of varieties of roslins for applicability to broadening in Ukraine. Zagalnaya part.]. Vinnitsa, 119.

16. Eberhart, S.A., Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 36-40.

17. Bagatchenko, V.V., Zhemoyda, V.L., & Spriazhka, R.O. (2019). Formuvannia fraktsiinoho skladu ta posivnykh yakostei nasinnia batkivskykh komponentiv kukurudzy zalezno vid hustoty stoiannia [Formation of fractional composition and sowing quality of seeds, parental components of maize depending on density]. Plant and soil science, 11(1), 79-87.

ENVIRONMENTAL PLASTICITY AND STABILITY OF CORN HYBRIDS DURING SELECTION FOR GRAIN QUALITY

R. O. Spriazhka, V. L. Zhemoida

Abstract. *Determination of ecological stability is an integral part of ecological variety testing of agricultural crops varieties and hybrids. Thanks to the obtained data, it is possible to draw conclusions about the endurance, adaptive potential and adaptability to growing conditions of new corn hybrids. Determination of the environmental conditions index, coefficients of ecological plasticity and stability provide a basis for recommending corn hybrids when grown in certain ecological-geographical and soil-climatic conditions.*

Testing of experimental corn hybrids in 2021 was carried out in three locations: a separate subdivision of the National University of Life and Environmental Science of Ukraine "Agronomic Research Station" (Bilotserkivskiyi district, Kyiv region); limited liability company "Agrofirma "Kolos" (Skyrsky district of the Kyiv region); National Center of Plant Genetic Resources of Ukraine (Kharkiv district, Kharkiv region). The research material was 8 experimental corn hybrids, the parent forms of which are inbred lines VK13, VK69 and AE801. The index of environmental conditions, coefficients of ecological plasticity and stability were calculated according to the Eberhart-Russell method.

The average yield of the studied hybrids in the conditions of the Agronomic Research Station of the NULES of Ukraine was 5.24 t/ha, in the conditions of the Agrofirma Kolos LLC – 6.04 t/ha, and in the conditions of the National Agricultural Research Service of Ukraine – 8.24 t/ha. It was established that the optimal conditions for the growth and development of corn plants in 2021 were in the experimental fields of the National Agricultural Research Service of Ukraine with an index of environmental conditions of 0.38.

Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.

The coefficient of ecological plasticity (linear regression), which determines the reaction of hybrids to the improvement of growing conditions, varied from 2.2 to 5.9. The best indicators of this coefficient were noted in hybrids AE801xVK13 and VK13xAK159.

The coefficient of ecological stability (root mean square deviation) was close to zero, which indicates the ability of experimental corn hybrids to form productivity regardless of environmental conditions. An exception is the VK69xUKHK667 hybrid with a coefficient (σ^2) of 1.85 – it needs optimal growing conditions to realize its yield potential.

Key words: *corn, inbred line, hybrid, index of environmental conditions, plasticity, stability*

UDC 636.084: 577.15

NEW ENZYME PREPARATIONS AND RESULTS OF THEIR USE IN PIG RAISING

A. V. GUTSOL, doctor of agricultural sciences, professor¹

N. V. GUTSOL, candidate of agricultural sciences, associate professor¹

O. MYSENKO, candidate of agricultural sciences¹

V. NOVAKOVSKA, candidate of agricultural sciences¹

M. POVOZNIKOV, doctor of agricultural sciences, professor²

¹*Podillia Fodder and Agriculture Institute of National Academy of Agrarian
Sciences*

²*National University of Life and Environmental Science of Ukraine*

E-mail: s_grishchenko@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.008>

Abstract. *The article summarizes the results of research on the use of new enzyme preparations with pectolytic action for pigs feeding, i.e. multienzymatic compositions MEC-1–MEC-5 and Matseraza.*

Studies have shown that Matseraza and multienzymatic compositions have a high digestion activity of the food constituent portions in vitro. They also significantly increase the activity of the mucous membrane of the 12-rectum enzymes, i.e. protease, dipeptidases, amylase, lipase and do not affect the activity of alkaline and acid phosphatases.

The use of biologically active feed supplements for young pigs feeding improves digestibility of most diets nutrients and causes the better absorption of feed nitrogen by the body.

The positive effect of feed additives on metabolic processes, their ability to stimulate the structure development of some organs of the digestive and endocrine systems have been proved. It causes animals growth by intensifying the functions of individual organs and systems due to morphofunctional changes. It is a confirmation of one of the working hypotheses on accelerating animals ontogenesis by paratypic factors.

It was proved that feeding of preparations as a part of barley, wheat, corn and soybean meal diet of pregnant sows had a positive effect on reproductive properties, increased the growth of piglets, fattening and slaughtering qualities of young animals, digestibility of nutrients and absorption of nitrogen. It is recommended to enrich the cereal diets of pigs with enzyme preparations MEC-1 - MEC-5 in the amount of 0.75 kg per ton of grain and Matseraza in the amount of 0.4-0.5 kg per ton.

The results of research have been introduced at pork farms of the Vinnytsia region. Specified conditions have been developed and approved for the tested feed additives.

Key words: *pigs, enzymes, feeding, productivity, digestion, metabolism, efficiency*

Introduction. The scientific prove of researched enzyme preparations usage in pig raising causes making of new technological decisions on increasing of animals productivity and getting qualitative, free-range and safe products. In addition, their usage for pigs feeding can increase the level of splitting and transformation of plant biopolymers, turning released nutrients into products [1, 4].

The genetic potential of animal body is realized more effectively due to the mentioned above processes. The reproduction functions of animals and their health do not change [7, 14].

It is recommended to use enzyme preparations of exogenous origin for young pigs feeding because their digestive systems have not been formed yet. The synthesis of hydraulic enzymes is rather slow. Some of them are absent altogether. For example, glucanase and xylanase split the beta-glucan of barley and fiber [3, 11].

Exogenous enzymes used in forage enable fully utilization of the nutrients and biologically active substances it contains by splitting cellulose, non-starch polysaccharides, i.e. beta-glucan and pentosan. Nevertheless, since the polysaccharides of the cell walls of the vegetable feed are a complex of different compounds, it is unlikely that the individual enzyme preparations introduced into the feed can translate all non-starch elements into easily digestible monogastric animals, such as glucose. For their cleavage, a set of

enzymes in the form of a multienzyme complex is needed.

However, polysaccharides of cell walls of plant fodder are a complex combination. Therefore, it is unlikely that separate enzyme preparations introduced into the fodder are able to transform all non-starch elements such as glucose into an easily digestible form for monogastric animals. Some enzymes in the form of a multienzymatic composition is needed for their splitting.

Enzymes of exogenous origin convert polysaccharides from insoluble to soluble one. It facilitates their splitting. Both energy absorption and the nutritional feed value increases when a complex of exogenous enzymes are used because enzymes destroy the plant cells walls releasing additional protein, fat and starch.

Thus, the destruction of cell walls and the release of previously inaccessible nutrients is one of the main functions of exogenous enzymes. However, multienzymic compositions causes the reduction of the chyme viscosity because of food nutrients increasing availability. Some non-starch polysaccharides such as barley beta-glucans or wheat pentosans dissolving in water form a viscous gel. A similar phenomenon happens in the gastrointestinal tract and it has a negative effect on the digestion and suction processes.

As enzymes increase the nutritional efficiency, it can be assumed that they increase both the level of feed energy use

and the overall feed efficiency. However, there are additional opportunities for cheaper diets and more efficient use of cheap feed raw materials.

The composition of enzyme preparations needs a special attention. The preparations available on the Ukrainian market are predominantly multienzymatic, i.e. they include such enzymes as proteases, amylase, beta-glucanase, xylanase and cellulases of different activity [2, 9, 12]. Such complexes have one or two main enzymes with high activity for hydrolysis of the predominant in the diet of the substrate [6, 13].

Materials and methods of research. The research involved the creation of enzyme preparations for the splitting of non-starch cereals polysaccharides. We have also researched their effectiveness in animal feeding. As a result, the following multienzymatic compositions were created:

MEC-1 is pectat-trans-eliminase with activity of 450 units per gram, amylase 300 units per gram, cellulase 75 units per gram;

MEC-2 is pectate-trans-eliminase with activity of 1000 units per gram, beta-glucanase 1000 units per gram, cellulase 75 units per gram;

MEC-3 is pectate-trans-eliminase with activity of 1500 units per gram, amylase 400 units per gram, beta-glucanase 1000 units per gram;

MEC-4 is pectat trans-eliminase with activity 1700 units per gram,

cellulase 150 units per gram, beta-glucanase 100 units per gram, xylanase 500 units per gram;

MEC-5 is pectat-trans-eliminase with activity of 3000 units per gram, cellulase 300 units per gram, protease not less than 7 units per gram;

Matseraza is pectat-trans-eliminase with activity of 3,000 units per gram, 2500, 2000 and 1000 units per gram, endo-and exopoligalacturonase 1500 units per gram.

The ground wheat bran is a filling material.

Enzyme preparations are produced at the facilities of BTU-Center (Ladyzhyn, Vinnytsia region). They have been tested for various aged pigs feeding.

Scientific and production experiments were carried out on pigs of a large white breed of universal type of productivity by the method of analogous groups [10]. It should be mentioned that pigs of control groups were fed by the main diet. The enzyme preparation was added to the main diet of animals from experimental groups according to the scheme of experiment.

The main diet consisted of a carbohydrate part (barley, wheat and corn brans) and a protein part (processed products of leguminous crops, i.e. soybeans, sunflowers, and peas). Premixes were used both in control and in experimental groups for balancing diets concerning nutritional elements. All the feeds were of their own production and of a well-known

chemical compound. The experiments were carried out on the same genotype of large white breed pigs at the Artemida experimental farm, Kalynivka district, Vinnytsia region.

We have researched in vitro digestibility of grain fodder nutrients, activity of enzymes of the duodenal ulcer mucous membrane, the productivity of different age groups of pigs, the quality of pork, digestibility of nutrients, nitrogen balance, hematological

parameters, the structure of the digestive and endocrine systems, and economic figures [10].

Results and discussions.

Researches have proved that Matseraza and MEC have a high in vitro splitting of feed components (Fig. 1). They also significantly increase the activity of enzymes, i.e. protease, dipeptidase, amylase, lipase in the the duodenal ulcer mucous membrane and do not affect the activity of alkaline and acid phosphatase.

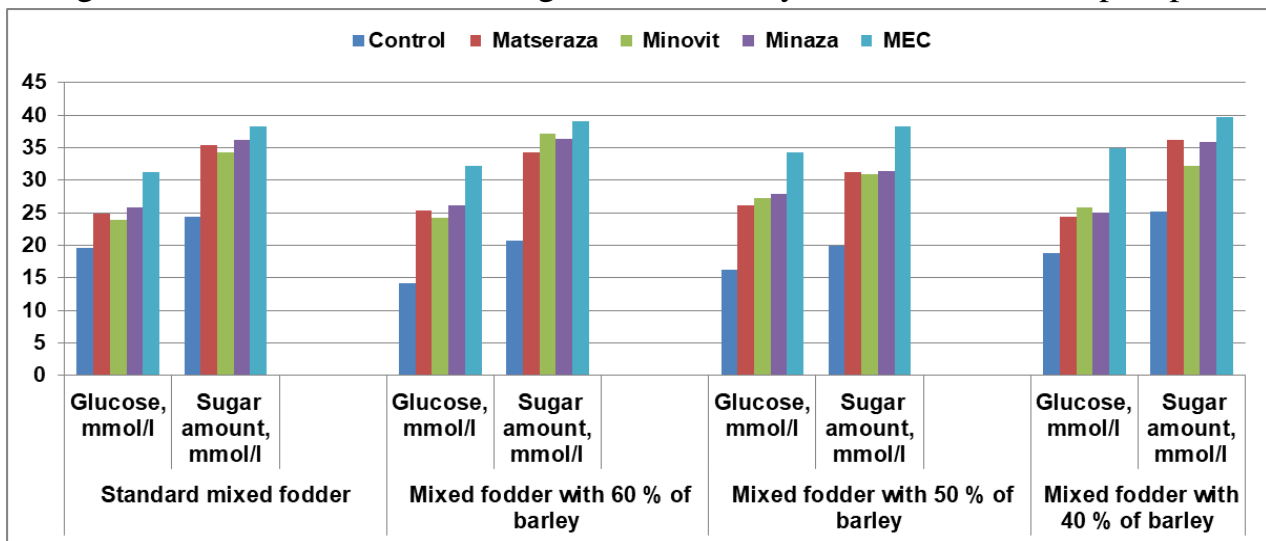


Fig. 1. Effect of enzyme preparations on in vitro splitting glucose ability and sugar content of researched mixed fodder, n=5.

Taking into account the enzyme preparations composition it is possible to predetermine their main specific effect on the splitting of hardly soluble non-starch polysaccharides of grain feeds. Thus, pectate-trans-eliminase compensates the enzymes lack in pig bodies that can hydrolyze polysaccharides (pectin, lignin, hemicellulose, glucans, pentosans, etc.), loosens the intercellular structure of plant materials, causes the release of nutrients from feed cells. It catalyzes the rupture of the α -1,4-liquoside bond in pectic substances and hemicelluloses that leads to loosening of the cementing substances of vegetable feeds and the destruction of cell walls. This ensures the release of reserve nutrients for their splitting by the animals enzyme systems [8].

It was proved that the usage of Matseraza and MEC-1 in diets of pregnant sows causes increasing their body weight during the period of gestation, and it also has a positive effect on piglets growth from their birth to weaning from sows at 45-days age (Table 1).

1. Sow productivity

Characteristics	Groups		
	1 (diet without enzyme preparations)	2 (Matseraza)	3 (MEC-1)
Period of farrowing			
number of piglets in the nest, heads	11.4±0.51	11.5±0.57	11.2±0.53
nest weight, kg	13.91±0.38	14.72±0.65	14.81±0.39
liveweight of one head, kg	1.22±0.03	1.28±0.04	1.34±0.05
Period of weaning at 45-days age:			
number of piglets in the nest, heads	10.0±0.35	10.2±0.51	9.7±0.45
nest weight, kg	94.0±2.76	114.0±6.52 ^{xx}	102.8±3.32
liveweight of one head, kg	9.4±0.26	11.3±0.47 ^{xx}	10.60±0.61
liveweight gain: absolute, kg	8.18±0.25	10.02±0.47 ^{xx}	9.35±0.58
average daily, g	182.0±5.56	223.0±10.32 ^{xx}	205.8±12.88

Therefore, we can observe a weight increase both of nest (by 5.82 - 6.47%) and of one pig at birth (by 4.92 - 9.84%) in the experimental groups. This tendency is also observed when piglets are weaned from sows at 45-days age. The experimental groups have higher figures than the experimental one, i. e. by 9.36-14.0% of the nest weight, by 12.76-20.21% of one pig live

weight, by 20.5% of average daily liveweight gains for the suckling period

The usage of enzyme preparations for young pigs feeding improves the digestibility of most nutrients in diets, i.e. protein by 6.1% ($P<0.01$) and fiber by 8.35% ($P<0.05$). Experimental animals also had better nitrogen balance (Fig. 2)

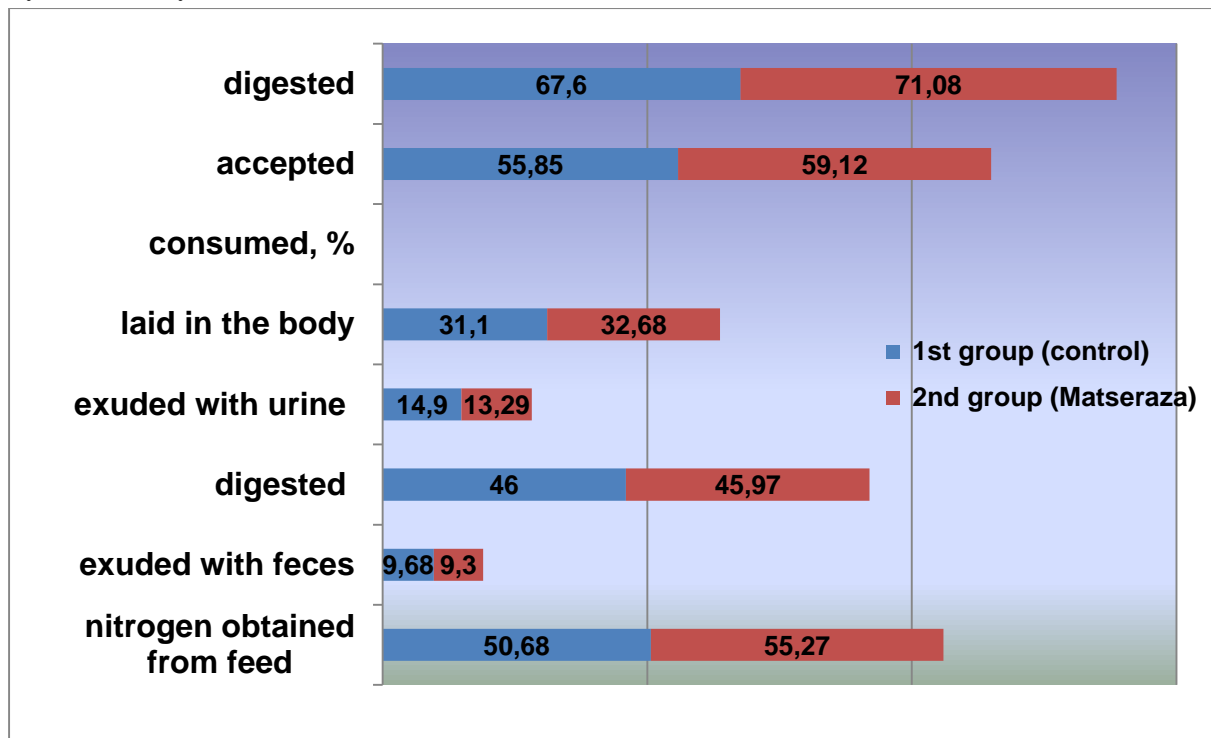


Fig. 2. Nitrogen balance of young pigs fed by Matseraza

The positive effect of the researched preparations on the metabolic processes, their ability to stimulate the development of individual structures of the organs of the digestive and endocrine systems have been proved. These positive effects also cause a significant increase in animal growth. In other words, there is an intensification of the functions of some organs. It is a confirmation of one of the working hypotheses on accelerating animals ontogenesis by paratypic factors.

The best productive and biological effect is observed when animals are fed by Matseraza obtained by spraying culture liquid on bran in comparison with drying in a stream of hot air.

Why have we chosen this enzyme? It is known, grain pig diets have a high content of necrochromic polysaccharides (cellulose, pectin,

pentosans, beta glucans). That's why it is recommended to use exogenous enzyme preparations for their splitting. As a rule, such polysaccharides are in the form of fiber. Insoluble pectin plays the role of binding ("cementing") material for different non-starch polysaccharides. Such enzymes as cellulase, beta glucanase, phytase etc. are used as a part of fodder in order to break down these polysaccharides. However, the main macerating pectolytic enzyme pectate-trans-eliminase (pectin-lyase) is not used. It is caused by the fact they often identify pectin-lyase with pectinase. The pectinase contains the enzymes pectinesterase, polygalacturonase and does not contain pectin-lyase. These two enzymes affect soluble pectin, and pectin lyase affects the insoluble pectin that forms the structure of fiber. It is their fundamental difference. Pectate-trans-

eliminase is responsible for the maceration of plant tissues.

The preparation macerating effect is connected with the activity of pectate-trans-eliminase. It is significantly enhanced by the complex effect on the xylanase plant raw material. Xylanase splits pentosans, pectin-lyase catalyzes the breakdown of the α -1,4-glucosidic bond in pectin substances and polyuronide hemicelluloses, which leads to the delineation of the cementing substances of plant tissues and destruction of the cell wall structure. This ensures the release of reserve intracellular nutrients for their digestion by the enzyme systems of the digestive canal of animals. Matseraza in immobilized form has high stability in an acidic environment. This is especially important when passing the enzyme through the stomach of pigs, and can also be used in the composition of granulated feed.

The Matseraza used for young animals feeding at the rate of 0.4 kg per one ton of mixed feed increases the average daily gains on growing and fattening by 18-20.4%, it also provides an additional 16.8 UAH revenue from every head. Multienzymatic compositions in the diet at the rate of 0.75 kg per ton of grain mixtures cause an increase in average daily gains on growing by 7.9 - 13.2% and on fattening by 11.9 - 14.9%. Respectively 21.7 - 39 UAH and 27.5 - 35.2 UAH were received from each head as a revenue.

The preparations has also positive effect on the efficiency of feed consumed by animals, the meat and lard output, the costs reduction, and high preparation payback. One invested hryvnia has from UAH 6.4 to 10.3 UAH of revenue.

Conclusions. It has been proved that increasing productivity of pigs of different age groups is ensured by using in their feeding new biotechnological (enzyme) preparations and their compositions, i.e. Matseraza and MEC-1-MEC-5. They are characterized by high splitting activity parts of the feed, fermentolysis in the intestinal mucosa and metabolism that ensures the intensive growth of animals and obtaining high-quality pork.

Matseraza and other preparations as a part of pigs diet have a positive effect on the reproductive ability of sows, growth and preservation of piglets, fattening and slaughter qualities of young animals, physical and chemical characteristics of meat quality, its protein, fatty acid composition and calorie content. Improved digestibility of most nutrients and feeds nitrogen assimilation were also noted.

The best productive and biological effect is observed when animals are fed by Matseraza obtained by spraying culture liquid on bran in comparison with drying in a stream of hot air. Its use for young pigs feeding increases average daily gains by 18.0-20.4% and ensures an additional 1.4 UAH of profit on the 1 UAH invested.

References

1. Bratyshko N. (2009). Enzyme preparations. *Agribusiness today*. No.23 (174). pp. 26-27.
2. (2009). Fodder enzymes. *Effective fodder and feeding*. No. 5(39). pp.36-39.
3. Korobka A. (2006). Fodder enzymes for pigs feeding. *Ukrainian Livestock*. No.2. pp.29-30.
4. Liushchyn A., Tsirulev Y. Multi-enzyme compositions in feed for farm animals. *Pig Raising*. 2004. No. 2. P.17.
5. Marchenkov Ph. S., Chapovskyi N. N. Enzymes that destroy plant polysaccharides. *Effective poultry industry and livestock production*. 2003. No. 2. P. 24.
6. Moloskin S. Roivano – TM – universal enzyme. *Effective Poultry Industry*. 2010. No. 8 (68). pp. 26-29.
7. Gutsol A. V., Kyryliv Y. I., Mazurenko M. O. et al. (2014). New enzyme preparations in feeding farm animals. *Vinnytsia*, 316 p.
8. (2008). General properties and characteristics of enzymes. *Materials of the company "Kemny Industries"*. *Effective fodders and feeding*. No. 3 (27). pp. 27-29.
9. Polishchuk A. A., Bulavkina T. P. (2010). Modern feed additives for poultry and animals feeding. *Newsletter of the Poltava State Agrarian Academy*. Poltava, No. 2. pp.63-66.
10. (2002). *Research practical methods in animal husbandry* / Ed. V.S. Kozyr and A.I. Svezhentsov. Dnipropetrovsk: Art-Press, 354 p.
11. Svezhentsov A.I. *Enzyme preparations. Basics of pig feeding*. Dnipropetrovsk: Art-Press, 2000. pp. 165-171.
12. Emiola I. A., Opapeju F. O., Nyachoti C. M. (2010). Growth performance and nutrient digestibility in pigs feed barley/wheat DDGS - based diets supplemented with a multi carbohydrase enzyme. *J. Animal Sci*. May.
13. Leikus R., Noviliene J. (2006). The effect of enzymes on the quality of pig perfomans. *Veterinarijair zootechnika*. T. 36 (58).
14. Mori A. V., Kluess J., Maillard R., Geraert P. A. (2009). Performace and phosphours status of prowing pigs are improved by multienzyme complex containing NSP-enzymes and phytase. *J. Dairy Sci*. V. 90, Suppl. I P. 439.

НОВІ ФЕРМЕНТНІ ПРЕПАРАТИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В СВИНАРСТВІ

А. В. Гуцол, Н. В. Гуцол, О. Мисенко, В. Новаковська, М. Г. Повозніков

Анотація: У статті узагальнюються результати досліджень щодо використання у годівлі свиней нових ферментних препаратів пектолітичної дії – мультіензимних комплексів МЕК-1 – МЕК-5 та мацерази.

Дослідження показали, що мацераза та МЕКи мають високу активність розщеплення *in vitro* складових частин корму, а також достовірно підвищують у слизовій оболонці 12-палої кишки активність ферментів – протеази, дипептидази, амілази, ліпази та не впливають на активність лужної олії.

Використання в годівлі молодняка свиней біологічно активних кормових добавок сприяє поліпшенню перетравності більшості поживних речовин раціонів та кращому засвоєнню азоту корму.

Доведено позитивний вплив кормових добавок на процеси обміну речовин, їх здатність стимулювати розвиток окремих структур органів травної та ендокринної систем, що пов'язано з підвищенням приростів тварин шляхом інтенсифікації функцій окремих органів та систем за рахунок морфофункціональних змін. Це є підтвердженням однієї з робочих гіпотез прискорення онтогенезу тварин паратиповими факторами, на відміну від генетичних.

Гуцол А. В., Гуцол Н. В., Мисенко О., Новаковська В., Повозніков М. Г.

Показано, що згодовування препаратів у складі раціонів з ячменю, пшениці, кукурудзи та соєвого шроту порослим свиноматкам мало позитивний вплив на відтворювальні здатності, покращувалися показники росту та збереження поросят, відгодівельні і забійні якості молодняку, перетравності поживних речовин. Рекомендується збагачувати зернові раціони свиней ферментними препаратами МЕК-1 – МЕК-5 у кількості 0,75 кг/т зерноsumіші, мацеразою – 0,4-0,5 кг/т.

Результати досліджень запроваджено у господарствах з виробництва свинини у Вінницькій області. На досліджувані кормові добавки розроблено та затверджено Технічні умови.

Ключові слова: *поголів'я свиней, ферментні препарати, згодовування, продуктивність, перетравність, обмін речовин, ефективність*

**ВПЛИВ ЛІПІДНО-КАРОТИНОЇДНОГО КОНЦЕНТРАТУ З КРЕВЕТОК
НА ЯКІСТЬ ТА ТЕРМІН ЗБЕРІГАННЯ ПРЕСЕРВІВ****В. В. ПАЛАМАРЧУК**, доктор технічних наук, професор,<https://orcid.org/0000-0002-0441-6586>E-mail: vibroprocessing@gmail.com**А. О. ІВАНЮТА**, кандидат технічних наук, доцентE-mail: ivanyta07@gmail.com**І. А. ХАРСІКА**, старший викладачE-mail: veretynska23@ukr.net**О. С. АНДРОЩУК**, завідувач лабораторіїE-mail: testoo@ukr.net*Національний університет біоресурсів і природокористування України*<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.009>

Анотація. Сировинна база рибної промисловості України представлена переважно прісноводними рибами, які характеризуються низьким вмістом поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) родини $\omega 3$ і не відповідає сучасним вимогам нутриціології щодо оздоровчого харчування. Тому, збагачення харчових продуктів з прісноводних риб цими кислотами набуває актуальності. Мета роботи – визначити вплив ліпідно-каротиноїдного концентрату (ЛКК) з чорноморської креветки *Palaemon adspersus Rathke, 1837* на якість та термін зберігання пресервів з коропа *Suiprius carpio*. Дослідження проводили у лабораторії кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів факультету харчових технологій та якості продукції АПК НУБіП України восени 2022 року. Розроблено дескриптори і проведено оцінку сенсорної характеристики пресервів з *S. carpio* з різними концентраціями ЛКК (1, 2, 3 г/100 г продукту) і контролю. Якість пресервів з добавками ЛКК у кількості 2 та 3 г/100 г продукту перевищувала контрольний зразок за показниками інтенсивності запаху, смаку та консистенції і загальним враженням. Визначено позитивний вплив ЛКК на зміну показників безпеки ліпідів, який проявляється у сповільненні процесів первинного окиснення за пероксидним числом і гідролізі ліпідів за кислотним числом. Так, у контрольному зразку пероксидне число після 2 міс. зберігання за температури +4° С досягало 4,23, у експериментальних – 2,33 ммоль O₂/кг жиру, що не перевищувало допустимі значення за вимогами міжнародного стандарту. Накопичення вільних жирних кислот у зразках пресервів було більш інтенсивним. У контрольному зразку після 50 діб зберігання кислотне число складає 5,67 за обмеження цього показника вимогами стандарту – 4,5 мг КОН/г жиру, що дозволяє скоротити термін зберігання контрольного зразку до 40 діб. Додавання ЛКК у кількості 2 і 3 г/100 г продукту може подовжити термін зберігання до 60 діб. Споживання 100 г пресервів з коропа з добавками ЛКК у кількості 2,3 г/100 г продукту дозволить забезпечити добову норму споживання

Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С.

жирних кислот $\omega 3$ у відповідності до рекомендацій ФАО/ВООЗ (1 г на добу для профілактики). Результати досліджень підтверджують антиоксидантні властивості концентрату каротиноїдів з креветок і співвідносяться з даними попередніх публікацій у цьому напрямку. Перспективи подальших робіт будуть пов'язані з визначенням показників біологічної цінності пресервів з прісноводних риб і добавками ЛКК, та зміни мікробіологічних показників пресервів упродовж зберігання.

Ключові слова: пресерви, короп, ліпідно-каротиноїдний концентрат, чорноморська креветка, сенсорні властивості, показники якості, безпека, термін зберігання

Актуальність. Рибні пресерви представляють групу харчових продуктів, у яких завдяки відсутності термічної обробки у продукті зберігаються вітаміни, нестійкі до температури, а також смакові властивості. Вміст пресервів зберігається від швидкого псування за допомогою додавання до них кухонної солі (концентрація від 6 до 9 %) та антисептиків, які не завжди є не безпечні. Термін зберігання пресервів обмежений і потребує умови зберігання за температури $+4^{\circ}\text{C}$. З іншого боку, пресерви з прісноводних риб України характеризуються низькими показниками харчової цінності за відсутністю, чи незначною кількістю, незамінних поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) родини $\omega 3$ (Голембовська, 2014). Широке дослідження показали ефективність застосування цих незамінних жирних кислот як антимікробних агентів, антиоксидантів для збагачення рецептурного складу продукту для лікування та профілактики багатьох захворювань. Однак, наявні

технології виготовлення пресервів з прісноводних риб не передбачають підвищення рівня ПНЖК родини $\omega 3$. Інноваційні технології дозволили вилучати з чорноморської трав'яної креветки *Palaemon adspesus* Rathke, 1837 ліпідно-каротиноїдний концентрат (ЛКК), який характеризується високим вмістом ПНЖК родини $\omega 3$ та каротиноїдами (Баль-Прилипко, Лебська, Слободянюк, Лебський, 2020; Лебський, 2022). Отже, удосконалення технології пресервів з прісноводних риб шляхом збагачення їх рецептурного складу ЛКК з чорноморської трав'яної креветки є актуальним завданням, яке може дозволити наблизити ПНЖК до рекомендованого рівня та забезпечити подовження терміну зберігання цієї продукції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Удосконаленню технологій пресервів присвячено багато робіт, у яких розглянуто питання підвищення якості за рахунок використання пікохвильової обробки (Bal'-Prylypko, Kovalinska,

Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С.

Bondarenko, 2021), збагачення рецептурного складу пресервів рослинними добавками – пряно ароматичними коренеплодами (хрінном, петрушкою), імбирем та комбінованою добавкою з лляної та соняшникової оліями (Голембовська, 2014; Баль-Прилипко, Старкова, Лебський, Андрощук, 2018). Тобто використання біотехнологічних методів – формування харчових продуктів з заданими властивостями, набуває в останні часи найбільшої уваги (Bal'-Prylypko, Palyuka, Leonova, Starkova, Brona 2016). Результати досліджень свідчать про те, що ліпідна компонента пресервів з

прісноводних риб (м'яса коропу) містить низьку кількість незамінних жирних кислот – ейкозапентаєнової (ЕПК) – 0,56 та докозагексаєнової (ДГК) – 0,43–0,38 г/100 г жиру. Тобто харчова цінність цих пресервів з різними добавками рослинних олій (соняшникової і лляної) та коренеплодів не відповідають рекомендаціям ФАО/ВООЗ щодо кількості незамінних жирних кислот та співвідношенню ПНЖК родини $\omega 3$ та $\omega 6$ (табл. 1). Згідно з рекомендаціями (FAO, 2008) воно повинно бути у межах 10:1–3:1, однак у всіх варіантах пресервів визначено недостатність жирних кислот $\omega 3$.

1. Показники біологічної ефективності ліпідів пресервів з коропа та пряно-ароматичної сировини з використанням соняшникової та лляної олії (Голембовська, 2014)

Ліпіди	Співвідношення типів ЖК			
	НЖК:МНЖК:ПНЖК	ПНЖК:НЖК	C18:2:C18:1	$\omega 6:\omega 3$
Ідеальний ліпід (FAO, 2008)	1:1:1	0,2:0,4	>0,25	10:1–3:1
З соняшnikовою та лляною олією				
Контроль	1:1,34:0,52	0,52:1	1:2,60	1:0,99
Пресерви з імбиром	1:2,23:6,69	6,69:1	–	1:0,11
Пресерви з хрінном	1:2,19:6,69	6,69:1	–	1:0,11
Пресерви з петрушкою	1:2,05:6,17	6,17:1	–	1:0,11

Водночас споживанню жирних кислот $\omega 3$ приділяють значну увагу у зв'язку з їх участю в патофізіології різних захворювань, таких як серцево-судинні, нейродегенеративні захворювання (de Oliveiraa, Nabavib, Nabavib, Jardimc, 2017; Shramko, Polonskaya, Kashtanova, Stakhneva, Ragino, 2020). Нещодавно багато

доказів повідомляють про багатообіцяючий вплив $\omega 3$ ПНЖК на структуру та функції мітохондрій, а також на мітохондріальні захворювання (Champigny, Cormier, Simard, St-Coeur, Fortin, Pichaud, 2018), участі у пригніченні росту ракових клітин (Tojo, Tsuboaka, Kondo, Yuasa, 2022) та патогенної

Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С.

мікрофлори (Nakamura, Kawahara, Takahashi, Kuda, Kimura, 2022), на тривалість життя та окислювальний стрес (USAID, 2015).

Розроблено технологію вилучення з чорноморської трав'яної креветки ліпідно-каротиноїдного концентрату (ЛКК), який за вмістом незамінних жирних кислот ЕПК, ДГК

і каротиноїдів відноситься до біологічно активної добавки і може бути використано для збагачення складу пресервів і підвищення їх харчової цінності (Lebskaya, Bal'-Prylypko, Menchinskaya, Lebsky, 2020; Баль-Прилипко, Лебська. Слободянюк, Лебський, 2020) (табл. 2).

2. Жирнокислотний склад ліпідно-каротиноїдного комплексу з голови груді чорноморської трав'яної креветки

Жирні кислоти	Масова доля жирних кислот, % від загальних ліпідів		Вміст кислоти у ідеальному ліпіді, г/100 г (Погожева, Онищенко, Тутельян, 2020)	Рекомендації ФАО/ВООЗ для дорослої людини (FAO, 2008)
	Чорноморська креветка (Lebskaya, Bal'-Prylypko, Menchinskaya, Lebsky, 2020)	Антарктичний криль (Быкова, 2001)		
НЖК, в т. ч.	31,30	20,5–37	20,00	30,00
МНЖК, в т. ч.	21,20	7,2–17,1	–	60,00
18 : 1 ω9	15,70	–	35,00	–
ПНЖК, в т. ч.	42,70	22,5–57,2	6,00	10,00
20 : 5 ω3	18,30	14,3–28,0	–	–
22 : 6 ω3	14,70	7,1–15,7	–	–

Аналіз цих даних свідчить про те, що ЛКК з чорноморської креветки не відповідає ідеальному ліпіду та рекомендаціям ФАО/ВООЗ за сумарною кількістю окремих класів. Однак, відмічено висока сума ПНЖК та незамінних жирних кислот ЕПК (20:5 ω3) – 18,30 і ДГК (22:6 ω3) – 14,70, що погоджується з літературними даними за вмістом цих кислот у іншого ракоподібного – антарктичного крилю. Крім цього визначено присутність у ліпідній фракції каротиноїдів, кількість яких

складає від 100,61 до 140,22 мг/кг жиру (Лебський, 2022).

Отже, можна припустити, що збагачення пресервів з коропа ЛКК з чорноморської креветки буде сприяти підвищенню якості продукту та подовженню терміну зберігання.

Мета. Дослідити вплив різних концентрацій ЛКК на якість та термін зберігання пресервів з прісноводної риби коропа *Suypinus carpio*. Для вирішення вказаної мети визначено такі завдання: сформувати модельні рецептури пресервів з *S. carpio* з

Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С.

різними концентраціями ЛКК, розробити дескриптори аромату та смаку пресервів, провести оцінку їх інтенсивності після дозрівання та оцінити вплив ЛКК на термін зберігання.

Методи. Матеріалом для досліджень обрано рибу сировину – короп *C. carpio*, виловлений у водосховищах ПАТ «Черкасирибгосп» у весняний період року. Дослідження проводили у лабораторії кафедри технології

м'ясних, рибних та морепродуктів НУБіП України. Рибу розробляли на філе, солили розчином 9 % кухонної солі і закладали у пластикові банки масою 200 г згідно з рецептурним складом, вказаним у табл. 3. У якості контрольного зразку використовували пресерви з олією з соняшнику. Експериментальні зразки (1, 2, 3) виготовлено зі заміною соняшnikової олії на ЛКК у кількості 1, 2 і 3 г/100 г продукту.

3. Характеристика рецептурного складу пресервів

Інгредієнти	Рецептурний склад, г на 100 г продукції			
	Контроль	Експериментальні зразки		
		1	2	3
Філе коропу	70,0	70,0	70,0	70,0
Олія соняшnikова	30,0	29,0	28,0	27,0
ЛКК з чорноморської креветки	–	1,0	2,0	3,0

Сенсорний аналіз зразків пресервів проведено відповідно до міжнародних стандартів (ДСТУ ISO 6564:2005, 2005) експертною комісією у складі 5 кваліфікованих осіб. Оцінено дескриптори, які є значущими для споживачів і входили в комплексний профіль спектра флейвору, так званого гіпотетичного еталону. За результатами дегустації, після математичної обробки, складено профілі спектра флейвору контрольного і різних зразків пресервів. Дегустаційну оцінку пресервів проведено за 5 бальною

шкалою інтенсивності відчуття запаху, смаку і консистенції продукту: 0 балів – відчуття не сприймається; 1 бал – ледь відчутне відчуття; 2 бали – слабка інтенсивність; 3 бали – середня інтенсивність; 4 бали – сильна інтенсивність; 5 балів – дуже сильна інтенсивність.

Контрольний та експериментальні зразки пресервів зберігали за температури +4° С на протязі 60 діб. Оцінку впливу ЛКК на показники якості ліпідів проводили за показниками гідролізу (кислотним числом) (ДСТУ 4350:2004, 2004) та

Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С.

первинного окиснення ліпідів (пероксидним числом) (ДСТУ 4570:2006, 2006).

Достовірність різниці показників проводили за критерієм Стьюдента за $P \leq 0.05$.

Результати. Перше враження формується сенсорною оцінкою продукту. Члени експертної комісії працювали в команді та узгоджували бальну оцінку кожного дескриптора

між собою. Першим розкривався запах, після чого визначали інтенсивність прояву кожного показника на смак із подальшим окресленням залишкового присмаку (стійкості).

Результати профільного аналізу пресервів з коропу з різними концентраціями ЛКК в порівнянні з еталоном і контрольним зразком наведено у табл. 4.

4. Профільний аналіз смаковитості пресервів з коропу та різними концентраціями ліпідно-каротиноїдного комплексу з чорноморської трав'яної креветки

Дескриптор	Оцінка зразків у балах				
	Еталон	Контроль	Зразки пресервів		
			1	2	3
Характеристика запаху та смаку:					
Гармонійний, властивий дозрілої риби	5.0*	3,5±0.07*	4,2±0,31*	4,8±0,02*	4,7±0,04*
Свіжого рибного жиру	4,0	3,5±0,07	3,8±0,04	4,0±0,05	4,0±0,03
Окисненого рибного жиру	0	0	0	0	0
Характеристика консистенції:					
М'яка, соковита, ніжна	5*	4,0±0,03*	4,0±0,02*	4,3±0,05*	4,3±0,30*
Загальне враження	5,0*	4,0±0,02*	4,3±0,01*	4,8±0,02*	4,8±0,3
Сума балів	19,0*	15,0±1,10*	16,3±0,9*	17,9±1,2*	17,8±1,1*

* статистично значуща різниця при $P \leq 0.05$.

Порівняльний аналіз результатів досліджень смаковитості свідчить про те, що пресерви за еталоном відрізняються від контрольного зразку більш вираженим гармонійним запахом та смаком, консистенцією,

які є характерними для дозрілих пресервів. Відчуття дотику в ротовій порожнині під час дегустації пресервів з ЛКК дає змогу охарактеризувати його консистенцію як соковиту та м'яку. За

Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С.

дескриптором «консистенція» усі зразки характеризувалися соковитою та м'якою консистенцією, однак у зразку з 2 г/100 г продукту ЛКК цей показник був кращим. За дескриптором «загальне враження» та «сумою балів» зразки пресервів з добавками ЛКК 2 та 3 г/100 г продукту не виявляли достовірної

різниці між собою, були кращі ніж у контрольному зразку, що дає підставу рекомендувати добавляти її у кількості 2 г на 100 г пресервів.

Для кращого наочного сприйняття результатів побудовано розгорнуті профілі спектра флейвору та порівняно їх із спектром профілю еталону (рис. 1–4).

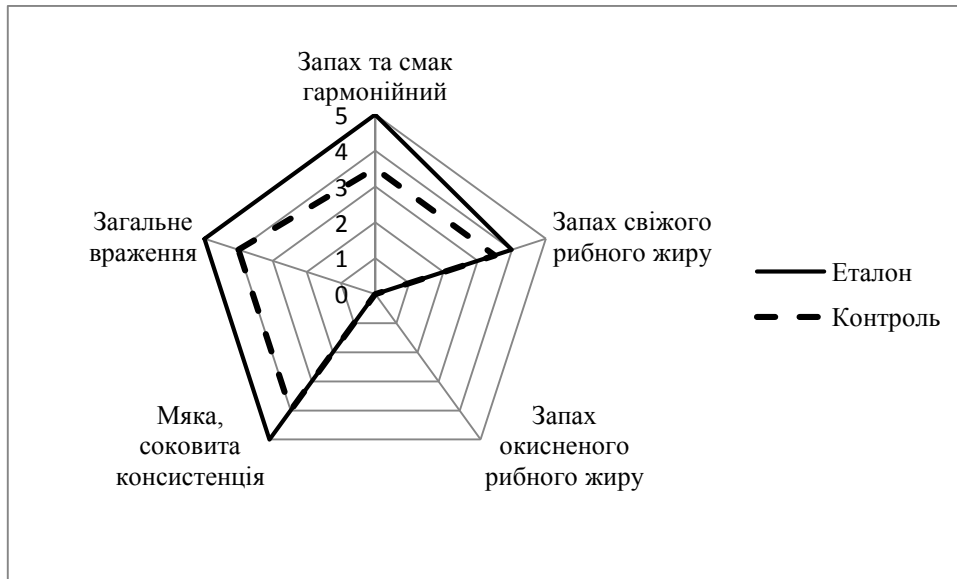


Рис. 1. Профілограма спектра флейвору еталону та контрольного зразка пресервів з коропу

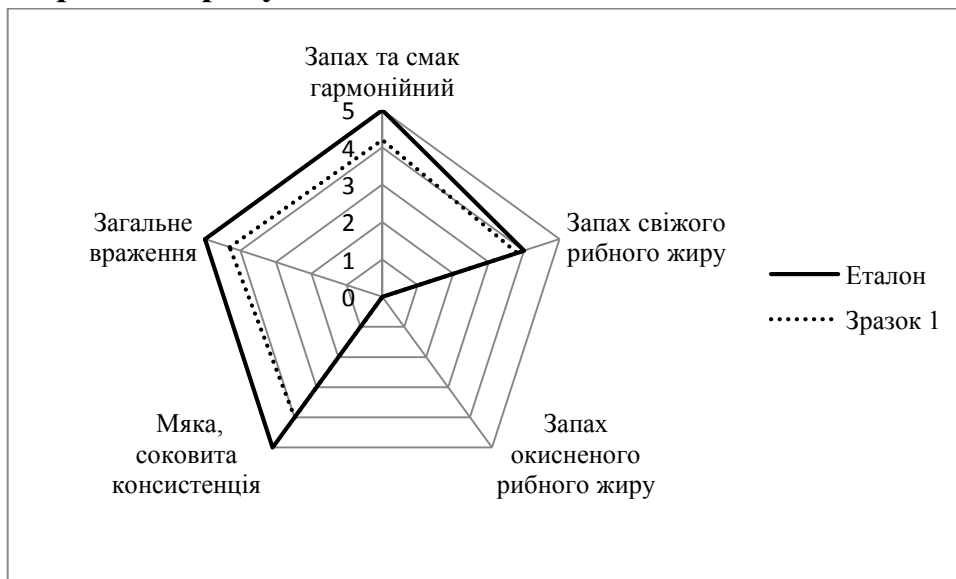


Рис. 2. Профілограма спектра флейвору еталону та 1 зразка пресервів з коропу з добавками 1 г ЛКК на 100 г продукту

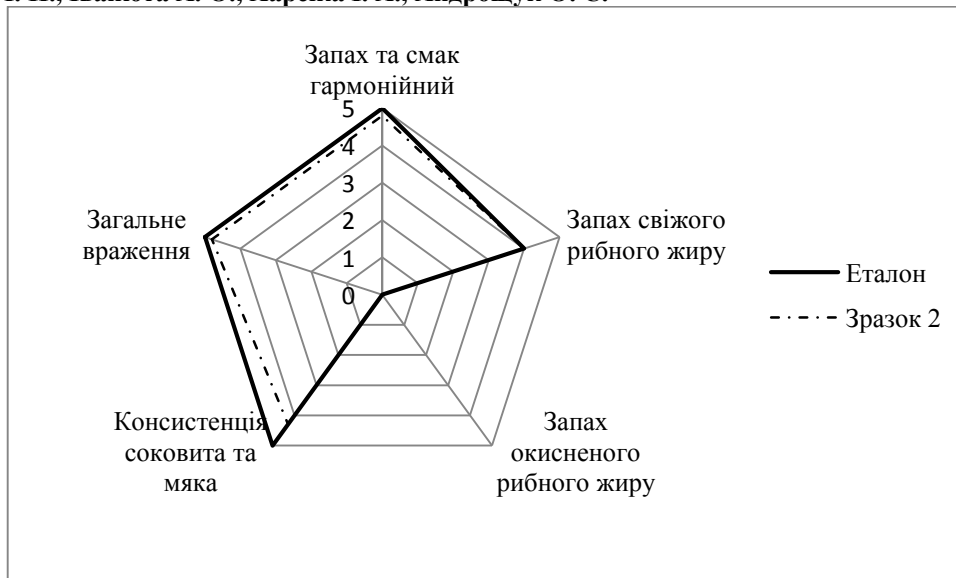


Рис. 3. Профілограма спектра флейвору еталону та 2 зразка пресервів з коропу з добавками 2 г ЛКК на 100 г продукту

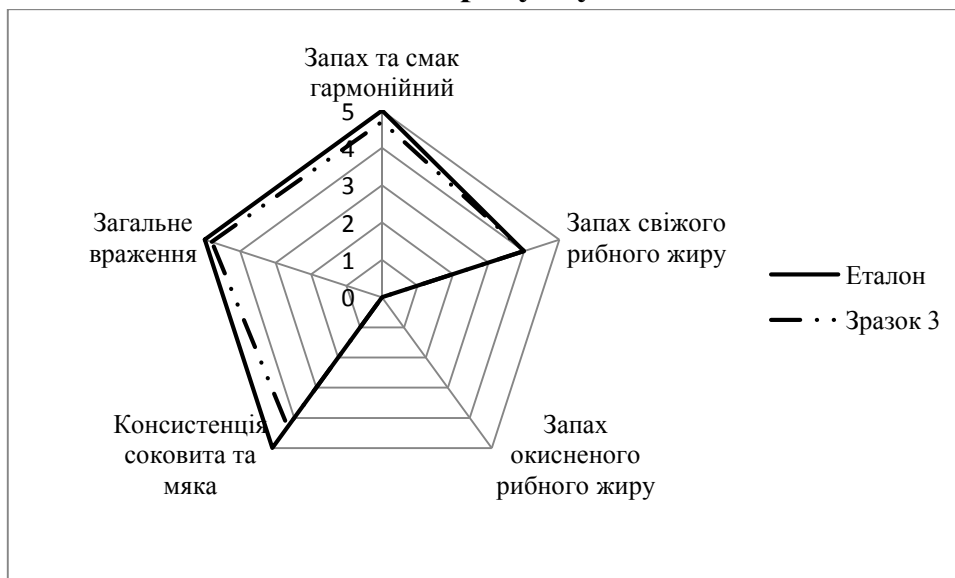


Рис. 4. Профілограма спектра флейвору еталону та 3 зразка пресервів з коропу з добавками 3 г ЛКК на 100 г продукту

Отже, сенсорна оцінка методом створення спектра флейвору визначила переваги пресервів з коропу з добавками 2–3 г ЛКК з чорноморської креветки на 100 г продукту за такими дескрипторами, як гармонійний запах, смаку і консистенція. Ці дескриптори у 2 та 3 зразків відповідали дозрілим пресервам.

Термін зберігання пресервів обмежений завдяки відсутності термічної обробки. Тому важливим етапом у інноваційних технологіях є визначення впливу добавок ЛКК на термін зберігання. Встановлено, що впродовж зберігання пресервів відбуваються процеси окиснення ліпідів. Результати досліджень змін

Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С.

продуктів первинного окиснення

ліпідів у пресервах наведено на рис. 5.

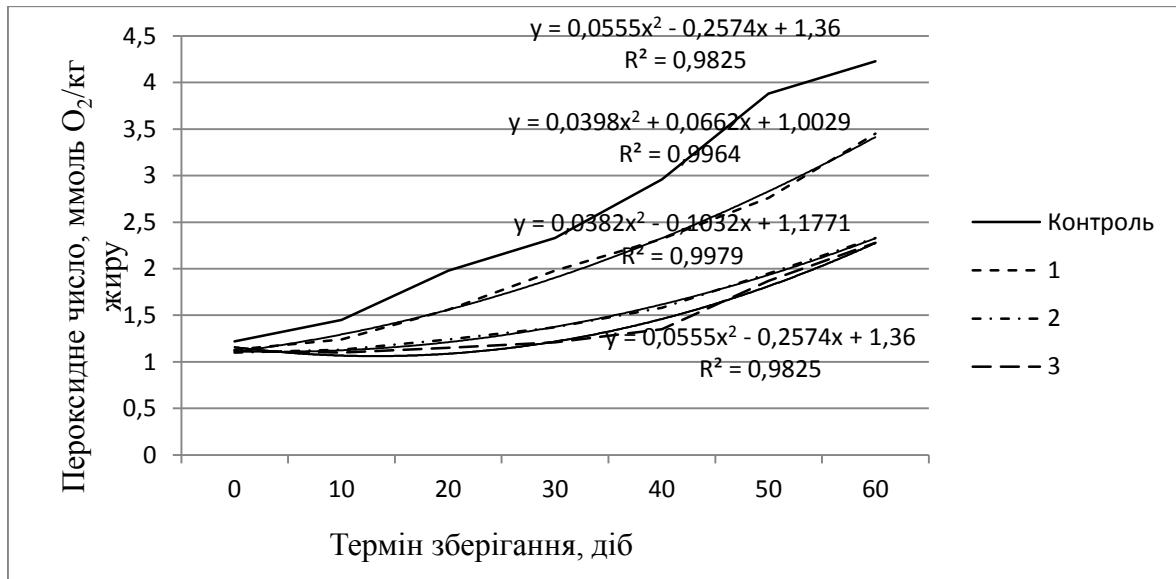


Рис. 5. Вплив добавок ліпідно-каротиноїдного концентрату з чорноморської креветки на зміну показників первинного окиснення ліпідів пресервів на протязі терміну зберігання при температурі +4° C

Аналіз динаміки змін показників первинного окиснення ліпідів свідчить про те, що добавки ЛКК у пресерви з коропу проявляють антиоксидантний ефект. У контрольному зразку накопичення первинних продуктів окиснення проходить швидше ніж у зразках з різної концентрації ЛКК. Найкращий результат встановлено у зразку 2 при добавки 2 г на 100 г продукту.

Коефіцієнт апроксимації у поліномі 2 ступеню складає $R=0,995$ і підтверджує достовірність цих даних.

У процесі зберігання пресервів відбуваються також гідроліз ліпідів. Динаміка змін кислотного числа, яке відображає інтенсивність гідролізу ліпідів та накопичення вільних жирних кислот у контрольному зразку пресервів і експериментальних з добавками ЛКК наведено на рис. 6.

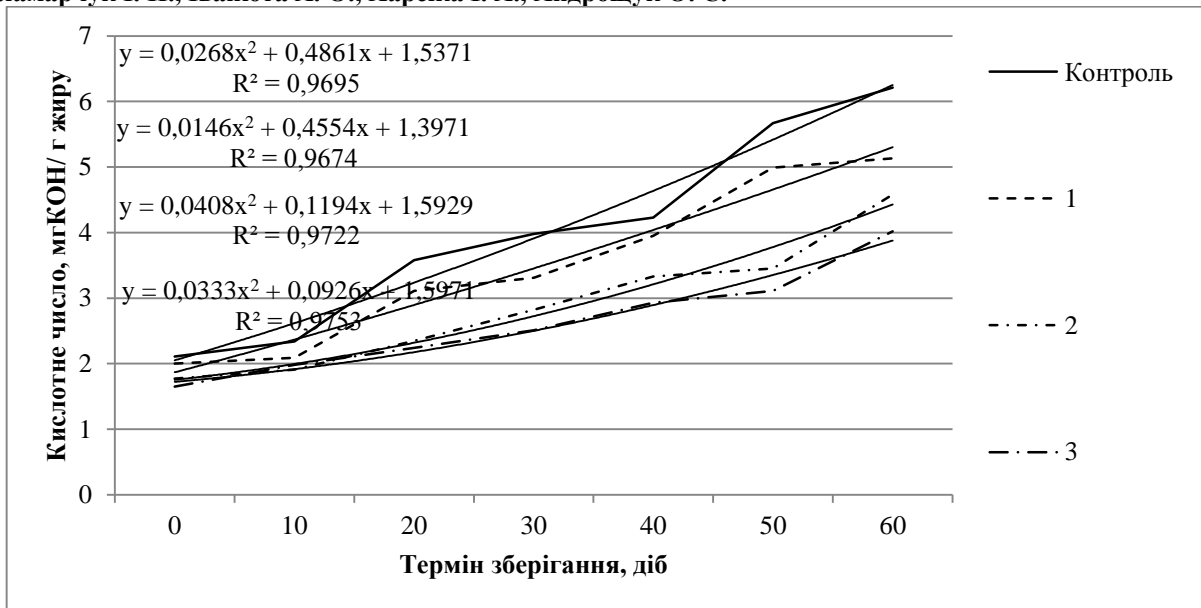


Рис. 6. Вплив добавок ліпідно-каротиноїдного концентрату з чорноморської креветки на зміну показників гідролізу ліпідів пресервів на протязі терміну зберігання при температурі +4° С

У контрольному зразку процеси гідролізу ліпідів відбувались більш інтенсивно у порівнянні з експериментальними зразками з добавками різних кількостей ЛКК. Після 40 днів зберігання у контрольному зразку пресервів показник кислотного числа досягає допустиме значення згідно до вимог міжнародного стандарту (IFFO, 2017): 4,23 проти 4,5 мг КОН/г жиру. Добавки ЛКК у кількості 2 і 3 г/100 г продукції супроводжується зниженням інтенсивності накопичення продуктів гідролізу жиру у порівнянні з контрольним та 1 зразком і дозволяє обмежити термін зберігання до 50 і 60 днів, відповідно. Коефіцієнт апроксимації у поліномі 2 ступеню складає $R=0,9795$ і підтверджує достовірність даних.

Отже, результати досліджень свідчать, що добавки ЛКК у різних кількостях позитивно впливають на формування сенсорних характеристик пресервів з прісноводної риби коропу за показниками гармонійного запаху, м'якої та соковитої консистенції і загальним враженням (див. табл. 4). З іншого боку, добавки ЛКК сповільнюють процеси гідролізу та первинного окиснення ліпідів, що дозволяє подовжити термін їх зберігання більш ніж на 10 і 20 днів в залежності від кількості ЛКК.

Позитивний вплив ЛКК на термін зберігання пресервів можна пояснити тим, що ця біологічно активна добавка містить каротиноїди (Лебський, 2022). Визначено, що пігменти ракоподібних — астаксантини проявляють

Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С.

антиоксидантну активність, яка перевищує у 10–12 раз активність β – каротину (Miki, 1991) і у 100–500 разів у порівнянні з вітаміном Е (Fasset, Nealy, Driver, 2008).

Споживання 100 г пресервів з добавками ЛКК 2 та 3 г/100 г продукту (2 і 3 зразки) здібне забезпечити людині рекомендованою нутриціологами кількістю ЕПК і ДГК (1 г цих кислот на добу для профілактики і 3–5 г для лікування) (USAID, 2015).

Висновки і перспективи.

Харчова продукція з прісноводних риб внутрішніх водойм України характеризується низькими показниками харчової цінності завдяки слідові кількості незамінних жирних кислот родини $\omega 3$. Тому збагачення продукції з прісноводних риб ліпідами з сировини морського походження є актуальною проблемою. Досліджено вплив біологічно активної добавки – ліпідно-каротиноїдного концентрату

Список використаних джерел

1. Баль-Прилипка Л. В., Старкова Е. Р., Лебський С. О., Андрощук О. С. Актуальні проблеми рибопереробної галузі: монографія. К.: Компринт, 2018. 212 с.
2. Быкова В. М. Антарктический криль: справочник. М.: ВНИРО, 2001. 207 с.
3. Голембовська Н. В. Особливості жирнокислотного складу пресервів з прісноводної риби та рослинної сировини. Сборник научных трудов SWorld. 2014. № 3 (36). С. 70–76.
4. ДСТУ 4350:2004. Олії. Методи визначання кислотного числа. [Чинний від 01.10.2005]. К.: Держспоживстандарт, 2005. 12 с.

з чорноморської трав'яної креветки на сенсорні показники та процеси первинного окиснення та гідролізу ліпідів у пресервах з коропу у процесі зберігання. Визначено позитивний вплив добавки ЛКК у кількості від 1 до 3 г/100 г продукту на поліпшення сенсорних характеристик пресервів з прісноводної риби коропу за показниками гармонійного запаху та м'якої та соковитої консистенції і загальним враженням. Добавка ЛКК сповільнює процеси гідролізу та первинного окиснення ліпідів, що дозволяє подовжити термін зберігання пресервів з прісноводної риби короп на 10–20 діб. Отримані результати співвідносяться з попередніми дослідженнями і підтверджують антиоксидантні властивості ЛКК з чорноморської креветки. Перспективи досліджень будуть пов'язані з визначенням впливу ЛКК на мікробіологічні показники пресервів з коропу і ЛКК у продовж зберігання.

5. ДСТУ 4570:2006. Жири рослинні та олії. Метод визначення пероксидного числа. [Чинний від 27.04.2006]. К.: Держспоживстандарт, 2006. 6 с.

6. ДСТУ ISO 6564:2005. Дослідження сенсорне. Методологія. Методи створення спектру флейвору. [Чинний від 25.05.2005]. Київ, Держспоживстандарт, 2006. 9 с.

7. Лебський С. Якість ліпідно-каротиноїдного концентрату з чорноморської креветки *Palaemon adspersus Rathke*, 1837. Товари і ринки. 2022. № 42–2. С. 79–87.

8. Погожева А. В., Онищенко Г. Г., Тутельян В. А. Здоровое питание. Роль БАД. М.: ГЭОТАР – Медиа, 2020. 480 с.

Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С.

9. Баль-Прилипка Л. В., Лебська Т. К., Слободянюк Н. М., Лебський С. О. Спосіб отримання препарату колагенази та біологічно ефективних ліпідів із чорноморської трав'яної креветки *Palaemon adspersus*: патент на корисну модель № 142275 України, МПК А61К 35/612 (2015.01), А23L 17/40 (2016.01), А23L 33/28 (2016.01). Заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України; u201911723; заявлено 09.12.2019; опубліковано 25.05.2020. 4 с.

10. Bal'-Prylypko L. V., Patyka N. V., Leonova B. I., Starkova E. R., Brona A. I. Trends, Achievements and Prospects of Biotechnology in the Food Industry. *Mikrobiolohichniy zhurnal*. 2016. Vol. 78. № 3. P. 99–111.

11. Champigny C. M., Cormier R. P. J., Simard C. J., St-Coeur P.-D., Fortin S., Pichaud N. Omega-3 Monoacylglyceride Effects on Longevity, Mitochondrial Metabolism and Oxidative Stress: Insights from *Drosophila melanogaster*. *Mar. Drugs*. 2018. Vol. 16 (11). P. 453.

12. De Oliveiraa M. R., Nabavib S. F., Nabavib S. M., Jardimc F. R. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and mitochondria, back to the future. *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol. 67. P. 76–92.

13. FAO. Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. Rome, Geneva, 10–14 November 2008. 180 p.

14. Lebskaya T. K., Bal'-Prylypko L. V., Menchinskaya A. A., Lebsky S. O. Lipid profile of the black sea shrimp *Palaemon adspersus* Rathke, 1837. *Voprosy pitaniia*. 2020. Vol. 89(1). P. 96–100.

15. Lebska T., Bal'-Prylypko L., Kovalinska T., Sakhno V., Mikhneva E., Bondarenko Ye., Kravchenko O., Bondarenko V. Preservation of rapana meat by the irradiation technology. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15. Iss. 3. P. 120–132.

16. Miki W. Biological functions and activities of animal carotenoids. *Pure & Appl. Chem.* 1991. Vol. 63. P. 141–146.

17. Nakamura A., Kawahara A., Takahashi H., Kuda T., Kimura B. Comparison between the Antimicrobial Activity of Essential

Oils and Their Components in the Vapor Phase against Food-related Bacteria. *Journal of Oleo Science*. 2022. Vol. 71 (3). P. 411–417.

18. IFFO. CODEX Standard for Fish Oil. URL: <https://www.iffco.com/codex-standard-fish-oil>

19. Tojo T., Tsuruoka M., Kondo T., Yuasa M. Evaluation of Cancer Cell Growth Suppressibility of ω 3 Fatty Acids and Their Metabolites. *Journal of Oleo Science*. 2022. № 71 (8). P. 1253–1260.

20. USAID. Demographic and Health Survey (DHS). Nutrition. 2017. <http://dhsprogram.com/topics/nutrition.cfm>.

References

1. Bal'-Prylypko L. V., Starkova E. R., Lebskyi S. O., Androschuk O. S. (2018). Actual problems of the fish processing industry: monograph. K.: Komprynt, 212.

2. Bykova V. M. (2001). Antarctic krill: reference book. M.: VNYRO, 207.

3. Holembovska N. V. (2014). Specifics fatty acid composition of preserves from freshwater fish and vegetable raw materials. *SWorld*. № 3 (36), 70–76.

4. DSTU 4350:2004. (2005). Oils. Methods of determining the acid number. Valid from 10.01.2005. K.: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy, 12.

5. DSTU 4570:2006. (2006). Vegetable fats and oils. The method of determining the peroxide number. Valid from 27.04.2006. K.: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy, 6.

6. DSTU ISO 6564:2005. (2005). Sensory research. Methodology. Flavour profile methods. Valid from 25.05.2005. K.: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy, 9.

7. Lebsky S. (2022). The quality of the lipid-carotenoid concentrate from the Black Sea shrimp *Palaemon adspersus* Rathke, 1837. *Goods and markets*. 42–2, 79–87.

8. Pohozheva A. V., Onyshchenko H. H., Tutelian V. A. (2020). Healthy food. The role of dietary supplements. M.: HEOTAR – Media, 480.

9. Bal'-Prylypko L. V., Lebska T. K., Slobodianiuk N. M., Lebskyi S. O. (2020). The method of obtaining the preparation of collagenase and biologically effective lipids from the Black Sea grass shrimp *Palaemon*

Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С.

adspersus: patent № 142275 of Ukraine. MPK A61K 35/612 (2015.01), A23L 17/40 (2016.01), A23L 33/28 (2016.01). National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. u201911723, 4.

10. Bal-Prylypko L. V., Patyka N. V., Leonova B. I., Starkova E. R., Brona A. I. (2016). Trends, Achievements and Prospects of Biotechnology in the Food Industry. *Mikrobiolohichniy zhurnal*. 78 (3), 99–111.

11. Champigny C. M., Cormier R. P. J., Simard C. J., St-Coeur P.-D., Fortin S., Pichaud N. (2018). Omega-3 Monoacylglyceride Effects on Longevity, Mitochondrial Metabolism and Oxidative Stress: Insights from *Drosophila melanogaster*. *Mar. Drugs*. 16 (11), 453.

12. De Oliveiraa M. R., Nabavib S. F., Nabavib S. M., Jardimc F. R. (2017). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and mitochondria, back to the future. *Trends in Food Science & Technology*. 67, 76–92.

13. FAO. (2008). Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. Rome. Geneva, 180.

14. Lebskaya T. K., Bal'-Prylypko L. V., Menchinskaya A. A., Lebsky S. O. (2020). Lipid profile of the black sea shrimp *Palaemon*

adspersus Rathke, 1837. *Voprosy pitaniia*. 89(1), 96–100.

15. Lebska T., Bal-Prylypko L., Kovalinska T., Sakhno V., Mikhneva E., Bondarenko Ye., Kravchenko O., Bondarenko V. (2021). Preservation of rapana meat by the irradiation technology. *Food science and technology*. 15 (3), 120–132.

16. Miki W. (1991). Biological functions and activities of animal carotenoids. *Pure & Appl. Chem*. 63, 141–146.

17. Nakamura A., Kawahara A., Takahashi H., Kuda T., Kimura B. (2022). Comparison between the Antimicrobial Activity of Essential Oils and Their Components in the Vapor Phase against Food-related Bacteria. *Journal of Oleo Science*. 71 (3), 411–417.

18. IFFO. (2017). CODEX Standard for Fish Oil. URL: <https://www.iffco.com/codex-standard-fish-oil>

19. Tojo T., Tsuruoka M., Kondo T., Yuasa M. (2022). Evaluation of Cancer Cell Growth Suppressibility of ω 3 Fatty Acids and Their Metabolites. *Journal of Oleo Science*. 71 (8), 1253–1260.

20. USAID. (2017). Demographic and Health Survey (DHS). Nutrition. 2017. <http://dhsprogram.com/topics/nutrition.cfm>.

THE EFFECT OF LIPID-CAROTINOID CONCENTRATE FROM SHRIMP ON THE QUALITY AND PERIOD OF STORAGE OF PRESERVES

V. V. Palamarchuk, A. O. Ivanyuta, I. A. Kharsika, O. S. Androschuk

Abstract. *The raw material base of the fish industry of Ukraine is mainly represented by freshwater fish, which are characterized by a low content of polyunsaturated fatty acids of the ω 3 family and do not meet the modern requirements of nutrition science for healthy nutrition. Therefore, the enrichment of food products from freshwater fish with these acids becomes relevant. The aim of work – to determine the effect of lipid-carotenoid concentrate from the Black Sea shrimp *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 on the quality and period of storage preserves from carp *Cyprinus carpio*. The research was conducted in the laboratory of the meat, fish and seafood technology department of the faculty of food technology and product quality of agricultural products of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine in the autumn of 2022. Developed of the descriptors and an evaluation of the sensory characteristics of preserves from *C. carpio* with different concentrations of lipid-carotenoid concentrate (1, 2, 3 g/100 g of product) and control. The quality of preserves with supplements of lipid-carotenoid concentrate in the amount of 2 and 3 g/100 g of the product exceeded the control sample by intensity of smell, taste and*

Паламарчук І. П., Іванюта А. О., Харсіка І. А., Андрощук О. С.

consistency and overall impression. Determined a positive influence of lipid-carotenoid concentrate to a change in the safety indicators of lipids, which is manifested in the slowing down of the processes of primary oxidation according to the peroxide number and hydrolysis of lipids according to the acid number. In the control sample, the peroxide number after 2 months storage at a temperature of +4°C reached 4.23, in experimental – 2.33 mmol O₂/kg of fat, which did not exceed the permissible values according to the requirements of the international standard. Accumulation of free fatty acids in preserved samples was more intensive. In the control sample, after 50 days of storage, the acid value is 5.67, which limits this indicator by the requirements of the standard – 4.5 mg KOH/g of fat, which allows reducing the storage period of the control sample to 40 days. The addition of lipid-carotenoid concentrate in the amount of 2 and 3 g/100 g of the product can extend the storage period to 60 days. Intake of preserved carp of 100 g with additives of lipid-carotenoid concentrate in the amount of 2.3 g/100 g of the product will ensure the daily rate of intake of ω3 fatty acids in accordance with the recommendations of the FAO (1 g per day for prevention). The research results approve the antioxidant properties of shrimp carotenoid concentrate and correlate with the previous publications in this direction. Prospects for further work will be related to the determination of indicators of the biological value of preserves from freshwater fish and additives of lipid-carotenoid concentrate and changes in microbiological indicators of preserves during storage.

Keywords: *preserves, carp, lipid-carotenoid concentrate, Black Sea shrimp, sensory properties, indicators of quality, safety, period of storage*

ЗМІНИ ВМІСТУ ІМУНОГЛОБУЛІНІВ ТА ЦИРКУЛЮЮЧИХ ІМУННИХ КОМПЛЕКСІВ У СИРОВАТЦІ КРОВІ КРОЛІВ-РЕЦИПІЄНТІВ ЗА АЛОГЕННОЇ ТРАНСФУЗІЇ ЦІЛЬНОЇ КРОВІ

О. В. ЄГОРОВ¹, аспірант та асистент кафедри хірургії і патофізіології ім.

І.О. Поваженка

М. О. МАЛЮК¹, доктор ветеринарних наук, доцент, завідувач кафедри хірургії і патофізіології ім. І.О. Поваженка

М. В. САВЧУК², кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри екології та безпеки життєдіяльності

¹Національний Університет біоресурсів та природокористування України

²Державний університет інфраструктури та технологій

E-mail: o.yehorov@it.nubip.edu.ua, nikolai_malyuk@ukr.net,

savchuk_mv@gsuite.duit.edu.ua

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.010>

***Анотація.** У роботі представлено результати дослідження щодо зміни вмісту імуноглобулінів та ЦК у сироватці крові кролів-реципієнтів за алогенної трансфузії цільної крові. Актуальність роботи визначається важливістю контролю стану імуноглобулінів та ЦК, оскільки саме ці показники інформують про успішність процедури переливання крові і сприйняття матеріалу іммуною системою реципієнта. Отже мета роботи полягала у вивченні змін вмісту імуноглобулінів та ЦК у сироватці крові кролів-реципієнтів. Матеріалом для досліджень були зразки сироватки крові, що отримані від 5 кролів на 3, 8 та 23 доби після трансфузії. У досліджах використовувались клінічно здорові тварини, яким переливали цільну кров. Раціон годівлі дослідних тварин відповідав потребі в поживних і біологічно активних речовинах, тварини мали вільний доступ до води. Кров у тварин-донорів відбирали з яремної вени напівзакритим методом. Зразки донорської крові кролів були заготовлені в полімерні контейнери з антикоагулянтом ЦФДА. Утримання тварин, трансфузію, маніпуляції та виконання досліджень проводили на базі та в умовах НВЦ «Ведмедсервіс», ННЛ «Банк крові тварин» та кафедри хірургії і патофізіології ім. акад. І.О.Поваженка НУБіП України. Дослідження вмісту імуноглобулінів у сироватці крові кролів проводили згідно методу Манчіні, визначення ЦК проводили методом, що ґрунтується на вибірковій преципітації високомолекулярних імунних комплексів, що містяться у сироватці крові, поліетиленгліколем із молекулярною масою 6000 Да із подальшим визначенням оптичної щільності через спектрофотометрування за $\lambda = 450$ нм. За результатами проведених досліджень встановлено, що за алогенної трансфузії цільної крові кролям-реципієнтам відбувається достовірне підвищення вмісту імуноглобулінів класу М у сироватці крові на 3 добу експерименту та зниження їх вмісту на 23 добу експерименту. Показано, що за алогенної трансфузії цільної крові кролям-реципієнтам*

Сторов О. В., Малюк М. О., Савчук М. В.

відбувається зниження вмісту імуноглобулінів класу G та A у сироватці крові впродовж 23 діб експерименту. Алогенна трансфузія цільної крові в організмі кролів-реципієнтів активує утворення в сироватці крові тварин циркулюючих імунних комплексів, які можуть відкладатися у периваскулярному просторі і кірковому шарі нирок, спричиняючи активацію комплементу та запальні процеси.

Ключові слова: гемотрансфузія, імуноглобуліни, імунні комплекси, імунна відповідь, реципієнт

Актуальність роботи.

Гемотрансфузійна терапія на даний час займає важливе місце в сучасній медицині, завдяки маніпуляції переливання донорської крові, людство отримало незамінний матеріал для альтернативної заміни під час лікування тяжких крововтрат та багатьох інших гострих та хронічних захворювань.

Використання донорських компонентів і препаратів крові в лікувальній практиці досягло величезних масштабів (М. М. Рубанець, 2005р.). Велика кількість трансплантацій виконуються щорічно у всьому світі. Достатньо сказати, що Європейська асоціація по трансплантації крові та кісткового мозку (ЄВМТ) повідомила про здійснення упродовж 2007 року 19341 трансплантацій, з яких було 6456 алогенних і 12885 аутологічних процедур (С. А. Dendrou, 2015).

Успішність процедури алогенної трансплантація крові залежить від того, на скільки вдається забезпечити дотримання принципів трансплантаційної імунологічної сумісності крові донора реципієнта (М. М. Рубанець, 2005р.).

Згідно з літературними джерелами (Т. В. Глазанова, 2015;

Е. Delaflor-Weiss, 2002; Р. Cano, 2013; J. Gorham, 2006; J. Waters, 2008; М. Raghavan, 2005) у відповідь на здійснення трансфузії в організмі реципієнта спрацьовує імунологічна система. Важливими показниками якої є IgM - антитіла гострого періоду імунної відповіді, що синтезуються плазматичними клітинами за першого контакту з певним патогеном. IgM має одразу 10 центрів зв'язування антигенів, що особливо актуально саме в гострий період інфекції, коли є необхідність у швидкому розпізнаванні й знищенні великої кількості патогену. Згідно опрацьованої літератури (Waters, 2008) IgM здатні активувати комплемент, що забезпечує реалізацію комплементзалежної цитотоксичності. У середньому високі концентрації специфічних IgM реєструються із 6–7-го дня після інфікування, пізніше рівень IgM знижується на фоні підвищення вмісту IgG, тобто відбувається переключення з синтезу IgM на IgG.

IgG — антитіла пізньої фази імунної відповіді, що починають синтезуватись після періоду переважання IgM. У властивостях IgG враховані умови періодів регресу

Сторов О. В., Малюк М. О., Савчук М. В.

клінічних проявів і реконвалесценції запального процесу, протягом яких кількість патогену зменшується і першочерговим для виліковування є якість розпізнавання антигену. Для успішної ерадикації патогену необхідне забезпечення надійного контролю периферичних тканин з боку імуноглобулінів на предмет наявності патогену. IgG, що мають лише 2 центри зв'язування антигену й меншу молекулярну масу, мають кращу здатність проникати до периферичних тканин. Високі рівні специфічних IgG реєструються в періоди регресу клінічних проявів і реконвалесценції при гострому процесі. Специфічні IgG можуть продукуватися й циркулювати в сироватці крові протягом тривалого терміну після виліковування, оскільки саме цей клас антитіл продукують клітини імунної пам'яті(Т.В. Глазанова, 2015; E. Delaflor-Weiss , 2002).

IgA — це імуноглобуліни слизових оболонок і шкіри. Розрізняють сироваткову і секреторну форми (sIgA). Дефіцит sIgA може бути пов'язаний як зі зниженням концентрації сироваткової форми, яка є попередницею секреторної, так і з порушенням діяльності епітелію, де для IgA синтезується секреторний компонент, що захищає молекулу імуноглобуліну від розщеплення травними ферментами(Т.В. Глазанова, 2015 J. Waters, 2008; M. Raghavan, 2005).

Одним із важливих показників, що характеризує стан гуморальної ланки імунної системи організму, є рівень циркулюючих імунних комплексів (ЦК). ЦК – комплекси, які складаються з антигенів, антитіл і пов'язаних з ними компонентів комплементу C3, C4, C1q. У нормі імунні комплекси, що утворилися в кровотоці, фагоцитуються і руйнуються, а при збільшенні їх розміру (при надлишку антигенів і присутності в їх структурі IgM, компонента комплементу C1q) комплекси можуть відкладатися в периваскулярному просторі і корковому шарі нирок, викликаючи активацію комплементу і запальні процеси. Патологічні реакції на імунні комплекси можуть бути обумовлені підвищенням швидкості їх утворення над швидкістю елімінації, дефіцитом одного або декількох компонентів комплементу або функціональними дефектами фагоцитарної системи (N. Stepura, 2020).

Таким чином *мета* роботи полягала у вивченні змін вмісту імуноглобулінів та циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові кролів-реципієнтів за аlogenної трансфузії цільної крові.

Матеріали і методи дослідження. Матеріалом для досліджень були зразки сироватки крові, що отримані від 5 кролів на 3, 8 та 23 доби після трансфузії. Кролям переливали цільну кров.

Сторов О. В., Малюк М. О., Савчук М. В.

У дослідях використовувалися клінічно здорові тварини (кролі). Раціон годівлі дослідних тварин відповідав потребі в поживних і біологічно активних речовинах. Тварини мали вільний доступ до води.

Експерименти на тваринах проведені з дотриманням вимог «Загальних етичних принципів проведення експериментів на тваринах», схвалених I Національним конгресом з біоетики (20.09.04 р., Київ, Україна) та положень «Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, яких використовують в експериментальних та інших наукових цілях» (Страсбург, 1986), Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (Відомості ВР, 2010).

Кров у тварин-донорів відбирали з яремної вени напівзакритим методом, попередньо обробивши ділянку шкіри 70 % етиловим спиртом. Зразки донорської крові кролів були заготовлені в полімерні контейнери з антикоагулянтном ЦФДА.

Утримання тварин, трансфузію, маніпуляції та виконання досліджень проводили на базі та в умовах НВЦ «Ведмедсервіс», ННЛ «Банк крові тварин» та кафедри хірургії і патофізіології ім. акад. І.О. Поваженка НУБіП України.

Дослідження вмісту імуноглобулінів у сироватці крові кролів. В основу цього дослідження

покладено метод Манчіні, котрий заснований на вимірюванні діаметра кільця преципітації, що утворюється при внесенні досліджуваної сироватки в лунки, вирізані в товщі агара в якому попередньо деспіригована моноспецифічна сироватка та застосовується для оцінки функціонального стану В-ланки імунної системи. Діаметр кільця преципітації прямо пропорційний концентрації досліджуваного імуноглобуліна (И.А. Кондратьева, 2004).

Нормальні показники імуноглобулінів у дорослих кролів становлять:

IgA - 1,25 – 2,5 г/л

IgG - 7,5 – 15,45 г/л

IgM - 1,25 – 2,5 г/л

Визначення циркулюючих імунних комплексів проводили методом, що ґрунтується на вибірковій преципітації високомолекулярних імунних комплексів, що містяться у сироватці крові, поліетиленгліколем з молекулярною масою 6000 Да із подальшим визначенням оптичної щільності через спектрофотометрування за $\lambda = 450$ нм (Ю.А. Гриневич, 1981).

Результати дослідження та їх обговорення. Згідно проведених досліджень встановлено, що при здійсненні трансфузії цільної крові у сироватці крові кролів-реципієнтів спостерігали тенденцію до зменшення імуноглобулінів класу G на 3 добу та достовірне зниження вмісту

Сторов О. В., Малюк М. О., Савчук М. В.

імуноглобуліну класу G на 7 та 23 доби експерименту. Такі зміни очевидно свідчать про те, що імуноглобуліни цього класу зв'язуються із трансплантованими антигенами донорської крові (білки сироватки, корпускулярні антигени) активують білки системи комплементу, утворюючи велику кількість циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові тварини реципієнта. Варто відмітити також що цей клас імуноглобулінів досить легко проникає в екстравакулярний простір

здійснюючи захисну функцію на відміну від Ig M.

Під час дослідження в сироватці крові імуноглобулінів класу A ми спостерігали тенденцію до зниження їх вмісту в сироватці крові на 3, 8 і 23 доби експерименту. Тенденцію до зниження Ig A можна пояснити взаємодією цих Ат із CD-рецепторами трансплантованих клітин крові (еритроцити, різні види лейкоцитів, тромбоцити) та гуморальними антигенами.

1. Динаміка змін вмісту імуноглобулінів у сироватці крові кролів за алогенної трансфузії цільної крові ($M \pm m$, $n=5$)

№ п/п	Досліджувані імуноглобуліни	Вихідний стан	3 доба	8 доба	23 доба
1	Ig M, г/л	1,41±0,04	2,1±0,08***	1,45±0,3	1,1±0,11*
2	Ig G, г/л	8,67±0,06	8,66±0,12	7,69±0,13***	7,88±0,16**
3	Ig A, г/л	1,27±0,06	0,57±0,064	0,72±0,02	0,48±0,04

Примітка * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Імуноглобулін класу M є найбільшим за молекулярною масою імуноглобуліном та основним фігурантом ранньої специфічної імунної відповіді. Нами встановлено (рисунок 1) що, вміст імуноглобуліну класу M у сироватці крові кролів-реципієнтів на 3 добу експерименту достовірно збільшився відносно вихідного стану на 49 %. Варто відмітити, що у тварин вміст Ig M мав тенденцію до зниження щодо 3 доби

експерименту. На 23 добу експерименту було зафіксовано зниження вмісту імуноглобуліну на рівні та нижче вихідного стану (табл.1.). Це пояснюється утворенням антитіл гострого періоду імунної відповіді, що синтезуються плазматичними клітинами при першому контакті з певним патогеном, після 8 доби зафіксовано зниження, оскільки почався синтез імуноглобулінів Ig G.

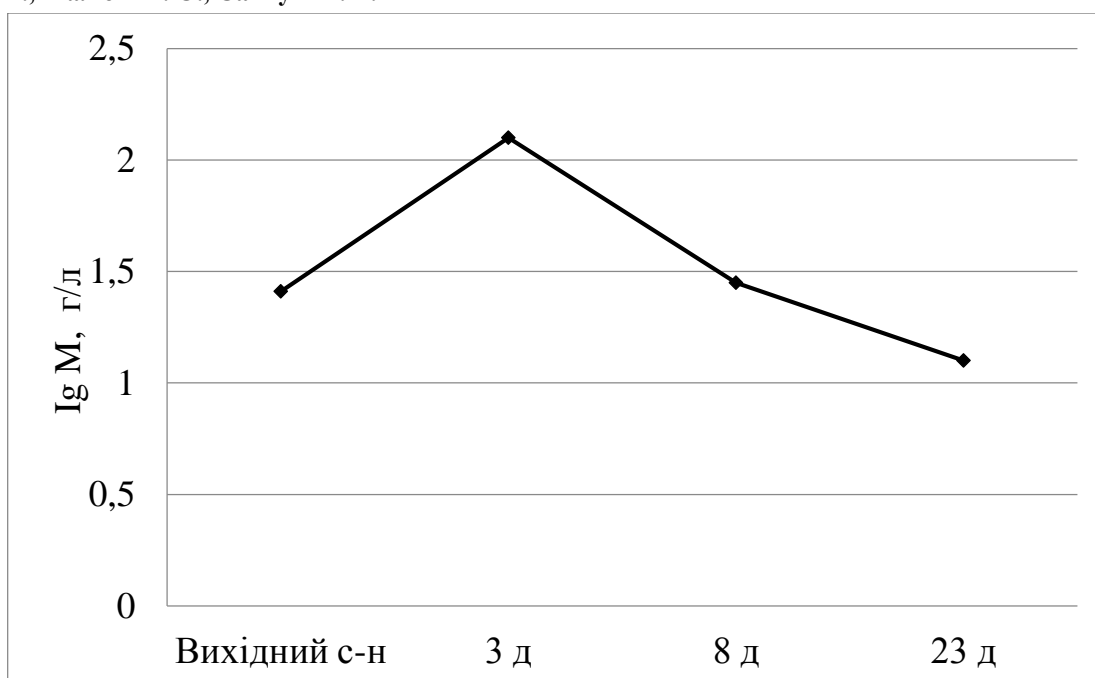


Рис. 1. Зміни вмісту імуноглобулінів класу М у сироватці крові тварин за переливання цільної крові

У роботі здійснено аналіз вмісту циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові, оскільки даний показник має важливе значення при оцінці ефективності проведеного лікування. Згідно з даним у таблиці 2. видно, що ЦК на 3, 8 та 23 доби після здійснення трансфузії зростає відповідно на 80,8, 73,1 та 15,4 %. Варто відмітити, що в нормі в організмі ссавців імунні комплекси утворюються у крові, руйнуються як

фагоцитами так і клітинами печінки. Достовірне збільшення циркулюючих імунних комплексів в організмі кролів-реципієнтів на 3 і 8 доби експерименту, очевидно, відбувається за рахунок надлишку гуморальних (білків плазми крові) і клітинних антигенів (еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів) та активації системи комплементу за алогенної трансфузії в організмі тварин-реципієнтів.

2. Динаміка змін цитотоксичної активності лімфоцитів та циркулюючих імунних комплексів у крові кролів першої групи за алогенної трансфузії цільної крові (M±m, n=5)

№ п/п	Досліджуваний показник	Вихідний стан	3 доба	8 доба	23 доба
1	ЦК, ум.од/л	2,6±0,3	4,7±0,45**	4,5±0,6*	3,0±0,7

Примітка * p < 0,05; ** p < 0,01; ***p < 0,001

Отже підвищення ЦК активує їх до взаємодії з системою комплементу, калікреїн-кініновою системою

згорання крові та іншими регуляторними системами організму, спричиняють розвиток реакції

Сторов О. В., Малюк М. О., Савчук М. В.

запалення й пошкодження тканин організму. З іншої сторони, даний показник вказує на спроможність імунної системи зв'язувати антигени в організмі тварин-реципієнтів та виводити їх з організму.

Висновки. Встановлено, що за алогенної трансфузії цільної крові кролям-реципієнтам відбувається достовірне підвищення вмісту імуноглобулінів класу М у сироватці крові на 3 добу експерименту та зниження їх вмісту на 23 добу експерименту.

Показано, що за алогенної трансфузії цільної крові кролям-реципієнтам відбувається зниження вмісту імуноглобулінів класу G та A в

Список використаних джерел

1. Dendrou C., Fugger L., Friese M. Immunopathology of multiple sclerosis. *Nat Rev Immunol.* 2015. №15. P.545-558.

2. Степура Н., Замотаєва Г., Терехова Г., Волинець І. Вміст циркулюючих імунних комплексів у хворих на дифузний токсичний зоб, ускладнений автоімунною офтальмопатією. *Ендокринологія.* 2020. Том.25. №4. С. 305-309. <https://doi.org/10.31793/1680-1466.2020.25-4.305>

3. Глазанова Т.В. и др. Выработка аллогенных антител к антигенам лейкоцитов и тромбоцитов (анти-HLA и анти-HPA) у больных с заболеваниями системы крови на фоне трансфузий компонентов крови. *Гематология и трансфузиология.* 2015. т. 60, № 4. С 26-29.

4. Delaflor-Weiss E., Mintz P.D. The evaluation and management of platelet refractoriness and alloimmunization. *Transfus. Med. Rev.* 2002. № 14(2). P. 180–96.

5. Cano P., Patel H., Cao K. Anti-HLA-class-I antibodies and platelet transfusion refractoriness. *Human Immunol.* 2013. № 74. P. 169–170.

сироватці крові впродовж 23 діб експерименту.

Алогенна трансфузія цільної крові в організмі кролів-реципієнтів активує утворення в сироватці крові тварин циркулюючих імунних комплексів, які можуть відкладатися в периваскулярному просторі й кірковому шарі нирок, викликаючи активацію комплементу та запальні процеси.

Перспективи подальших досліджень. Провести дослідження щодо реакції клітинної ланки імунітету в організмі тварин-реципієнтів за алогенної трансфузії цільної крові.

6. Gorham J. Transfusion tickles T cells through cross-priming. *Blood.* 2006. Vol. 107. N1. P. 6–7.

7. Waters J. Trauma surgery and transfusion options. *International Trauma Care.* 2008. Vol. 18, N1. P. 66–69.

8. Raghavan M., Marik P. Anemia, allogenic blood transfusion, immunomodulation in the critically ill. *Chest.* 2005. Vol.127. P. 295–307.

9. Рубанець М.М., Потапов О.О. Основні принципи і методики переливання компонентів, препаратів крові та кровозамінників: навч.-мед. посіб. для студентів лікарів-інтернів та лікарів. Суми: СУМДУ, 2005. 69 с.

10. Кондратьева И.А. Практикум по иммунологии: практикум. Москва, 2004. 27 с.

11. Гриневич Ю.А., Алферов, А. Н. Определение циркулирующих иммунных комплексов в крови онкологических. *Лаб. дело.* 1981. №8. С.493–495.

References

1. Dendrou, C. A., Fugger, L., & Friese, M. A. (2015). Immunopathology of multiple sclerosis. *Nature Reviews Immunology*, 15(9), 545-558.

Сторов О. В., Малюк М. О., Савчук М. В.

2. Stepura, N. N., Zamotayeva, G. A., Terekhova, G. N., & Volynets, I. P. (2020). The content of circulating immune complexes in patients with diffuse toxic goiter complicated by autoimmune ophthalmopathy. *Endocrinology*, 25(4), 305-309. <https://doi.org/10.31793/1680-1466.2020.25-4.305>

3. Glazanova, T. V., Hrytsaev, S. V., Shilova, E. R., Pavlova, I. E., Chubukina, Zh. V., Rozanova, O. E., ... & Bubnova, L. N. (2015). Production of allogeneic antibodies to antigens of leukocytes and platelets (anti-HLA and anti-HPA) in patients with diseases of the blood system against the background of transfusions of blood components. *Hematology and Transfusiology*, 60(4), 26-29.

4. Delaflor-Weiss, E., & Mintz, P. D. (2000). The evaluation and management of platelet refractoriness and alloimmunization. *Transfusion medicine reviews*, 14(2), 180-196.

5. Cano, P., Patel, H., & Cao, K. (2013). Anti-HLA-class-I antibodies and platelet

transfusion refractoriness. *Human Immunology*, 74, 169.

6. Gorham, J. D. (2006). Transfusion tickles T cells through cross-priming. *Blood*, 107(1), 6-7.

7. Waters, J. (2008). Trauma surgery and transfusion options. *Int Trauma Care*, 18, 66-70.

8. Raghavan, M., & Marik, P. E. (2005). Anemia, allogenic blood transfusion, and immunomodulation in the critically ill. *Chest*, 127(1), 295-307.

9. Rubanets M.M., & Potapov O.O. (2005). *Basic principles and methods of transfusion of components, blood preparations and blood substitutes*. Sumi: SUMDU.

10. Kondratieva I.A. (2004). Workshop on immunology. Moscow.

11. Hrynevych, Yu. A., & Alferov, A. N. (1981). Determination of immune complexes in the blood of cancer patients. *Lab. Case*, 8, 493-496.

CHANGES IN THE CONTENT OF IMMUNOGLOBULINS AND CIRCULATING IMMUNE COMPLEXES IN THE BLOOD SERUM OF RABBIT RECIPIENTS DURING ALLOGENEOUS WHOLE BLOOD TRANSFUSION

O. V. Egorov, M. O. Malyuk, M. V. Savchuk

Abstract. *The paper presents the results of research on changes in the content of immunoglobulins and circulating immune complexes in the blood serum of recipient rabbits after allogeneic whole blood transfusion. The relevance of the work is determined by the importance of monitoring the state of immunoglobulins and CIC, since these indicators inform about the success of the blood transfusion procedure and the removal of the material by the recipient's immune system. Thus, the aim of the work was to study changes in the content of immunoglobulins and CIC in the blood serum of recipient rabbits. The material for research was blood serum samples obtained from 5 rabbits on 3, 8 and 23 days after transfusion. In the experiments, clinically healthy animals were used, which were transfused with whole blood. The feeding diet of the experimental animals met the need for nutrients and biologically active substances, the animals had free access to water. Blood from donor animals was collected from the jugular vein using a semi-closed method. Donor blood samples of rabbits were prepared in polymer containers with the anticoagulant Tsfd. Keeping animals, transfusions, manipulations and conducting research were carried out on the basis and in the conditions of Vedmedservis NSC, Animal Blood Bank>NNL and the Department of Surgery and Pathophysiology named after Acad. I.O. Povazhenka, NULES of Ukraine. The study of the content of immunoglobulins in the blood serum of rabbits*

Сторов О. В., Малюк М. О., Савчук М. В.

was carried out according to the Mancini method, the CIC was determined by the method based on the selective precipitation of high molecular weight immune complexes contained in the blood serum with polyethylene glycol with a molecular weight of 6000 Da, followed by the determination of the optical density by spectrophotometry at $\lambda = 450$ nm. Based on the results of the research, it was established that with allogeneic transfusion of whole blood to recipient rabbits, there is a significant increase in the content of immunoglobulins of class M in blood serum on the 3rd day of the experiment and a decrease in their content on the 23rd day of the experiment. It was shown that with allogeneic transfusion of whole blood to recipient rabbits, the content of immunoglobulins of class G and A in blood serum decreases during the 23 days of the experiment. Allogeneic transfusion of whole blood in the body of recipient rabbits activates the formation of circulating immune complexes in the blood serum of animals, which can be deposited in the perivascular space and cortical layer of the kidneys, causing complement activation and inflammatory processes.

Keywords: *hemotransfusion, immunoglobulins, immune complexes, immune response, recipient*