

**Зміст електронного журналу
«Наукові доповіді НУБіП України»
№ 2/108 (квітень), 2024**

**Рекомендований до видання Вченою Радою НУБіП України
протокол № 10 від 27 березня 2024 р.**

Біологія, екологія

- 1. Хомутінін Ю. В., Косарчук О. В., Левчук С. Є., Павлюченко В. В., Кашпаров В. О.** Сучасний радіологічний стан забруднених радіонуклідами луків і пасовищ та оцінка можливості повернення їх в господарський обіг
- 2. Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.** Кліматогенна обумовленість і прогнозування зміни сезонної ритміки основних лісотвірних порід Північно-Східних Карпат
- 3. Рик Т. М.** Молекулярно-генетичний статус свиней українських порід придатних для використання у ксенотрансплантації
- 4. Шибецький В. Ю., Калініна М. Ф., Костик С. І., Поводзинський В. М., Макаренко Д. О.** Дослідження потенціалу зміни конструкції лопатки турбінної мішалки для зменшення впливу напружень зсуву на мікроорганізми в процесах культивування
- 5. Лісовий М. М., Рибалко С. О.** Стан і структура ентомологічного біорізноманіття змішаних біотопів Київського Полісся

Агрономія

- 6. Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.** Формування показників продуктивності сортів сої в умовах Вінничини
- 7. Каленська С. М., Шутий О. І., Антал Т. В., Сосько Р. В., Кривов С. І.** Ефективність припосівного внесення комплексних добрив у технології вирощування пшениці м'якої озимої
- 8. Циганська О. І., Шевчук О. В.** Формування фотосинтетичного потенціалу сортів сої залежно від доз мінеральних добрив та позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом
- 9. Андрусик П. Р., Цюк О. А.** Наростання листової поверхні та фотосинтетична діяльність рослин сої залежно від норми висіву і ширини міжрядь
- 10. Шпакович І. В., Ковалишина Г. М.** Рід *Aegilops* як джерело ознак стійкості проти основних збудників листових хвороб для селекції пшениці м'якої озимої

11. Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В. Адаптивні властивості та селекційна цінність гібридних комбінацій F3 пшениці м'якої озимої за ознаками продуктивності колоса
12. Паламарчук І. І., Михальчук Я. А. Особливості росту та розвитку рослин салату посівного за гідропонного вирощування
13. Гарбар Л. А., Аврамчук В. І. Біометричні параметри рослин гібридів соняшнику за впливу умов живлення та ретарданту

Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

14. Вознюк Р. Р., Сичов М. Ю. Вплив заміни в комбікормі рибного борошна ферметнованим соєвим шротом на морфологічний та хімічний склад тіла молоді кларієвого сома (*Clarias gariepinus*)

Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва

15. Туяхов М. Ф. Роль дріжджових грибів у етіології отиту у собак
16. Климовецька Л. В., Карповський В. І., Грищук І. А., Постой В. В. Дослідження взаємозалежності вмісту білкових фракцій та лужної фосфатази у крові корів із показниками відтворювальної здатності
17. Заріцький Р. В., Жук Ю. В. Поширеність контагіозних збудників маститу корів у зразках збірного молока
18. Ковальчук О. О., Томчук В. А., Данчук В. О., Кравчук С. В., Карповський В. В. Показники ліпідного обміну в крові свиноматок за дії наносполук феруму та германію

Лісове і садово-паркове господарство

19. Вдовенко С. А., Паламарчук В. Д., Матусяк М. В., Тисячний О. П. Вплив регуляторів росту на посівні якості насіння модрини європейської в умовах ботанічного саду «Поділля»
20. Шукель І. В., Глоговський Л. В. Шкала рекреаційної оцінки приміських лісів міста Львова (на прикладі Брюховицького лісництва)
21. Магуран В. К., Осадчук Л. С. Використання підщеп горіха чорного для створення високопродуктивних плантаційних насаджень горіха грецького

Техніка та енергетика АПК

22. Сірко З. С., Протасов О. С., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Стариш Є. А., Шевчук Л. М., Nickel H. Зміцнення твердого сплаву дереворізальних пил композиційними матеріалами

- 23.Мельник В. М., Косова В. П., Бойко Г. В., Остапенко Ж. І., Павленко В. П.** Диференціальні рівняння оболонки апарату з довільною геометрією лінії меридіану
- 24.Роговський І. Л., Ничай І. М.** Декомпозиція станів безвідмовності зернозбиральних комбайнів

Biology, biotechnology, ecology

1. **Khomutinin Y., Kosarchuk O., Levchuk S., Pavlyuchenko V., Kashparov V.** Current radiological status of contaminated meadows and pastures and assessment of the possibility of their return to use
2. **Belmega I. V., Khrutba V. A., Motruk M. V., Kravchynskiy R. L.** Climatogenic influence and prediction of seasonal rhythm changes in the main forest-forming species of the Northeastern Carpathians
3. **Ryk T. M.** Molecular genetic status of pigs of ukrainian breeds suitable for use in xenotransplantation
4. **Shybetskyi V., Kalinina M., Kostyk S., Povodzinskyi V., Makarenko D.** Study of the potential for modifying the design of a turbine stirrer blade to reduce the effect of shear stresses on microorganisms in cultivation processes
5. **Lisovy M. M., Rybalko S. O.** State and structure of entomological biodiversity of mixed biotopes of Kyiv forests

Agronomy

6. **Kostyna T. P., Bronnikova L. F.** Formation of productivity indicators of soybean varieties in Vinnitsia region
7. **Kalenska S. M., Shutyi O. I., Antal T. V., Sonko R. V., Krivov S. I.** Efficiency of pre-sowing application of complex fertilizers in cultivation technology of soft winter wheat
8. **Tsyhanska O. I., Shevchuk O. V.** The formation of the photosynthetic potential of soybean varieties depending on the doses of mineral fertilizers and foliar nutrition with organo-mineral fertilizer
9. **Andrusyk P. R., Tsyuk O. A.** Increase in leaf surface and photosynthetic activity of soybean plants depends on sowing rate and row width
10. **Shpakovych I. V., Kovalyshyna H. M.** *Aegilops* as a source of traits for resistance against major foliar pathogens for the breeding of winter soft wheat
11. **Murashko L. A., Humeniuk O. V., Kyrylenko V. V., Zamlila N. P., Suddenko Yu. M., Novytska N. V.** Adaptive properties and breeding value of F3 hybrid combinations of winter bread wheat for spike productivity traits
12. **Palamarchuk I. I., Mikhalchuk Y. A.** Features of the growth and development of lettuce plants sowed under hydroponic growing
13. **Harbar L. A., Avramchuk V. I.** Biometric parameters of sunflower hybrid plants under the influence of feeding conditions and retardant

Technology of production and processing of livestock products

- 14. Vozniuk R. R., Sychov M. Yu.** The effect of replacement of fish meal with fermented soybean meal in the combined feed on the morphological and chemical composition of the body of young clarias gariepinus (*Clarias gariepinus*)

Veterinary medicine, quality and safety of livestock products

- 15. Tuyakhov M. F.** The role of yeasts in etiology of canine otitis
- 16. Klymovetska L. V., Karpovsky V. I., Hryshchuk I. A., Postoi V. V.** Study of the interdependence of the content of protein fractions and alkaline phosphatase in the blood of cows with indicators of reproductive ability
- 17. Zaritskyi R., Zhuk Y.** Prevalence of contagious bovine mastitis pathogens in tank milk samples
- 18. Kovalchuk O. O., Tomchuk V. A., Danchuk V. O., Krawchuk S. V., Karpovsky V. V.** Lipid metabolism indicators in sow blood under the influence of iron and germanium nanocompounds

Forestry and ornamental plants

- 19. Vdovenko S. A., Palamarchuk V. D., Matusyak M. V., Tysyachnyi O. P.** The influence of growth regulators on the sowing qualities of European larch seeds in the conditions of the botanical garden «Podillya»
- 20. Shukel I. V., Hlohovskyi L. V.** The scale of recreational assessment of suburban forests in Lviv (on the example of Briukhovychi forestry)
- 21. Maguran V. K., Osadchuk L. S.** Using black walnut rootstock for creating high-yielding walnut plantations

Engineering

- 22. Sirko Z., Protasov O., Okhrimenko S., Torchilevsky D., Starish E., Shevchuk L., Nickel H.** Strengthening of the carbide alloy of wood cutting saws with composite materials
- 23. Mel'nick V. M., Kosova V. P., Boiko G. V., Ostapenko Zh. I., Pavlenko V. P.** Differential equations of the device shell with arbitrary geometry of the meridian line
- 24. Rogovskii I. L., Nichay I. M.** Decomposition of failure states of grain harvesting combiners

УДК 550.835:631.95

**СУЧАСНИЙ РАДІОЛОГІЧНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕНИХ
РАДІОНУКЛІДАМИ ЛУКІВ І ПАСОВИЩ ТА ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ
ПОВЕРНЕННЯ ЇХ В ГОСПОДАРСЬКИЙ ОБІГ****Ю. В. ХОМУТІНІН**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник,<https://orcid.org/0000-0002-4205-4352>**О. В. КОСАРЧУК**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, <https://orcid.org/0000-0001-9669-1747>

E-mail: kosarchukolga@gmail.com

С. Є. ЛЕВЧУК, кандидат біологічних наук, провідної науковий співробітник, <https://orcid.org/0000-0001-5167-7773>

E-mail: slavalevchuk64@gmail.com

В. В. ПАВЛЮЧЕНКО, науковий співробітник,<https://orcid.org/0000-0003-0986-6444>

E-mail: ValiaVV1965@gmail.com

В. О. КАШПАРОВ, доктор біологічних наук, професор, директор,<https://orcid.org/0000-0001-6460-1049>

E-mail: uiar.vak@gmail.com

*Український науково-дослідний інститут сільськогосподарської радіології
Національного університету біоресурсів і природокористування України*
[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.001](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.001)

Анотація. Для забруднених радіонуклідами і виведених з господарського обігу луків і пасовищ Народицького району Житомирської області на основі узагальнення та аналізу результатів польових радіологічних обстежень, що були проведені протягом 1988-2023 років оцінено їх сучасний радіологічний стан та оцінено можливість повернення їх в господарський обіг. Показано, що в даний час більшість виведених з господарського обігу луків і пасовищ, що розглядаються, реально належать до третьої зони радіоактивного забруднення. Окремі з виведених з господарського обігу угідь належать до другої зони радіоактивного забруднення – радіаційно небезпечних земель. Також показано, що обмеження встановлені у рекомендаціях ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України для виробництва молока та м'яса дуже консервативні. Оцінка можливості використовувати забруднені луки та пасовища для виробництва молока та м'яса потребує більш тонких та адресних методів прогнозування.

Ключові слова: радіоактивне забруднення, зонування території, ^{137}Cs , молоко, м'ясо, повернення у господарський обіг

Хомутінін Ю. В., Косарчук О. В., Левчук С. Є., Павлюченко В. В., Кашпаров В. О.

Актуальність. Реабілітація та повернення в господарський обіг забруднених радіонуклідами луків і пасовищ є актуальним і складним завданням. Критерієм можливості повернення в господарський обіг забруднених радіонуклідами луків і пасовищ є величини індивідуальних доз жителів (State hygienic standards, 1997), які будуть споживати вироблене на них молоко і м'ясо, а також похідні величини від цієї дози – величини щільності забруднення (Priester, et al. 1998) і допустимі рівні питомої активності радіонуклідів у молоці і м'ясі, ДР-2006 (State hygienic standards, 2006).

Аналіз останніх джерел та публікацій. Після Чорнобильської аварії, відповідно до Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» (The Law of Ukraine, 1991) територія яка зазнала радіоактивного забруднення поділяється на зони:

1. зона відчуження (ЗВ) – це територія, з якої проведено евакуацію населення в 1986 році;

2. зона безумовного (обов'язкового) відселення (ЗБ(О)В) – це територія, що зазнала інтенсивного забруднення довго живучими радіонуклідами, з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від $15,0 \text{ Кі/км}^2$ (555 кБк/м^2) та вище, або стронцію від $3,0 \text{ Кі/км}^2$ (111

кБк/м^2) та вище, або плутонію від $0,1 \text{ Кі/км}^2$ ($3,7 \text{ кБк/м}^2$) та вище, де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити $5,0 \text{ мЗв}$ ($0,5 \text{ бер}$) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період;

3. зона гарантованого добровільного відселення (ЗГДВ) – це територія з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від $5,0$ (185 кБк/м^2) до $15,0 \text{ Кі/км}^2$ (555 кБк/м^2), або стронцію від $0,15$ ($5,55 \text{ кБк/м}^2$) до $3,0 \text{ Кі/км}^2$ (111 кБк/м^2), або плутонію від $0,01$ ($0,37 \text{ кБк/м}^2$) до $0,1 \text{ Кі/км}^2$ ($3,7 \text{ кБк/м}^2$), де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити $1,0 \text{ мЗв}$ ($0,1 \text{ бер}$) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період;

Відповідно до Закону (Стаття 3, Визначення радіаційно небезпечних земель) «Радіаційно небезпечні землі – це землі, на яких неможливе подальше проживання населення, одержання сільськогосподарської та іншої продукції, продуктів харчування, що відповідають республіканським та міжнародним допустимим рівням вмісту радіоактивних речовин, або які недоцільно використовувати за екологічними умовами». До

Хомутінін Ю. В., Косарчук О. В., Левчук С. Є., Павлюченко В. В., Кашпаров В. О.

зазначених у цій статті земель належать території ЗВ та ЗБ(О)В.

Радіоактивно забруднені землі - це землі ЗГДВ, які можна використовувати, але які в деяких випадках потребують проведення заходів радіаційного захисту та інших спеціальних втручань, спрямованих на обмеження додаткового опромінення та забезпечення нормальної господарської діяльності.

Однак, приналежність земель до тієї чи іншої зони ще не гарантує, що вироблена на них продукція задовольнятиме вимогам ДР-2006 (State hygienic standards, 2006). Тому в УкрНІСГР ще в 1998 році з урахуванням типу ґрунту були оцінені максимально-допустимі рівні щільності забруднення ґрунтів Полісся (ДРЗГ) (Priester, et al. 1998), при яких забезпечує виконання вимог ДР-2006 (ДР-97) за вмістом ^{137}Cs у виробленій продукції.

У цій роботі можливість повернення в господарський обіг забруднених радіонуклідами луків і пасовищ Народицького району Житомирської області оцінюється на основі Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» (State hygienic standards, 2006) і консервативних підходів по оцінці максимально-допустимих рівнів щільності забруднення радіонуклідами ґрунтів Полісся (Priester, et al. 1998).

Мета дослідження. Оцінка сучасного радіологічного стану забруднених радіонуклідами внаслідок аварії на ЧАЕС луків і пасовищ і можливості повернення їх в господарський обіг.

Для того, щоб ухвалити рішення про повернення забруднених радіонуклідами та виведених із використання луків і пасовищ у господарський обіг необхідно знати щільність їх забруднення радіонуклідами, насамперед ^{137}Cs і ^{90}Sr . Для цього скористаємося результатами радіологічних обстежень угідь, розташованих біля населених пунктів Народичі, Селець, Булів Житомирської області. Ці роботи були виконані співробітниками НУБіП України у 1999-2023 роках за програмами «Радіологічна оцінка сільськогосподарських угідь зони безумовного (обов'язкового) відселення з метою повернення їх в господарське використання» (Khomutinin et al., 2022), «Наукове обґрунтування експертних висновків для повернення у господарське користування виведених після Чорнобильської катастрофи сільськогосподарських угідь» (Khomutinin et al., 2023), «Науковий супровід програми повернення в народногосподарське використання земель, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи» (Perepelyatnikova, et al., 1999), «Радіоекологічна оцінка території

Хомутинін Ю. В., Косарчук О. В., Левчук С. Є., Павлюченко В. В., Кашпаров В. О.

зони безумовного (обов'язкового) відселення Житомирської області» (Kryvenok, et al., 2005), «Науково-методичне забезпечення радіологічної безпеки продукції АПК України» (Levchuk, et al., 2019).

Результати цих обстежень були об'єднані та доповнені даними радіологічних обстежень, що отримані протягом 1988-2021 років інститутом "УКРЗЕМПРОЕКТ" (Maps of the characteristics, 1988), державним геологічним підприємством "Кіровгеологія" (Report on the results, 1998). Це дозволило за сукупністю результатів усіх обстежень, на основі методології, викладеної в роботах (Khomutinin, Levchuk, Pavlyuchenko, 2021; Khomutinin, Kosarchuk, Polishchuk, 2024), отримати детальні картосхеми щільності забруднення ^{137}Cs і ^{90}Sr сільськогосподарських угідь

розташованих біля цих населених пунктів на площі більше 1580 га (рис.1-4).

Щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs і ^{90}Sr у межах угіддя як і у роботах (Khomutinin, Kosarchuk, Polishchuk, 2024; Khomutinin, et al., 2019; Khomutinin, et al., 2021) будемо розглядати як випадкову величину, що у першому наближенні описується логнормальним законом розподілу ймовірностей

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot X \cdot s} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(X) - \mu}{s} \right)^2}$$

де, X – значення характеристики радіоактивного забруднення ґрунту в точці; μ і s – середнє значення і стандартне відхилення логарифму величини X . Середнє геометричне значення величини X (медіана) дорівнює $GM = \exp(\mu)$, а стандартне геометричне відхилення – $GSD = \exp(s)$.

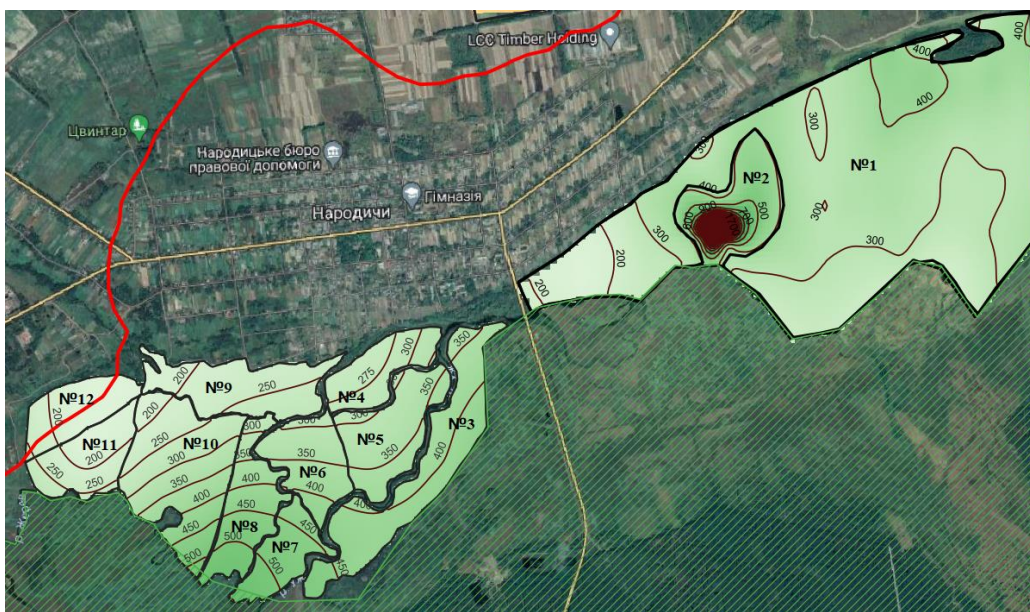


Рисунок 1. Щільність забруднення луків і пасовищ біля селища Народичі ^{137}Cs станом на 2025 рік: — межа зони з щільністю забруднення ізотопами цезію від 555 кБк/м² (15 Кі/км²) та вище на травень 1986 року; — ізолінії, кБк/м².

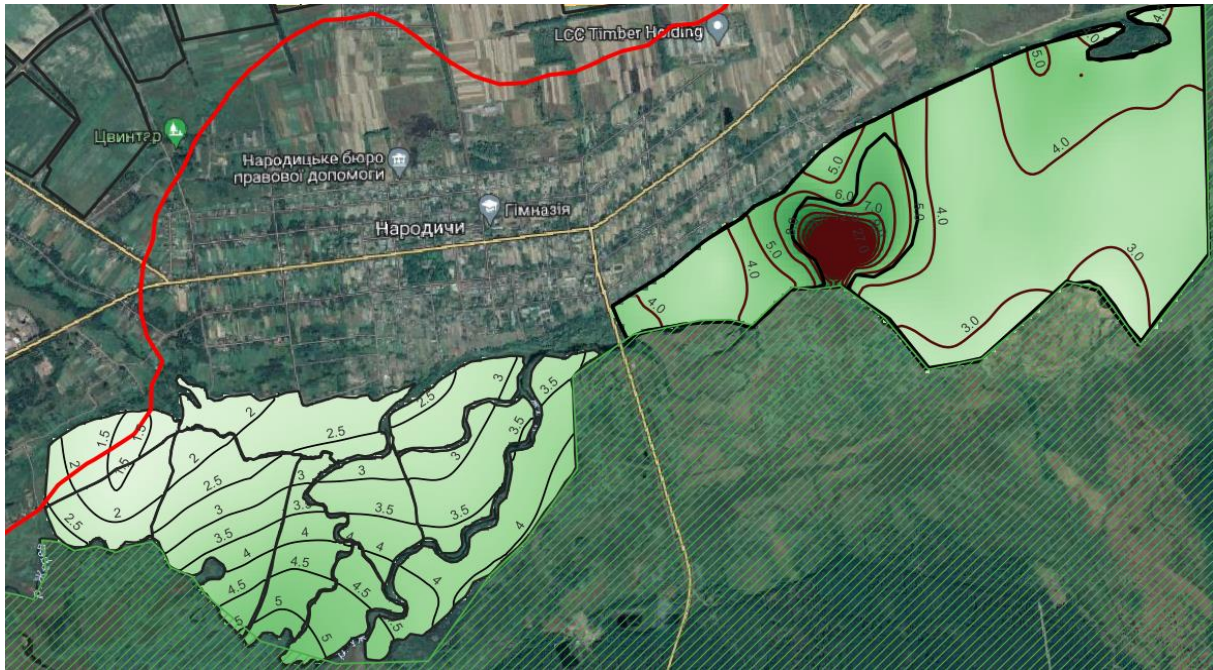


Рисунок 2. Щільність забруднення луків і пасовищ біля селища Народичі ^{90}Sr станом на 2025 рік: — межа зони з щільністю забруднення ізотопами цезію від 555 kBq/m^2 (15 Ci/km^2) та вище на травень 1986 року; — ізолінії, kBq/m^2 .

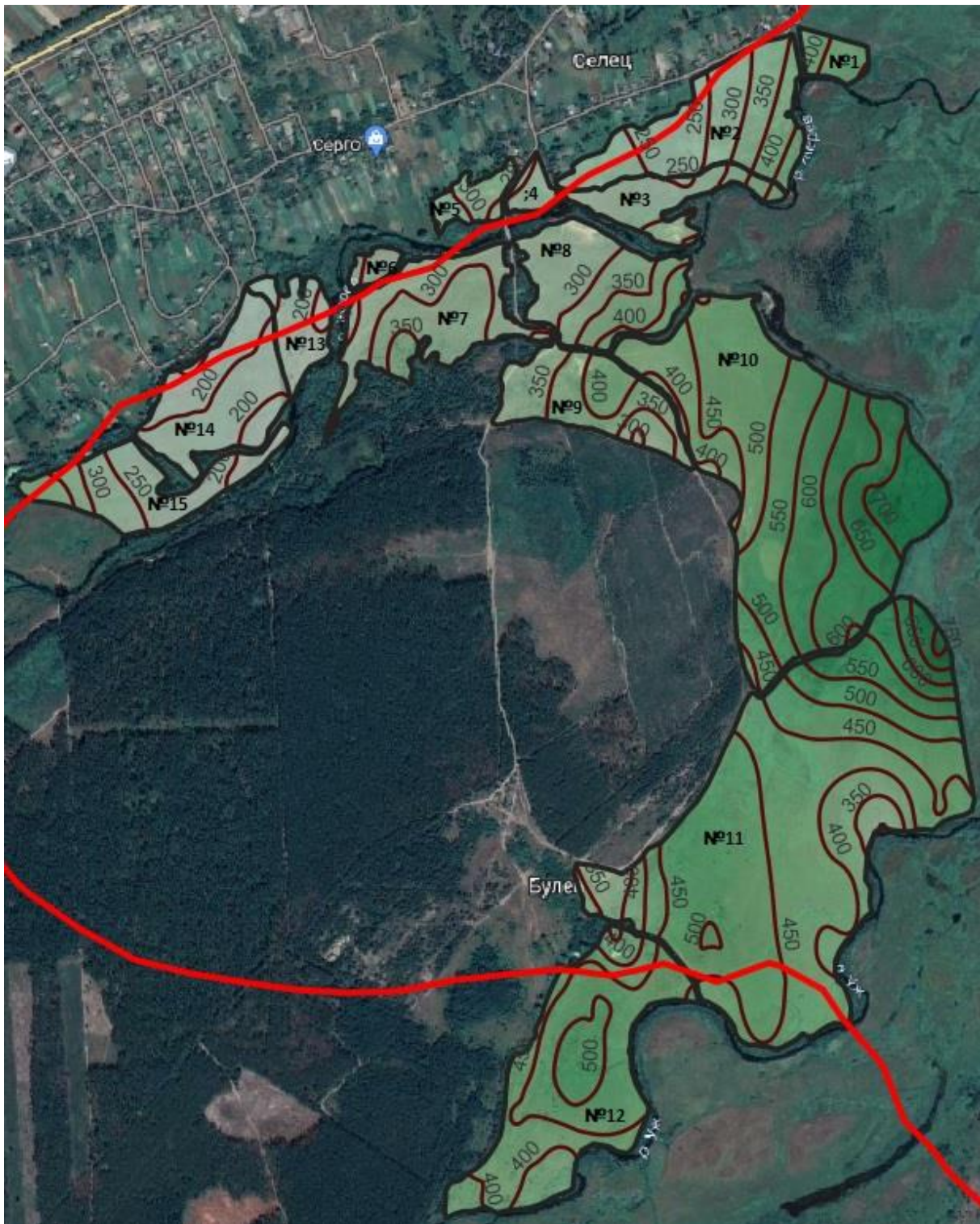


Рисунок 3. Щільність забруднення луків і пасовищ біля сіл Селець і Булів ^{137}Cs станом на 2025 рік: — межа зони з щільністю забруднення ізотопами цезію від 555 kBq/m^2 (15 Ki/km^2) та вище на травень 1986 року; — ізолінії, kBq/m^2 .



Рисунок 4. Щільність забруднення луків і пасовищ біля сіл Селець і Булець ^{90}Sr станом на 2025 рік: — межа зони з щільністю забруднення ізотопами цезію від 555 kBq/m^2 (15 Ki/km^2) та вище на травень 1986 року; — ізолінії, kBq/m^2 .

Для картографованих угідь (рис.1-2) характеристики забруднення ґрунту радіонуклідами наведено у

таблиці 1. Там же наведені верхні межі щільності забруднення для довірчої ймовірності $P=0.9$.

Хомутінін Ю. В., Косарчук О. В., Левчук С. Є., Павлюченко В. В., Кашпаров В. О.

Аналогічна інформація для картографованих угідь (рис.3-4) наведено у таблиці 2.

1. Оцінки характеристик радіоактивного забруднення луків і пасовищ біля селища Народичі станом на 2025 рік

№ поля	Площа, га	¹³⁷ Cs			⁹⁰ Sr			Ізотопи плутонію		
		GM, кБк/м ²	GS D	A _{0.9} , кБк/м ²	GM, кБк/м ²	GS D	A _{0.9} , кБк/м ²	GM, кБк/м ²	GS D	A _{0.9} , кБк/м ²
1	268.3	311	1.43	490	3.78	1.43	5.96	0.091	1.34	0.132
2	28.5	556	1.81	1185	8.33	2.01	20.4	0.200	2.12	0.524
3	40.2	403	1.36	598	3.90	1.36	5.80	0.094	1.37	0.139
4	17.0	282	1.36	416	2.66	1.36	3.95	0.064	0.99	0.063
5	26.8	334	1.36	495	3.19	1.36	4.73	0.077	1.17	0.093
6	20.8	351	1.38	528	3.35	1.38	5.05	0.080	1.22	0.103
7	15.2	478	1.36	709	4.66	1.36	6.92	0.112	1.55	0.195
8	21.9	428	1.41	666	4.14	1.42	6.47	0.099	1.43	0.156
9	28.2	230	1.38	349	2.16	1.39	3.28	0.052	0.78	0.038
10	46.1	305	1.50	511	2.92	1.51	4.93	0.070	1.08	0.077
11	20.0	209	1.40	322	1.95	1.41	3.04	0.047	0.68	0.029
12	17.5	181	1.39	277	1.70	1.40	2.61	0.041	0.55	0.019

2. Оцінки характеристик радіоактивного забруднення луків і пасовищ біля сіл Селець і Булів станом на 2025 рік

№ поля	Площа, га	¹³⁷ Cs			⁹⁰ Sr			Ізотопи плутонію		
		GM, кБк/м ²	GSD	A _{0.9} , кБк/м ²	GM, кБк/м ²	GSD	A _{0.9} , кБк/м ²	GM, кБк/м ²	GSD	A _{0.9} , кБк/м ²
1	1.4	412	1.36	609	3.6	1.37	5.37	0.086	1.29	0.119
2	10.7	290	1.41	451	2.0	1.54	3.50	0.048	0.71	0.031
3	5.7	293	1.39	445	2.1	1.49	3.45	0.050	0.74	0.034
4	1.1	270	1.35	398	2.0	1.36	2.98	0.048	0.71	0.031
5	1.8	376	1.56	666	2.6	1.37	3.86	0.062	0.96	0.059
6	0.8	260	1.36	384	2.0	1.37	3.01	0.048	0.71	0.031
7	9.2	302	1.37	451	2.5	1.40	3.82	0.060	0.92	0.054
8	8.8	324	1.40	497	2.5	1.46	4.11	0.061	0.94	0.056
9	7.2	361	1.37	542	3.0	1.41	4.62	0.071	1.10	0.080
10	35.9	545	1.41	847	5.1	1.45	8.22	0.122	1.64	0.230
11	48.6	459	1.40	706	3.5	1.51	5.90	0.084	1.26	0.112
12	18.2	450	1.37	672	3.5	1.40	5.45	0.085	1.27	0.115
13	3.1	206	1.35	304	1.3	1.36	1.96	0.032	0.31	0.007
14	8.5	196	1.37	293	1.3	1.44	2.01	0.030	0.26	0.006
15	6.4	252	1.43	400	2.0	1.60	3.56	0.047	0.68	0.029

Результати досліджень та їх обговорення. З наведених картосхем (рис.1-4) видно, що на момент прийняття Закону України "Про

правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи" (State hygienic standards,

Хомутінін Ю. В., Косарчук О. В., Левчук С. Є., Павлюченко В. В., Кашпаров В. О.

2006) всі розглянуті луки і пасовища перебували у другій зоні та були виведені з господарського обігу. Наведені у таблицях 1 і 2 результати дозволяють оцінити до якої зони радіоактивного забруднення реально належать ці луки і пасовища в даний час. З наведених оцінок видно, що більшість розглянутих угідь знаходяться в третій зоні радіоактивного забруднення.

Однак, як уже зазначалося, знаходження сільськогосподарських угідь у тій чи іншій зоні радіоактивного забруднення ще не гарантує, що вироблена на них продукція буде задовольняти вимогам ДР-2006. На території, що розглядається, для сільськогосподарської продукції основним забруднюючим радіонуклідом є ^{137}Cs . Тому для подальшого аналізу скористаємося орієнтовними консервативними максимально-допустимими рівнями щільності забруднення ґрунтів Полісся (ДРЗГ) ^{137}Cs (Priester, et al., 1998), які забезпечують виконання вимог ДР-2006 для виробленої на угіддях продукції. Ці ДРЗГ розраховані з урахуванням типу ґрунту, що опосередковано враховує середнє значення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs з ґрунту в пасовищну рослинність. Для виробництва молока корів щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs не повинна перевищувати 122 кБк/м^2 ^{137}Cs , яловичини – 224 кБк/м^2 .

Розглянемо можливість виробництва продукції тваринництва (молоко корів і яловичина) з цих лугах і пасовищах. Якщо керуватися максимально-допустимими рівнями щільності забруднення ґрунтів Полісся по ^{137}Cs (Priester, et al., 1998), то ці угіддя станом на 2025 рік не придатні для виробництва продукції тваринництва.

Проте проведене нами у роботі (Khomutinin, et al., 2023) прогнозування питомої активності ^{137}Cs і ^{90}Sr у молоці та м'ясі корів станом на 2021 рік, з використанням угіддя №1 біля селища Народичі для випасу та заготівлі сіна, реальних раціонів у пасовищній і стійловий періоди, реальних (адресних) коефіцієнтів переходу та методу Монте-Карло, показало можливість повернення цього угіддя з 2021 року до господарського обігу для виробництва молока і м'яса. Це говорить про те, що оцінки максимально-допустимих рівнів щільності забруднення ґрунтів Полісся по ^{137}Cs , які наведені в (Priester, et al. 1998) для виробництва молока і м'яса в 1999-2002 рр., надто консервативні. Питання повернення лук і пасовищ до господарського обігу для виробництва молока і м'яса буде детально розглянуто нами надалі в окремій статті на основі статистичного моделювання з використанням методології викладеної у роботі (Khomutinin, et al., 2021).

Висновки і перспективи.

На прикладі забруднених радіонуклідами луків та пасовищ у Народицькому районі Житомирської області оцінено їх сучасний радіологічний стан та можливість повернення в господарський обіг.

На основі узагальнення та аналізу польових радіологічних обстежень, що отримані протягом 1988-2023 років показано, що в даний час більшість виведених з господарського обігу луків і пасовищ, можна віднести до третьої зони радіоактивного забруднення. Деякі з

них за рівнем забруднення залишаються в другій зоні радіоактивного забруднення.

Показано, що обмеження встановлені у рекомендаціях ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України для виробництва молока та м'яса дуже консервативні. Оцінка можливості використання радіаційно забруднених луки та пасовища для виробництва молока та м'яса потребує більш тонких та адресних методів прогнозування.

Список використаних джерел

1. Державні гігієнічні нормативи. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Київ, 1997. 121 с. [file:///D:/Users/User/Downloads/nrbu97\(3\).pdf](file:///D:/Users/User/Downloads/nrbu97(3).pdf)

2. Прістер Б.С., Надточій П.П., Можар А.О. и др. 1998. Ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС на період 1999-2002 рр. (Методичні рекомендації), Київ: Ярмарок, 102 с.

3. Державні гігієнічні нормативи. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питної води. Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006. Офіційний вісник України. 29 (2006) 142.

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48352

4. Закон України "Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи" від 27.02.91 р. № 791а-ХІІ.- Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР), 1991, № 16, ст.198, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%BD0-12>

5. Хомутінін Ю.В. та ін. ЗВІТ ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ за договором № 110/1-пр-2020 «Радіологічна оцінка сільськогосподарських угідь зони

безумовного (обов'язкового) відселення з метою повернення їх в господарське використання», 2022р.-181с.

6. Хомутінін Ю.В. та ін. ЗВІТ ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ за договором № 110/7-пр-2023 «Наукове обґрунтування експертних висновків для повернення у господарське користування виведених після Чорнобильської катастрофи сільськогосподарських угідь», 2023р. - 84с.

7. Перепелятнікова Л.В. та ін. Науковий супровід програми повернення в народногосподарське використання земель, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи. Заключний звіт за договором №14/69 Н- 98 УкрНДІСГР (1999).

8. Кривенок М.Я. та ін. Радіоекологічна оцінка території зони безумовного (обов'язкового) відселення Житомирської області. Національний аграрний університет, ЗВІТ ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ. (2005) 77.

9. Левчук С.Є. та ін. Науково-методичне забезпечення радіологічної безпеки продукції АПК України. УкрНДІСГР НУБіП України. Звіт про науково-дослідну роботу. (2019) 153

10. Карти характеристик полів сівозмін, лук і пасовищ по гамма-фону в колгоспі "Зоря комунізму" с.м.т. Народиці с.

Хомути́нін Ю. В., Косарчук О. В., Левчук С. Є., Павлюченко В. В., Кашпаров В. О.

Старе Шарне Народицького району / Житомирська філія інституту "УКРЗЕМПРОЕКТ", 1988р.

11. Отчет о результатах работ по повторному обследованию выведенных из севооборота земель Житомирской области. Договор № 2 от 22 августа 1995 года, Киев (1998).

12. Хомути́нін Ю. В., Левчук С. Є., Павлюченко В. В. Методологія оперативної оцінки радіоактивного забруднення земель сільськогосподарського призначення з метою повернення їх у господарське використання. / «Ядерна фізика та енергетика» 22 (2021) 74. <https://doi.org/10.15407/jnpae2021.01.074>

13. Хомути́нін Ю. В., Косарчук О. В., Поліщук С. В.. Побудова картосхем щільності забруднення ¹³⁷Cs сільськогосподарських угідь за сукупністю результатів обстеження / «Ядерна фізика та енергетика» 25(1) (2024), <https://doi.org/10.15407/jnpae2024.01.079>.

14. Хомути́нін Ю. В., Кашпаров В. О., Лазарев М. М., Левчук С. Є., Процак В. П., Павлюченко В. В. Картографування забруднених радіонуклідами сільськогосподарських угідь для повернення їх в господарське використання / «Ядерна фізика та енергетика» 20(3), (2019) 285. <https://doi.org/10.15407/jnpae2019.03.285>

15. Хомути́нін Ю.В., Журба М.А., Левчук С.Є., Косарчук О.В., Поліщук С.В., Павлюченко В.В. Прогнозування надходження радіонуклідів ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у сільськогосподарські культури / «Ядерна фізика та енергетика» 22 (2021).– с. 284-293. <https://doi.org/10.15407/jnpae2021.03.284>

16. Хомути́нін Ю. В., Косарчук О. В., Поліщук С. В., Лазарев М. М., Левчук С. Є., Павлюченко В. В. Оцінка можливості повернення в господарський обіг виведених, внаслідок аварії на ЧАЕС, пасовищ і сіножатей/ «Ядерна фізика та енергетика» 23(1) (2022) 47. <https://doi.org/10.15407/jnpae2022.01.047>

Reference

1. State hygienic standards. Radiation safety standards of Ukraine (NRSU-97). - Kyiv, 1997. 121 p.

2. Priester B.S., Nadtochiy P.P., Mozhar A.O. et al. (1998). Conducting agriculture in conditions of radioactive contamination of the territory of Ukraine as a result of the accident at the Chernobyl NPP for the period 1999-2002 (Methodological recommendations), Kyiv: Yarmarok, 102 p.

3. (2006). State hygienic standards. Permissible levels of radionuclides ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in food and drinking water. Hygienic standard of GN 6.6.1.1-130-2006. Official Gazette of Ukraine. 29 142.

4. The Law of Ukraine "On the Legal Regime of the Territory Exposed to Radioactive Contamination as a Result of the Chernobyl Disaster" dated 27.02.91 No. 791a-XII. - Bulletin of the Verkhovna Rada of the Ukrainian SSR (VVR), 1991, No. 16, Article 198, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0-12>

5. Khomutinin Yu.V. etc. (2022). REPORT ON SCIENTIFIC RESEARCH WORK under contract No. 110/1-pr-2020 "Radiological assessment of agricultural lands in the zone of unconditional (mandatory) resettlement with the aim of returning them to economic use", 181p.

6. Khomutinin Yu.V. etc. (2023). REPORT ON THE SCIENTIFIC AND RESEARCH WORK under contract No. 110/7-pr-2023 "Scientific substantiation of expert conclusions for the return to economic use of agricultural lands removed after the Chernobyl disaster". 84 p.

7. Pereplyatnikova L.V. etc. (1999). Scientific support of the program of returning to national economic use of lands contaminated by the Chernobyl disaster. Final report under contract No. 14/69 N-98 UIAR.

8. Kryvenok M.Ya. etc. (2005). Radioecological assessment of the territory of the zone of unconditional (compulsory) resettlement of the Zhytomyr region. National Agrarian University, REPORT ON SCIENTIFIC RESEARCH WORK, 77.

9. Levchuk S.E. and others (2019). Scientific and methodological provision of radiological safety of products of the agricultural industry of Ukraine. UIAR NULES of Ukraine. Report on research work. 153.

Хомути́н Ю. В., Косарчук О. В., Левчук С. Є., Павлюченко В. В., Кашпаров В. О.

10. Maps of the characteristics of crop rotation fields, meadows and pastures by gamma background in the "Dawn of Communism" collective farm, S.M.T. Narodichi village Stare Sharne, Narodytsky district / Zhytomyr branch of the "UKRZEMPROEKT" institute, 1988.

11. (1998). Report on the results of the re-examination of lands removed from crop rotation in the Zhytomyr region. Agreement No. 2 dated August 22, 1995, Kyiv

12. Khomutinin Yu. V., Levchuk S. E., Pavlyuchenko V. V. (2021). Methodology of operational assessment of radioactive contamination of agricultural lands with the aim of returning them to economic use. / "Nuclear Physics and Energy" 22 74. <https://doi.org/10.15407/jnpae2021.01.074>

13. Khomutinin Yu. V., Kosarchuk O. V., Polishchuk S. V. (2019). Construction of maps of the density of ^{137}Cs contamination of agricultural land based on the totality of survey results/Nuclear Physics and Energy, 25(1) (2024), <https://doi.org/10.15407/jnpae2024.01.079>.

14. Khomutinin Yu. V., Kashparov V. O., Lazarev M. M., Levchuk S. E., Protsak V. P., Pavlyuchenko V. V. Mapping of agricultural lands contaminated with radionuclides for their return to economic use/ "Nuclear Physics and Energy" 20(3), 285. <https://doi.org/10.15407/jnpae2019.03.285>

15. Khomutinin Yu.V., Zhurba M.A., Levchuk S.E., Kosarchuk O.V., Polishchuk S.V., Pavlyuchenko V.V. (2021). Forecasting the arrival of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in agricultural crops / "Nuclear Physics and Energy" 22– p. 284-293. <https://doi.org/10.15407/jnpae2021.03.284>.

16. Khomutinin Yu. V., Kosarchuk O. V., Polishchuk S. V., Lazarev M. M., Levchuk S. E., Pavlyuchenko V. V. (2022). Assessment of the possibility of returning to economic circulation pastures removed as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant and cynozhatei/ "Nuclear Physics and Energy" 23(1) 47. <https://doi.org/10.15407/jnpae2022.01.047>

CURRENT RADIOLOGICAL STATUS OF CONTAMINATED MEADOWS AND PASTURES AND ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF THEIR RETURN TO USE

Abstract. *The current radiological state of meadows and pastures contaminated with radionuclides and the possibility of returning them to use were assessed. It is shown that most of the considered abandoned lands actually belong to the third zone of radioactive contamination. Some of the lands belong to the second zone of radioactive contamination - radiation-hazardous lands. It was found that the restrictions set in the recommendations for conducting agriculture in the conditions of radioactive contamination for the production of milk and meat are very conservative. Assessment of the possibility of using contaminated meadows and pastures for milk and meat production requires more precise and targeted forecasting methods.*

Key words: *radioactive contamination, zoning of the territory, ^{137}Cs , milk, meat, return to use*

КЛІМАТОГЕННА ОБУМОВЛЕНІСТЬ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ СЕЗОННОЇ РИТМІКИ ОСНОВНИХ ЛІСОТВІРНИХ ПОРІД ПІВНІЧНО- СХІДНИХ КАРПАТ

І. В. БЕЛЬМЕГА, аспірант, <https://orcid.org/0009-0007-2524-6217>

E-mail: belmegaivan@gmail.com

Державний університет «Житомирська політехніка»

В. О. ХРУТЬБА, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри

<https://orcid.org/0000-0002-8121-2042>

E-mail: victoriia.khrutba@gmail.com

Національний транспортний університет

М. В. МОТРУК, науковий співробітник

E-mail: mishamotr@meta.ua

Р. Л. КРАВЧИНСЬКИЙ, кандидат географічних наук, провідний науковий
співробітник, <https://orcid.org/0000-0003-3769-3106>

E-mail: kravchinski@ukr.net

Карпатський національний природний парк

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.002](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.002)

Анотація. У статті висвітлено особливості багаторічної зміни (2000-2022 рр.) сезонних фаз розвитку основних лісотвірних порід (ялина європейська – *Picea abies*, ялиця біла – *Abies alba* та бук лісовий – *Fagus sylvatica*) у межах помірного кліматичного поясу на території Карпатського національного природного парку.

У роботі використано комплекс польових, інструментальних, лабораторних, аналітичних та математико-статистичних досліджень, а також низку методів, що застосовуються у фенології та метеорології.

За результатами проведення статистичного аналізу виявлено значний вплив атмосферних опадів, що випадають у березні на початок набухання бруньок (види *Picea abies*, *Fagus sylvatica*), початок цвітіння (види *Picea abies*, *Abies alba*), початок дозрівання плодів (види *Picea abies*, *Fagus sylvatica*) та початок розсіювання плодів (види *Picea abies*, *Abies alba*).

У публікації показано, що мінімальні температури повітря у липні значно впливають на фенологічні явища, які розпочинаються і тривають у цей час та пізніші строки, зокрема, на початок дозрівання плодів (види *Abies alba*, *Fagus sylvatica*) та початок розсіювання плодів (в усіх видів). Існування тісних і помірних кореляційних зв'язків між максимальними температурами січня-лютого та фенологічними явищами (у виду *Picea abies* – датами початку наростання пагонів і початку цвітіння; у виду *Abies alba* – датами початку цвітіння і початку дозрівання плодів; у виду *Fagus sylvatica* – датами початку набухання бруньок та початку цвітіння) може свідчити про значний вплив ґрунтового живлення (що формується від талих вод у цей період) на сезонну

ритміку рослин.

Найбільш складним для моделювання виявилось явище початку цвітіння дерев, на формування якого впливають усі задіяні кліматичні предиктори – атмосферні опади, мінімальна та максимальна температури повітря.

За результатами досліджень здійснено первинне довгострокове прогнозування реакції місцевих лісових культур на ймовірні кліматичні зміни і виявлено, що навіть за найгіршим сценарієм (RCP 8.5) дати настання усіх фенологічних явищ модельних видів дерев будуть знаходитись у межах розмаху вибірки фактичних даних періоду спостережень 2000-2022 рр.

Ключові слова: *Північно-Східні Карпати, Карпатський національний природний парк, лісові екосистеми, кліматичні зміни, сезонна ритміка рослин, фенологія.*

Актуальність. Протягом тисячоліть клімат був визначальним фактором поширення рослинності по всьому світу. Переважна більшість існуючих видів рослин схильні до постійних перетворень у просторі і часі – адаптуються, змінюють ареали існування, еволюціонують і відмирають (Helms, 2007).

У внутрішньорічному відношенні сучасні температурні перетворення планетарного масштабу створюють ризики прямого впливу на початок, закінчення вегетації рослин та інші показники їх сезонної ритміки (Сімонов, Дідух, 2013), таким чином визначаючи фенологію як одну із найбільш показових біологічних реакцій на зміни клімату (Menzel et al., 2020; Monahan et al., 2016). Особливо актуально це для лісових формацій – найдавнішого і найпродуктивнішого типу рослинності, яка відіграє пріоритетну екологічну роль в еволюції біосфери та підтриманні її упорядкованості. За даними (Генсірук, 2002) у сучасний період глобального потепління

клімату повсюдно на Землі площі лісових ландшафтів продовжують катастрофічно зменшуватися.

Розглядаючи регіональний аспект актуальності досліджень слід відзначити значну лісистість Карпатського регіону, де за даними (Генсірук, 2002) зосереджено близько 20 % лісів України. Частина з них – близька за станом до природних і входить до мережі природно-заповідного фонду України (Петрова, Третяк, 2003). Тому менеджерам природоохоронних територій розуміння фенологічних закономірностей і тенденцій дає можливість для врахування ймовірних наслідків зміни клімату на лісові екосистеми, що можуть відбуватись впродовж наступного століття (Monahan et al., 2016).

Таким чином, вивчення кліматогенних змін сезонної ритміки дерев на території Північно-Східних Карпат є винятково необхідним для збереження місцевого біорізноманіття, вивчення його екологічної стійкості, створення

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

прогностичних моделей можливих змін, трансформацій видового складу лісових екосистем, їх відновлення, ефективного управління, кліматичної адаптації тощо, а також важливим для розвитку науки (у тому числі для удосконалення системи феноспостережень) та ведення навчально-освітнього процесу, до якого залучені установи природно-заповідного фонду України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні десятиліття на фоні стрімкого підвищення глобальних температурних показників повсюдно у світі спостерігається активізація різнопланових досліджень з вивчення трансформаційних процесів лісових масивів та фенологічних фаз різних деревних порід. Кліматогенний вплив на зміну сезонної ритміки та темпу розвитку основних лісотвірних порід на європейському континенті в сучасних умовах відмічається повсюдно : на території Південної Європи (Bigler та ін., 2006; Raftoyannis та ін., 2008; Affolter та ін., 2010), включаючи Італію (Giuggiola та ін., 2010; Bertini та ін., 2011), на Кіпрі (Звіт ECHOES: Кіпр, 2009) та в Греції (Raftoyannis та ін., 2008), а також у Бельгії (Kint та ін., 2012), Швейцарії (Rigling та ін., 2013), а також передальпи у Франції (Rouault та ін., 2006; Allen та ін., 2010; Charu та ін., 2010).

Проблематика зменшення лісистості Українських Карпат та

аналіз впливу кліматогенних факторів на зміни фенологічних фаз дерев в цілому та окремих порід підіймалася у працях вчених Ужгородського національного університету (В.І. Комендар, С.С. Фодор, 1986; Л.М. Фельбаба-Клушина, 2009а, 2009б, 2010; І.Ю. Фекета, 2013), Національного лісотехнічного університету України (М.В. Чернявський та ін., 2000), Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України (В.М. Багнюк, Я.П. Дідух, 2002; Я.П. Дідух, 2023) Львівського національного університету імені Івана Франка (І.П. Ковальчук, А.Б. Михнович, 2004); Інституту екології Карпат НАН України (С.М. Стойко, 2006, 2011); Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (І.Ф. Калуцький, 2008; В.С. Олійник, 2008); Інституту економіки природокористування та сталого розвитку НАН України (Я.В. Коваль, 2008) (Дідух та ін., 2016).

За результатами досліджень (Сімонов, Дідух, 2013) виявлено, що сильні морози у майбутньому, ймовірно, обмежують поширення вид *Picea abies* на північному заході України, де межа ареалу проходить паралельно лініям кріорежиму. Відмічено кореляцію показників континентальності клімату з ареалом виду на його південно-східній межі. Очевидно, одним з важливих факторів, що обмежує поширення *P.*

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

abies на південь, є гумідність клімату.

У спільній праці фахівців Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника та Національного лісотехнічного університету України (Шпарик та ін., 2020) показано, що вплив клімату на подовження тривалості вегетаційного періоду є вагомою причиною змін у складі рослинних субформацій і формацій на території Українських Карпат : зокрема відзначається різке зменшилися площ природного поширення ялинових деревостанів і збільшення букових та ялицевих. Тому фенологічні спостереження є невід'ємною частиною досліджень, що проводяться у національних природних парках та заповідниках України і входять до написання «Літопису природи» – наукового документа, в якому сконцентровано основні результати вивчення процесів і явищ на територіях природо-заповідного фонду за відповідний рік (Програма літопису природи, 2002).

Глобальними дослідженнями кліматичних перетворень та їх вплив на різні природні екосистеми (у тому числі на зміну фенології деревної рослинності) займаються три основні центри : Всесвітня метеорологічна організація (World Meteorological Organization – WMO), Національне управління з аеронавтики і дослідження космічного простору (NASA) та Міжурядова група експертів зі зміни клімату (IPCC)

Існуючі бази даних та фонди

наукових досліджень про потенційний вплив зміни клімату на дендрофенологію постійно поповнюються і розширюються. Однак, незважаючи на це існує розрив у знаннях і комунікації між вченими та ненауковцями щодо того, як можна інтерпретувати сценарії впливу зміни клімату та що вони означають для лісів (Lindner et al., 2014).

Метою досліджень було виявити взаємозв'язки між датами настання основних фенологічних фаз розвитку домінуючих лісотвірних порід Північно-Східних Карпат та прогнозування ймовірних фенологічних інверсій у довгостроковій перспективі.

Досягнення поставленої мети передбачало послідовну реалізацію наступних завдань: 1) збір та систематизація фенологічних та кліматичних даних за багаторічний період; 2) аналіз основних закономірностей настання та проходження фенологічних фаз модельних видів дерев в сучасних кліматичних умовах; 3) прогнозування ймовірних змін сезонної ритміки досліджуваних порід у довгостроковій перспективі.

Матеріали і методи досліджень. Вихідними матеріалами для проведення досліджень були результати фенологічного моніторингу на території північної частини Карпатського національного природного парку (НПП) за період 2000-2022 рр. (23 роки) та багаторічні

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

дані спостережень за метеорологічними показниками у м. Яремче (мережа Карпатської селестокової станції УкрГМЦ ДСНС України). Для встановлення кліматичної обумовленості сезонної ритміки місцевої деревної флори було обрано три модельні види – основні лісотвірні для даного регіону : ялина європейська (*Picea abies* (L.) Karst.; далі у тексті – *Picea abies* або *P.a.*), ялиця срібна (*Abies alba* Mill.; далі у тексті – *Abies alba* або *A.a.*) та бук лісовий (*Fagus sylvatica* L.; далі у тексті – *Fagus sylvatica* або *F.s.*) і 5 показників фенологічних явищ (набухання бруньок (**B**), наростання пагонів (**R**), цвітіння (**F**), дозрівання плодів (**D**) та розсівання плодів (**S**).

Створення бази даних та комплексної обробки інформації передбачало використання комп'ютерних засобів і програмного забезпечення загального та спеціального призначення (табличний процесор Microsoft Office Excel, програмний пакет для статистичного аналізу Statistica 10 та повнофункціональну геоінформаційну систему MapInfo Professional 11.0).

Сила кореляційного зв'язку проводилось за градаціям : $0,0 < [r_s] \leq 0,19$ – дуже слабкий зв'язок; $0,2 < [r_s] \leq 0,39$ – слабкий; $0,4 < [r_s] \leq 0,59$ – помірний; $0,6 < [r_s] \leq 0,79$ – сильний; $0,8 < [r_s] \leq 1,0$ – дуже сильний.

В основу довгострокового прогнозування змін фенологічних явищ покладено дані генератора погоди MarkSim, який дозволяє побачити основні сценарії перетворень до 2095 р. відповідно до різних кліматичних моделей.

Таким чином, у роботі використано комплекс польових, інструментальних, лабораторних, аналітичних досліджень, а також низку методів, що застосовуються у фенології (Киселюк та ін., 2006) та метеорології.

Результати досліджень та їх обговорення.

Загальна характеристика території досліджень. Відповідно до схеми геоботанічного районування Українських Карпат територія досліджень знаходиться у межах округу букових карпатських лісів, району смереково-ялицево-букових і ялицево-смереково-букових пригорганських лісів, де лісова рослинність незначною мірою порушена людиною (рис. 1А) (Голубець, 2003).

Для розробки первинної методичної схеми вивчення кліматогенних змін сезонної ритміки дерев та апробації її ефективності було вивчено процеси і явища на абсолютних висотах 600-800 м н. р. м., що відображає особливості помірного висотного кліматичного поясу Карпат (див. рис. 1Б).

Проведені дослідження у загальному охоплюють площу

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

близько 160 км². З геоморфологічної точки зору – це територія міжгірських долин суббасейну р. Прут. Середня температура повітря у липні (найбільш теплого місяця року) тут становить близько +14 – +18°C, найхолоднішого – змінюється від -5°C до -7°C; за рік випадає понад 900 мм атмосферних опадів (Карпатський національний природний парк, 2009).

Існує низка тверджень, що головним фактором сезонної ритміки природи є термічний режим. Злами в річному ході температур викликають

різкі зміни всіх природних процесів, що призводить до зміни сезонів та субсезонів року (Програма літопису природи, 2002). Проте на практиці виявлено, що значний вплив на розвиток деревної рослинності здійснюють й інші предиктори. Для вивчення зав'язків фенологічних явищ з кліматичними показниками в умовах Північно-Східних Карпат було проведено комплексний аналіз фактичного матеріалу з використанням статистичних методів і наведено далі у тексті.

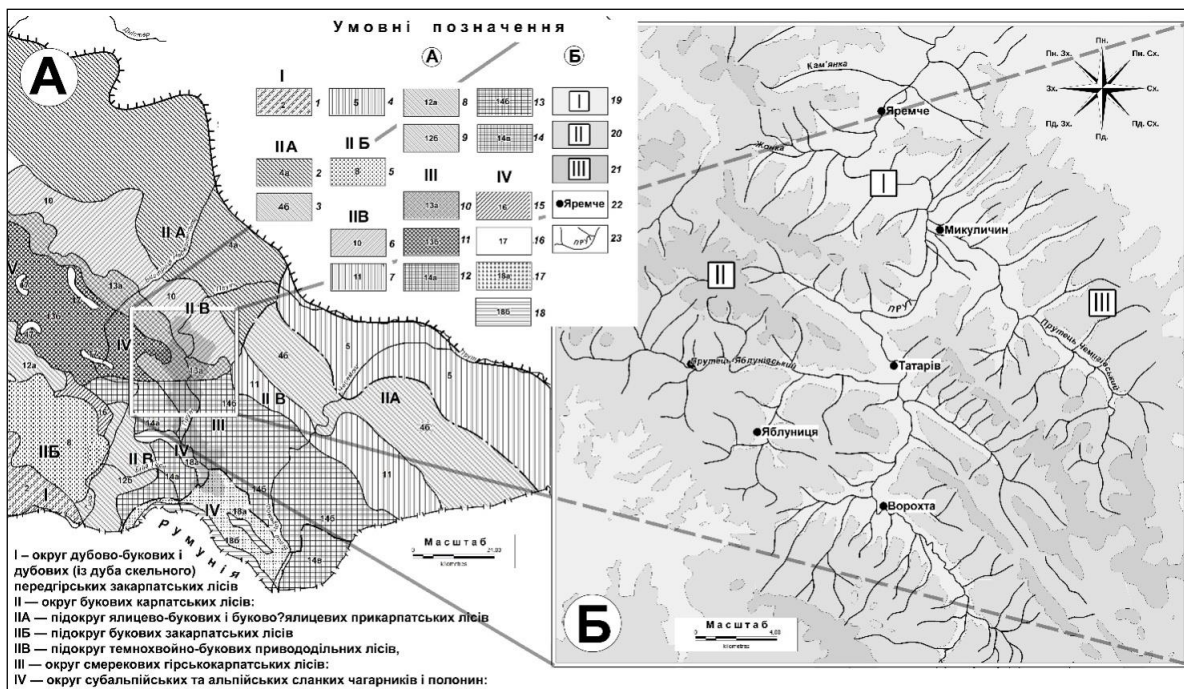


Рис. 1. Картохема території досліджень (А – Фрагмент картохеми геоботанічного районування Українських Карпат (Голубець, 2003) та Б – кліматичне зонування території досліджень) :

1-18 – назви геоботанічних районів та підрайонів (1 – дубово-букових і буково-дубових лісів Хустсько-Солотвинської улоговини; 2-3 – ялицево-букових передгірських лісів з підрайонами: 2 – Передгірським, 3 – Покутсько-Буковинським; 4 – дубово-букових лісів та остепненої лучної рослинності Прут-Сіретського межиріччя; 5 – букових лісів південного мегасхилу Полонинського хребта; 6 – смереково-ялицево-букових і ялицево-смереково-букових пригірських лісів, 7 – смереково-ялицево-букових і смереково-буково-ялицевих покутсько-буковинських лісів; 8-9 – смереково-ялицево-букових, смереково-буково-ялицевих і смереково-букових закарпатських лісів з підрайонами : 8 – Міжгірським і 9 – Рахівським; 10-11 – смерекових горганських лісів з підрайонами 10 – ялицево-буково-смерекових горганських лісів і 11 – смерекових вододільно-горганських лісів; 12-14 – смерекових чорногірсько-

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

мармароських лісів з підрайонами : 12 – буково-ялицево-смерекових верхньотиських лісів, 13 – ялицево-буково-смерекових ворохтянсько-путильських лісів, 14 – чистих смерекових чивчинсько-мармароських лісів; 15 – щільнодернинних лук, ялівцевих і душекєєвих заростей з фрагментами альпійської рослинності середньогірського Полонинського хребта, 16 – мохово-лишайникових пустищ, кам’яних розсипищ і гірськососнин Горган; 17-18 – сланких гірськососнин у поєднанні з душекєєвниками, рододендронниками, субальпійськими та альпійськими луками чорногірсько-мармароського високогір’я з підрайонами 17 – Чорногірсько-Гринявським і 18 – Чивчинсько-Мармароським.

19-23 – кліматичні пояси (I – помірний, II – прохолодний, III – помірно холодний); 26 – населений пункт; 27 – річка (водотік).

Кліматична обумовленість фенологічних фаз. За результатами досліджень виявлено, що *набухання бруньок (В)* у виду *Picea abies*

розпочинається у другій, а у видів *Abies alba* і *Fagus sylvatica* у третій декаді квітня (табл. 1).

1. Середні багаторічні дані настання (t_0) та тривалість (N , дні) фенологічних явищ у межах помірного кліматичного поясу території Карпатського НПП (600-800 м н.р.м.)

Вид		Picea abies		Abies alba		Fagus sylvatica	
		t_0	N	t_0	N	t_0	N
Набухання бруньок		18.04	–	23.04	–	21.04	–
Наростання пагонів	початок	13.05	103	04.05	55	15.05	33
	кінець	23.08		27.06		16.06	
Цвітіння	початок	07.05	24	09.05	22	10.05	34
	кінець	30.05		30.05		12.06	
Дозрівання плодів	початок	22.08	49	04.09	38	21.08	29
	кінець	09.10		11.10		18.09	
Початок розсівання плодів		28.10	–	12.10	–	22.09	–

На дату початку набухання бруньок ялини європейської і бука лісового впливає кількість опадів, що

випадає у березні ($P_{(III)}$; $r = -0,45$ та $r = -0,73$ відповідно); у ялиці – у січні-лютому ($P_{(I-II)}$; $r = -0,29$) (рис. 2).

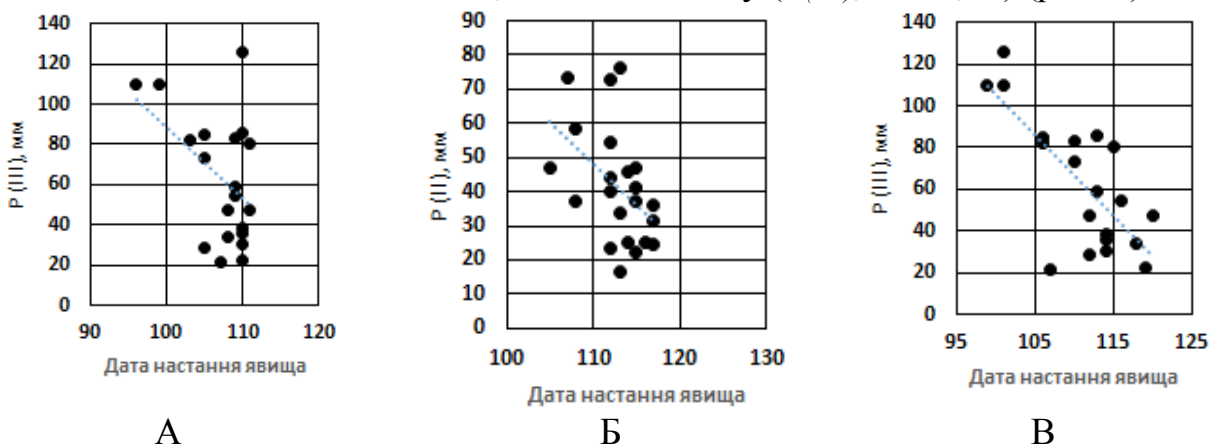


Рис. 2. Графіки залежності дати початку набухання бруньок (А – ялина європейська, Б – ялиця звичайна, В – бук лісовий) від атмосферних опадів ($P_{(n)}$)

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

Дата наростання пагонів (R) ялини європейської у середньому припадає на другу декаду травня і триває близько 103 дні. Показник $R_{\text{ноч.}(P.a.)}$ має сильний кореляційний зв'язок із максимальними температурами січня ($t_{\text{max.}(I)}$; $r = -0,74$), слабку залежність від мінімальних температур повітря січня-лютого ($t_{\text{min.}(I-II)}$; $r = -0,31$, $r = -0,26$) і кількості атмосферних опадів березня ($P_{(III)}$; $r = -0,33$).

У ялиці явище наростання пагонів розпочинається 28.04-13.05 і має помірну статистичну залежність від кількості атмосферних опадів, що випадають у березні ($P_{(III)}$; $r = -0,42$). Явище фенологічного розвитку пагонів бука лісового зазвичай відмічається 10-22.05 і залежить від мінімальних температур повітря у березні та квітні ($t_{\text{min.}(III-IV)}$; $r = -0,40$; $r = -0,46$).

Дата початку процесу цвітіння (F) виду *Picea abies* припадає на 1-2 декаду травня і триває у середньому 24 календарні дні. Показник $F_{\text{ноч.}(P.a.)}$ має помірний кореляційний зв'язок із кількістю атмосферних опадів, що спостерігаються у березні ($P_{(III)}$; $r = -0,56$), мінімальних ($t_{\text{min.}(I)}$; $r = -0,64$) та максимальних температур січня ($t_{\text{max.}(I)}$; $r = -0,58$).

Цвітіння ялиці срібної у часі є близьким до вище описаного виду (див. табл. 1). Характеристика $F_{\text{ноч.}(A.a.)}$ має помірну залежність від кількості атмосферних опадів, що випадають у березні ($P_{(III)}$; $r = -0,43$),

мінімальних температур повітря у січні ($t_{\text{min.}(I)}$; $r = -0,37$), травні ($t_{\text{min.}(V)}$; $r = 0,35$) і максимальних показників у січні ($t_{\text{max.}(I)}$; $r = -0,64$), березні ($t_{\text{max.}(III)}$; $r = -0,33$), травні ($t_{\text{max.}(V)}$; $r = -0,31$).

Вид *Fagus sylvatica* починає цвісти у період 22.04-19.05; тривалість явища – 34 дні. Характеристика $F_{\text{ноч.}(F.s.)}$ має слабку залежність від кількості атмосферних опадів, що випадають у лютому і травні ($P_{(II, IV)}$; $r = -0,31$; $0,35$), мінімальної температури повітря у травні ($t_{\text{min.}(V)}$; $r = 0,37$) та максимальних температур повітря у лютому-травні ($t_{\text{max.}(II-V)}$; $r = -0,41$; $-0,33$; $-0,50$; $-0,52$).

Початок дозрівання плодів (D) у виду *Picea abies* припадає на 15-25.08 і триває близько 50 календарних днів. Величина $D_{\text{ноч.}(P.a.)}$ статистично залежить від кількості опадів, що випадає у липні ($P_{(VII)}$; $r = -0,27$), мінімальної температури повітря серпня ($t_{\text{min.}(VIII)}$; $r = 0,34$) та максимальних температурних показників попередніх місяців ($t_{\text{max.}(V-VII)}$; $r = -0,33$; $-0,24$; $-0,33$).

Явище дозрівання плодів *Fagus sylvatica*, як і у попередньому випадку припадає на II-III декаду серпня (18-28.08) і триває 29 днів. Динаміка показника $D_{\text{ноч.}(F.s.)}$ статистично пов'язана із зміною атмосферних опадів ($P_{(VI-VIII)}$; $r = 0,53$; $-0,24$; $0,35$) і мінімальною температурою повітря у липні ($t_{\text{min.}(VII)}$; $r = 0,37$).

Строки настання явища дозрівання плодів у ялиці срібної

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

розпочинаються дещо пізніше – 01-10.09 і мають помірну залежність від мінімальної ($t_{min.(VII)}$; $r = -0,42$) та середньомісячної температури повітря у липні ($t_{сер.(VII)}$; $r = -0,54$); тривалість явища – 38 днів.

Початок розсівання плодів (S) ялини європейської варіює у дуже широкому діапазоні – 20.10-23.11 і має слабкий кореляційний зв'язок із кількістю атмосферних опадів жовтня-листопада ($P_{(X-XI)}$; $r = -0,24$; $0,27$).

Розсіювання плодів ялиці розпочинається 09-20.10 і залежить від кількості атмосферних опадів, що випали у жовтні ($P_{(X)}$; $r = -0,45$) та меншою мірою від максимальних

температур серпня-жовтня ($t_{max.(VIII-X)}$; $r = -0,25$; $-0,36$; $-0,26$)

Особливість бука лісового – найбільш ранній початок розсіювання плодів (18-25.09). Показник $S_{поч.(F.s)}$ залежить від кількості дощових опадів серпня ($P_{(VIII)}$; $r = -0,44$) та середньомісячних температур повітря серпня-вересня ($t_{сер.(VIII-IX)}$; $r = 0,44$; $0,36$).

Таким чином, особливості фенологічного розвитку (Ph) основних лісотвірних порід Північно-Східних Карпат з врахуванням найбільш значимих кореляційних зав'язків можна описати сукупністю лінійних і степеневих регресійних залежностей :

$$\begin{aligned}
 & Ph_{(P.a.)(t)} = \left\{ \begin{array}{l} B_{поч.(P.a.)(t_0)} = -0,0005 \cdot P_{(III)}^2 + 0,0137 \cdot P_{(III)} + 108,94; \\ R_{поч.(P.a.)(t_0)} = -0,019 \cdot t_{max.(I)}^2 - 0,1895 \cdot t_{max.(I)} + 134,21; \\ F_{поч.(P.a.)(t_0)} = -0,043 \cdot P_{(III)} + 130,7; -0,2989 \cdot t_{min.(I)} + 123,13; -0,4055 \cdot t_{max.(I)} + 129,82; \\ D_{поч.(P.a.)(t_0)} = -0,1627 \cdot t_{max.(VII)} + 237,7; \\ S_{поч.(P.a.)(t_0)} = -0,0867 \cdot P_{(XI)} + 302,6. \end{array} \right. \\
 & Ph_{(A.a.)(t)} = \left\{ \begin{array}{l} B_{поч.(A.a.)(t_0)} = -0,0902 \cdot P_{(II)} + 116,56; \\ R_{поч.(A.a.)(t_0)} = -0,0441 \cdot P_{(III)} + 126,57; \\ F_{поч.(A.a.)(t_0)} = -0,0319 \cdot P_{(III)} + 130,9; -0,1843 \cdot t_{min.(I)} + 126,27; -0,4838 \cdot t_{max.(I)} + 131,54; \\ D_{поч.(A.a.)(t_0)} = -0,4478 \cdot t_{min.(VII)} + 251,91; \\ S_{поч.(A.a.)(t_0)} = -0,0455 \cdot P_{(X)} + 288,13. \end{array} \right. \\
 & Ph_{(F.s.)(t)} = \left\{ \begin{array}{l} B_{поч.(F.s.)(t_0)} = -0,1396 \cdot P_{(III)} + 119,76; \\ R_{поч.(F.s.)(t_0)} = 0,1888 \cdot t_{min.(III)} + 135,63; 0,5601 \cdot t_{min.(IV)} + 134,86; \\ F_{поч.(F.s.)(t_0)} = -0,1391 \cdot P_{(II)} + 135,8; 1,0915 \cdot t_{min.(V)} + 124,6; -0,9751 \cdot t_{max.(IV)} + 143,35; \\ D_{поч.(F.s.)(t_0)} = 0,0156 \cdot P_{(VI)} + 231,06; 0,4223 \cdot t_{min.(VII)} + 228,88; \\ S_{поч.(F.s.)(t_0)} = -0,0128 \cdot P_{(VIII)} + 266,49. \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

Довгостроковий прогноз зміни настання фенологічних явищ. Для виявлення довгострокової перспективи ймовірної трансформації сезонної ритміки досліджуваних

видів дерев було обрано найгірший сценарій зміни клімату – RCP 8.5 (передбачає високий рівень емісій газів і кліматичних впливів, що виходять за межі поточних тенденцій)

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

та американську глобальну сполучену кліматичну модель GFDL-CM3 Лабораторії геофізичної гідродинаміки (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory), визначену аналітичним шляхом як таку, чії прогнози кліматичні показники найбільш відрізняються від фактичних середніх багаторічних даних.

За даними співробітників Світового банку (Pillai et al., 2021) за сценарієм RCP 8.5 у майбутньому в Україні очікується значне скорочення площі, придатної для вирощування ялини, бука, сосни та дуба. Менше 3% заліснених площ країни будуть мати оптимальні умови для вирощування ялини звичайної, сосни звичайної та бука і лише 8% території матимуть

оптимальні умови для вирощування дуба англійського. До середини XXI століття лише Карпати залишатимуться придатною зоною для ялини норвезької. У Карпатах очікується зміщення межі лісу на більшу висоту.

Відповідно до згаданого прототипу у багатостроковій перспективі клімат території Північно-Східних Карпат у межах Карпатського національного природного парку буде характеризуватися помітним зменшенням кількості атмосферних опадів (особливо у літній період), а також підвищенням мінімальних та максимальних температурних показників (рис. 3).

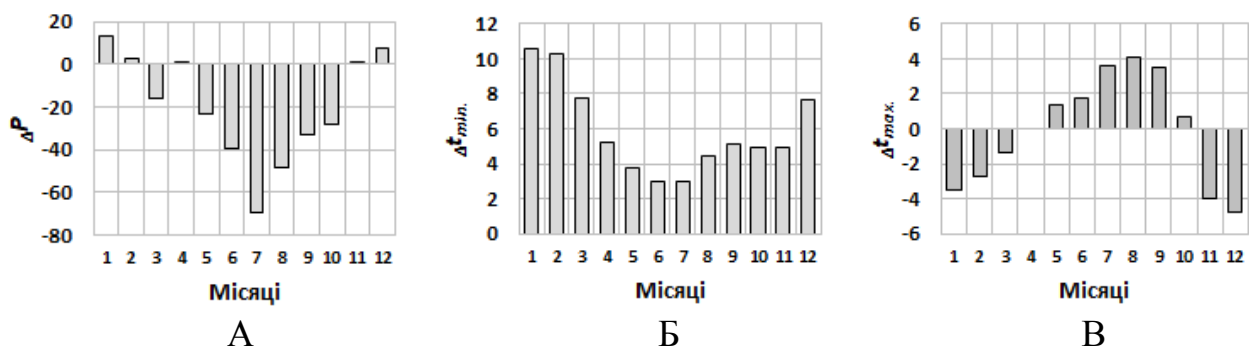


Рис. 3. Відхилення прогнозних метеорологічних показників 2095 р. від середніх багаторічних значень (А – кількість атмосферних опадів, ΔP , мм; Б – мінімальних температур повітря, Δt_{min} , °C; В – максимальні температури повітря, Δt_{max} , °C)

На основі отриманих регресійних зав'язків та даних кліматичної моделі GFDL-CM3 здійснено довгострокове прогнозування термінів настання (t_0) фенологічних явищ основних

лісотвірних порід Північно-Східних Карпат у межах Карпатського НПП та відхилення прогнозних даних (Δt) від середніх багаторічних значень (табл. 2).

2. Прогнозні значення настання фенологічних явищ у 2095 р.

Явище фенологічне	Вид	Picea abies		Abies alba		Fagus sylvatica	
		t ₀	Δt	t ₀	Δt	t ₀	Δt
Початок набухання бруньок		19.04	-1	23.04	0	23.04	-2
Початок наростання пагонів		14.05	-1	04.05	0	16.05	-1
Початок цвітіння		08.05	-1	09.05	0	11.05	-1
Початок дозрівання плодів		22.08	0	03.09	+1	22.08	-1
Початок розсівання плодів		25.10	+3	14.10	-2	23.09	-1

Висновки і перспективи.

Попри твердження значної кількості науковців щодо залежності сезонної ритміки розвитку рослин від температурних показників за результатами проведених досліджень виявлено значну статистичну залежність окремих фенологічних явищ основних лісотвірних порід території Північно-Східних Карпат від атмосферних опадів, які, зокрема, випадають у березні і меншою мірою у червні.

Існування значних кореляційних зв'язків між максимальними температурами січня-лютого та фенологічними явищами (у виду *Picea abies* – датами початку наростання пагонів і початку цвітіння; у виду *Abies alba* – датами початку цвітіння і початку дозрівання плодів; у виду *Fagus sylvatica* – датами початку набухання бруньок та початку цвітіння) може свідчити про значний вплив ґрунтового живлення (що формується від талих вод у цей період) на сезонну ритміку рослин.

Це у перспективі відкриває можливість для проведення окремих наукових досліджень щодо виявлення

взаємозв'язків фенологічних явищ з гідролого-гідрогеологічними характеристиками регіону.

З кліматогенної точки зору в усіх досліджуваних видів дерев найбільш складним для моделювання виявилось явище початку цвітіння дерев, на формування якого впливають усі кліматичні показники – атмосферні опади, мінімальна та максимальна температури повітря.

Результати довгострокового прогнозування трансформації сезонної ритміки дерев за регресійними залежностями показали, що навіть за найгіршими сценаріями глобальних змін клімату дати настання усіх фенологічних явищ модельних видів (*Picea abies* (L.) Karst., *Abies alba* Mill. та *Fagus sylvatica* L.) будуть знаходитись у межах розмаху вибірки фактичних даних періоду 2000-2022 рр.

В останні роки динаміка глобальних процесів у атмосфері відбувається у тенденції, яка значно відхиляється від даних сучасних прогностичних моделей. За повідомленням Служби зі зміни клімату Copernicus (C3S)

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

Європейського Союзу 2023 рік визнано найтеплішим за всю історію спостережень. Тому подальше вивчення особливостей внутрішньорічної динаміки розвитку деревних рослин має ґрунтуватись на оновлених метеорологічних та фенологічних даних із застосуванням більшої кількості оцінюючих параметрів.

Окрім того, для виявлення цілісної картини ймовірного просторово-часового впливу метеорологічних та кліматичних умов на лісові екосистеми Карпат доцільним є використання матеріалів феноспостережень в межах інших висотних зон, зокрема, субальпійському та альпійському кліматичних поясах.

Вивчаючи кліматогенну обумовленість сезонної ритміки дерев слід зазначити, що отримані у результаті проведених досліджень статистичні залежності можна розглядати у зворотному контексті –

Список використаних джерел

1. Генсірук С. А. Ліси України. Львів: Наук. тов. ім. Шевченка, УкрДЛТУ. 2002. 495.
2. Голубець М.А. Геоботанічне районування Українських Карпат – основа раціонального природокористування. Праці НТШ. Екологічні проблеми Карпатського регіону. 2003. Т. 12. С. 283–293.
3. Дідух Я.П., Чорней І.І., Буджак В.В. та ін. Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат. Чернівці : Друк Арт, 2016. 280 с.
4. Карпатський національний природний парк: монографія / за ред. М.М. Приходька, О.І. Киселюка, А.І. Яворського. Івано-Франківськ:

для прогнозування погоди за фенологічними явищами. Наприклад, наявність помірного кореляційного зв'язку між показниками $R_{noc.(F.s.)}$ та $t_{max.(XII)}$ ($r = -0,42$) може свідчити про прийдешній теплий грудень на фоні більш раннього строку початку наростання пагонів бука лісового.

Таким чином, вивчення кліматогенних змін сезонної ритміки дерев у Карпатах є критично важливим для розуміння впливу змін клімату на природні екосистеми, розробки стратегій їхнього управління та охорони, а також відкриває нові можливості для розвитку української науки.

Автори висловлюють подяку інспекторам Яремчанського, Ямнянського, Підліснівського, Татарівського та Ворохтянського природоохоронних науково-дослідних відділень Карпатського НПП за плідну багаторічну роботу та допомогу у вивченні фенологічних явищ природи Карпат.

«Фоліант», 2009. 671 с.

5. Киселюк О.І., Кріпчук В.О., Мотрук М.В., Тимчук Я.Я. та ін. Фенологічні спостереження за природою (Посібник). Львів: ТОВ «Сплайн», 2006. 126 с.
6. Петрова Л., Третяк П. Природно-заповідний фонд Українських Карпат. Праці Наукового товариства ім. Шевченка. 2003. Т. XII. С. 246-256.
7. Програма літопису природи для заповідників та національних природних парків: метод. посібник / за заг. ред. Т.Л. Андрієнко. Київ : Академперіодика, 2002. 103 с.
8. Сімонов Д.О., Дідух Я.П. Кліматохорологічний аналіз представників деревної флори України. Наукові записки НаУКМА :

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

Спеціальний випуск. 2001. Т. 19, ч. 2. С. 405-406.

9. Фекета І.Ю. Феноспостереження як складова частина моніторингу кліматичних змін. Науковий вісник Ужгородського університету : Серія: Географія. Землеустрій. Природокористування. 2013. Вип. 2. С. 26–31.

10. Шпарик Ю.С., Криницький Г.Т., Дебринюк Ю.М. Тенденції динаміки типів лісорослинних умов і породного складу деревостанів Українських Карпат у зв'язку зі змінами клімату. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2020. 20. С. 82-92.

11. Helms J.A. Effect of climate change on forest ecosystems. *Climate Change on Wildfire Activity : Hearing Before the Committee on Energy and Natural Resources, United States Senate, One Hundred Tenth Congress, First Session, to Consider Scientific Assessments of the Impacts of Global Climate Change on Wildfire Activity in the United States* (Washington, September 24, 2007). Washington, 2007. P. 20.

12. Lindner M., Fitzgerald J.B., Zimmermann N.E. etc. Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*. 2014. Vol. 146. P. 69–83. doi: 10.1016/j.jenvman.2014.07.030

13. Menzel A., Yuan Y., Matiu M., Sparks T., Scheifinger H., Gehrig R., Estrella N. Climate change fingerprints in recent European plant phenology. *Global Change Biology*. 2020. 26 (4). P. 2599-2612. doi: 10.1111/gcb.15000.

14. Monahan W.B., Rosemartin A., Gerst K.L., Fisichelli N.A., Ault T., Schwartz M.D., Gross J.E. and Weltzin J.F. Climate change is advancing spring onset across the U.S. national park system. *Ecosphere*. 2016. Vol. 7. Issue10. P. 3-17. doi: 10.1002/ecs2.1465.

15. Сайт генератора файлів погоди MarkSim™ DSSAT. URL: <https://gisweb.ciat.cgiar.org/MarkSimGCM/>

16. Pillai, Madhavi M.; Golub, Elena Strukova; Lokshin, Michael M.; Rakovych, Oksana; Ha, Thanh Phuong (2021). *Ukraine - Building Climate Resilience in Agriculture and Forestry (English)*. Washington, D.C. : World Bank Group.

<http://documents.worldbank.org/curated/en/893671643276478711/Ukraine-Building-Climate-Resilience-in-Agriculture-and-Forestry>

References

1. Gensiruk, S.A. (2002). *Forest of Ukraine*. Lviv, Scientific society named after Shevchenko, Ukrainian state Forestry University.

2. Holubets, M.A. (2003). Geobotanical division of the Ukrainian Carpathians – a basis of rational natural use. *Proceedings of the Shevchenko Scientific Society. Ecological Issues of the Carpathian Region*. 12. 283-293.

3. Didukh, Ya.P., Chorney, I.I., Budzhak, V.V. et all. (2016). *Climatogenic changes of plant life of the Ukrainian Carpathians*. Chernivtsi: DrukArt.

4. Prykhodko, M.M., Kyselyuk, O.I. & Yavorskyi, A.I. (Eds.). (2009). *Carpathian National Natural Park*. Ivano-Frankivsk: “Foliant”.

5. Kyselyuk, O.I., Kripchuk, V.O., Motruk, M.V., Tymchuk, Ya.Ya. etc. (2006). *Phenological observations of nature (Handbook)*. Lviv: “Spline”, 2006.

6. Petrova L., Tretyak P. (2003). Protected areas of the Ukrainian Carpathian mountains. *Proceedings of T. Shevchenko Scientific Society*. Vol. XII. 246-256.

7. Andrienko, T.L. (Ed.). (2002). *The nature chronicle program for reserves and national nature parks: methodological guide*. Kyiv : Akadempriodyka.

8. Simonov, D.O., Didukh, Ya.P. (2001) Climatic analysis of range areals of Ukrainian flora representatives. *NaUKMA Research Papers : Special issue*. 19(2). 405-406.

9. Feketa I.Y. (2013). Phenosupervisions as component part of monitoring of climatic changes. *Scientific Bulletin of Uzhgorod National University. Series: Geography. Land management. Nature management*. 2. 26-31.

10. Shparyk, Y., Krynytskyy H., Debryniuk Iu. (2020). Trends of dynamics in the site conditions types and species composition of the forest stands in the Ukrainian Carpathians caused by climate changes. *Proceedings of the Forestry Academy*

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

of Sciences of Ukraine. 20. 82-92.

11. Helms J.A. (2007). Effect of climate change on forest ecosystems. *Climate Change on Wildfire Activity* : Hearing Before the Committee on Energy and Natural Resources, United States Senate, One Hundred Tenth Congress, First Session, to Consider Scientific Assessments of the Impacts of Global Climate Change on Wildfire Activity in the United States (p. 20). Washington : U.S. G.P.O.

12. Lindner M., Fitzgerald J.B., Zimmermann N.E. etc. (2014). Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*. 146. 69–83. doi: [10.1016/j.jenvman.2014.07.030](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.030)

13. Menzel, A., Yuan, Y., Matiu, M., Sparks, T., Scheifinger, H., Gehrig, R., Estrella, N. (2020). Climate change fingerprints in recent European plant phenology. *Global Change Biology*. 26 (4). 2599-2612. doi :

10.1111/gcb.15000.

14. Monahan, W.B., Rosemartin, A., Gerst, K.L., Fisichelli, N.A., Ault, T., Schwartz, M.D., Gross, J.E. & Weltzin, J.F. (2016). Climate change is advancing spring onset across the U.S. national park system. *Ecosphere*. 7(10). 3-17. doi: 10.1002/ecs2.1465.

15. Website of weather file generator by MarkSim™ DSSAT URL: <https://gisweb.ciat.cgiar.org/MarkSimGCM/>

16. Pillai, Madhavi M.; Golub, Elena Strukova; Lokshin, Michael M.; Rakovych, Oksana; Ha, Thanh Phuong. (2021). Ukraine - Building Climate Resilience in Agriculture and Forestry (English). Washington, D.C. : World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/893671643276478711/Ukraine-Building-Climate-Resilience-in-Agriculture-and-Forestry>

CLIMATOGENIC INFLUENCE AND PREDICTION OF SEASONAL RHYTHM CHANGES IN THE MAIN TREE SPECIES OF THE NORTHEASTERN CARPATHIANS

I. V. Belmega, V. A. Khrutba, M. V. Motruk, R. L. Kravchynskyi

Abstract. *The article is devoted to the study of the phenological phenomena of the main forest-forming species (European spruce - *Picea abies*, white fir - *Abies alba* and forest beech - *Fagus sylvatica*) within the temperate climate zone (600-800 m a.s.l.) on the territory of the Carpathian National Nature Park for the period 2000-2022.*

The study employed a comprehensive set of field, instrumental, laboratory, analytical, and mathematical-statistical research methods, along with certain approaches applied in phenology and meteorology.

*According to the results of the statistical analysis, a significant influence of precipitation in March on the beginning of bud swelling (*Picea abies* and *Fagus sylvatica* species), the beginning of flowering trees (*Picea abies*, *Abies alba* species) and the onset of fruit ripening (*Picea abies*, *Fagus sylvatica* species) was revealed. and the beginning of seed dispersal (*Picea abies*, *Abies alba* species).*

*It should be noted that the minimum air temperatures in July significantly affect phenological events that begin and continue at this time and later, in particular, the beginning of fruit ripening (*Abies alba*, *Fagus sylvatica* species) and the onset of seeds dispersal (in all species).*

*Strong and moderate correlations between January-February maximum temperatures and various phenological events (e.g., in *Picea abies*, dates of shoot growth and flowering initiation; in *Abies alba*, dates of flowering initiation and seed ripening initiation; in *Fagus sylvatica*, dates of bud swelling and flowering initiation)*

Бельмега І. В., Хрутьба В. О., Мотрук М. В., Кравчинський Р. Л.

suggest a notable impact of underground water, originating from meltwater during this period, on plant seasonal rhythms.

The most difficult for modeling was the phenomenon of the beginning of flowering of trees, the formation of which is influenced by all involved climate predictors - precipitation, minimum and maximum air temperatures.

Based on the results of the research, the initial long-term forecasting of the response of local forest crops to probable climate changes was carried out; so, it was shown that even under the worst-case scenario (RCP 8.5), the dates of occurrence of all phenological phenomena of model tree species will be within the scope of the sample of actual data for the observation period of 2000-2022.

Keywords: *North-Eastern Carpathians, Carpathian National Natural Park, forest ecosystems, climate changes, seasonal rhythm of plants, phenology*

**МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНИЙ СТАТУС СВИНЕЙ РІЗНИХ ПОРІД,
ПРИДАТНИХ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У КСЕНОТРАНСПЛАНТАЦІЇ**Т. М. РИК, <https://orcid.org/0000-0003-4860-9109>*Львівська медична академія імені Андрея Крупинського*E-mail: tanya.ryk/77@gmail.com[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.003](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.003)

Анотація. Тисячі людей в Україні та світі потребують трансплантації органів. Проте, головною перешкодою до ширшого застосування трансплантації залишається дефіцит донорських органів та тканин. Для запобігання зараженню людей вірусами під час трансплантації органів свиней ретельно обстежують на наявність ретровірусів PERV та відбирають тварин із низькими рівнями експресії PERV-A та PERV-C. Стаття присвячена обговоренню отриманих результатів досліджень частоти ретровірусу PERV типів А і С у популяціях українських порід свиней. Дослідження здійснені на вибірках свиней порід: миргородська, велика біла, полтавська м'ясна, українська м'ясна, українська степова ряба, ландрас, п'єтрен, в'єтнамська вислобрюха, та дика свиня. Для молекулярно-генетичного аналізу використані зразки біоматеріалу (венозна кров, щетина з волосяними цибулинами). Виділення геномної ДНК зі зразків здійснювали сольовим методом та з використанням йоннообмінної смоли «Chelex-100». Генотипування проводили методом алей-специфічної (ПЛР-SSP) мультиплексної полімеразної ланцюгової реакції з використанням праймерів, комплементарних ділянкам локусів генів PERV-C, PERV-A. В якості внутрішнього контролю ПЛР використовували фрагмент локусу альфа-актину свині свійської (α -Actin). Ампліфікацію проводили в термоциклері «Терцик -2» («ДНК-технологія», РФ). Електрофоретичне розділення ампліфікованих ділянок ДНК у форматі мультиплекс ПЛР проводилось у 2 %-му агарозному гелі у тріс-боратному електрофорезному буфері. Встановлено, що серед досліджених груп свиней найвища концентрація ретровірусу PERV-C виявлена у тварин порід в'єтнамська вислобрюха (100 %), полтавська м'ясна (75 %) українська степова ряба (55 %), велика біла (50 %), ландрас (50 %). Найбільшою часткою тварин-носіїв ретровірусу PERV-A характеризуються породи в'єтнамська вислобрюха (100 %), полтавська м'ясна (95 %), п'єтрен (80 %) та українська м'ясна (73 %). Найбільше особин, вільних від ретровірусів PERV-A і PERV-C виявлено у дослідних групах порід української степової ряби (відповідно 75 і 45 %, миргородської (відповідно 32 і 75 %), ландрас (відповідно 75 і 50 %) і дика свиня. Свині цих порід можуть стати перспективними донорами органів для ксенотрансплантації.

Ключові слова: ксенотрансплантація, свиня свійська, ДНК-типсування, ретровіруси, PERV-A, PERV-C

Рик Т. М.

Сучасна трансплантологія відчуває гостру нестачу донорських органів. Одним із перспективних напрямів її вирішення наразі вважається використання органів і тканин тварин – ксенотрансплантація. За економічними і етичними критеріями, а також завдяки анатомічним і фізіологічним параметрам найоптимальнішим потенціальним донором органів для ксенотрансплантації є свиня свійська. Сучасна трансплантологія відчуває потребу у донорських органах.

У практиці використання свиней в медико-біологічних цілях США використовують спеціально виведені лабораторні породи (Zhang, et al, 2020). Також у різних країнах для медико-біологічного моделювання використовують дрібних аборигенних свиней (Волощук, та ін., 2014). Однак через дефіцит лабораторних дрібних свиней часто доводиться використовувати звичайних свійських свиней різних порід, оскільки розміри органів і структура тканин свійських свиней і їх функціональні особливості максимально наближені до анатомо-фізіологічних характеристик людини.

Однак є низка проблем, з якими стикаються трансплантологи, однією з яких є потенційний ризик передачі реципієнту при пересадці органів тварин рекомбінантних ендогенних ретровірусів (*Porcine Endogenous Retrovirus, PERV*), які можуть інфікувати клітини людини. Щоб

запобігти передачі PERV реципієнту, було розроблено ряд різних стратегій. Ці стратегії включають відбір тварин, вільних від PERV-C, з використанням специфічних і чутливих методів для виявлення PERV-C (Kaulitz, et al, 2013). Це запобігає рекомбінації між PERV-A і PERV-C. Іншими стратегіями є відбір тварин із низькою експресією PERV-A та PERV-B (Dieckhoff, et al., 2009).

Існує вірогідність того, що перебуваючи у латентній формі, при пересадці органу від тварини-донора, PERV можуть активізуватись і спричинити захворювання у людини, в тому числі і онкологічні. До того ж включення PERV в геном людини несе ризик того, що у разі стимуляції клітин іншими мікроорганізмами, експресія вірусу може змінитися, що може призвести до невідомих наслідків. Тому знання молекулярної структури та циклу реплікації вірусів PERV необхідні для визначення ризику зараження та планування стратегій їх виявлення. Для мінімізації ризику передачі вірусу під час ксенотрансплантації людини необхідний ретельний скринінг вихідного стада свиней за PERV, відбір тварин із низькими рівнями експресії вірусів PERV-A і C.

Метою досліджень було молекулярне дослідження генетичної структури окремих популяцій свиней за генами PERV-C, PERV-A для визначення потенційної придатності

Рик Т. М.

їх використання у ксенотрансплантації.

Матеріали та методи досліджень. Експериментальні дослідження проведені у лабораторії генетики Інституту розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця НААН та лабораторії генетики Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН.

Ідентифікацію ендемічних ретровірусів свиней PERV-C та PERV-A провели на поголів'ї свиней таких порід: *полтавська м'ясна* (20 гол, ДП «Деркульський кінний завод №63», Луганська обл.), *велика біла* (20 гол., ДП «Дослідне господарство «Степне» Інституту свинарства і АПВ НААН», Полтавська обл.), *ландрас* (20 гол., ТОВ «Хлібне», Харківська обл., Лозівський р-н, с. Царедарівка), *н'єтрен* (20 гол., Дослідна станція Гоенгаймського університету, Штутгарт, Німеччина), *миргородська* (54 гол., ДП «Дослідне господарство імені Декабристів» Інституту свинарства і АПВ НААН, Полтавська обл.), *в'єтнамська вислобрюха* (10 гол., Дослідна станція Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН, м. Полтава), *українська м'ясна* (22 гол.), *українська степова ряба* (20 гол., ДП «Дослідне господарство Інституту тваринництва степових районів ім. Іванова «Асканія-Нова», Херсонська обл.) і *дика свиня* (7 гол., Дослідна

станція Гоенгаймського університету, Штутгарт, Німеччина).

Для молекулярно-генетичного аналізу від піддослідних тварин відбирали зразки біоматеріалу (венозну кров, щетина з волосяними цибулинами). Виділення геномної ДНК зі зразків здійснювали сольовим методом та з використанням йоннообмінної смоли «Chelex-100». Генотипування проводили методом ПЛР-SSP використанням праймерів, комплементарних ділянкам локусів генів RYR1, PERV-C, PERV-A. Ампліфікацію проводили в термоциклері «Терцик -2» («ДНК-технологія», РФ). Детекцію результатів генотипування здійснювали електрофоретично у 2 % агарозному гелі.

Статистична обробка результатів генетичних досліджень проводилась методами математичної статистики, за використання комп'ютерної програми GenAlex 6.0 (Peacall, & Smouse, 2006). Для оцінки вірогідності різниці між представниками різних популяцій за частотами алелів використали алгоритм Фішера.

Результати досліджень і їх обговорення. Аналіз результатів дослідження підтипу С вірусу PERV у свиней виявили різну частоту його розповсюдження у породах свиней української і зарубіжної селекції (рис.1).

Рик Т. М.

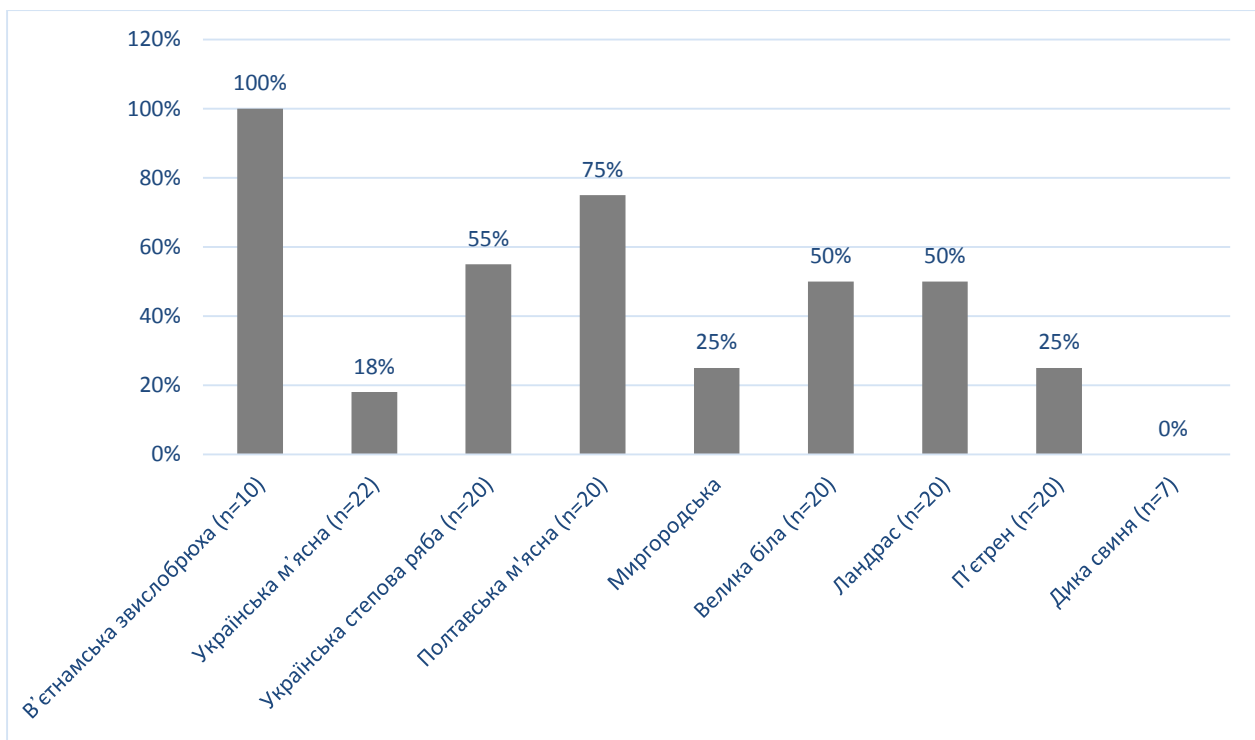


Рис. 1. Частка тварин з ретровірусом PERV-C у досліджених групах свиней

Результати дослідження показали, що рівень розповсюдження ретровірусу *PERV-C* варіював у широких межах: від повної його відсутності у дослідній групі дикої свині до 100-відсоткової зараженості свиней дослідної групи в'єтнамських вислобрюхих. У групі полтавських м'ясних частка носіїв ретровірусу *PERV-C* склала три четверті від усіх досліджених. У досліджених групах свиней порід української м'ясної, миргородської та п'єтрен частота носіїв генів дослідженого ретровірусу виявилась значно меншою відповідно – 25 %, 18 % і 25 %, порівняно із полтавською м'ясною. У 50 % свиней української степової рябої, ландрас та великої білої виявлено геном *PERV-C*. Результати наших досліджень співставні з отриманими іншими

авторами результатами про розповсюдження *PERV-C* у популяціях свиней сальних порід (Nikitin, Yudin, & Knyazev, (2010). У в'єтнамській вислобрюхій і українській степовій рябій, які належать до порід зазначеного напряму продуктивності, частота становила відповідно 100 % та 55 %,.. Однак, слід зауважити, що різниця між частотами *PERV-C*, які зустрічаються в досліджуваних субпопуляціях, не завжди статистично підтверджувалася.

Високий відсоток тварин-носіїв ретровірусу *PERV C*-підтипу у групах свиней в'єтнамських вислобрюхих, полтавських м'ясних, великої білої і ландрас, як показали результати дослідження, ускладнює відбір тварин, придатних для використання

Рик Т. М.

їх у біомедичних цілях. На противагу представникам цих порід, у автохтонних малочисельних породах частка тварин-носіїв ретровірусу С підтипу була значно меншою: у групі миргородської породи – 25 %, української м'ясної – 18 % та п'єтрен – 25 %. Повністю вільними від ретровірусу *PERV-C* виявились дикі свині. Досить велика частка тварин, вільних від ретровірусу *PERV-C*, у представників української м'ясної породи – 82 % виводить саме цю вітчизняну породу, у ряд найбільш перспективних генотипів для потреб ксенотрансплантації.

Перспективними для потреб ксенотрансплантації також можуть вважатися породи свиней п'єтрен та миргородська зі достатньо високим відсотком тварин, вільних від ретровірусу *PERV-C*.

Очевидно, що висока частота підтипу С ретровірусу *PERV* у полтавській м'ясній породі пов'язана із суттєвим впливом на формування її генофонду вихідної породи – великої білої, що використовувалася в якості як материнської, так і батьківської форм. Проведене нами дослідження також підтверджує думку інших науковців про низьку розповсюдженість *PERV-C* у тварин спеціалізованих м'ясних генотипів та їх найбільшу наближеність за цим показником до дикого європейського кабана.

У породах великої білої та ландрас виявлено по 50 % тварин-

носіїв ретровірусу *PERV* підтипу С, що ускладнює відбір тварин, придатних для використання їх у біомедичних цілях. На противагу цьому невисока частка заражених небезпечним ретровірусом тварин у дослідних групах свиней автохтонних малочисельних порід свідчить про можливу перспективу використання їх для потреб біомедицини. У субпопуляції дикої свині носіїв ретровірусу *PERV-C* не виявлено, що погоджується з даними (Liu, et al. 2023) про їх відсутність серед свиней «дикого типу».

Виходячи із отриманого результату дослідження розповсюдження гаплотипу *PERV-C* у свиней, що розводяться на території України можна відмітити важливу закономірність – найвища концентрація ретровірусу *PERV-C* властива тваринам азійського походження (в'єтнамська вислобрюха) та українській степовій рябій, великій білій, ландрас і полтавській м'ясній породам.

Очевидно, що висока частота підтипу С ретровірусу *PERV* у полтавській м'ясній породі пов'язана із суттєвим впливом на формування її генофонду вихідної породи – великої білої, що використовувалася в якості як материнської, так і батьківської форм. Проведене нами дослідження також підтверджує тезис інших науковців про низьку розповсюдженість *PERV-C* у тварин спеціалізованих м'ясних генотипів та

Рик Т. М.

їх найбільшу наближеність за цим показником до дикого європейського кабана.

Молекулярно-генетичний аналіз з визначення тварин-носіїв PERV-C показав суттєву різницю між дослідженими породами за вибраним маркером. Наші дослідження показали, що більшість тварин з відсутністю ендогенного ретровірусу свиней PERV-C належать до порід м'ясного напрямку продуктивності. Так, вільними від вірусу виявились: 82 % тварин в українській м'ясній породі; половина досліджених свиней породи ландрас; по 75 % – у п'єтрєнів і миргородської породи. Водночас у свиней універсального напрямку продуктивності частка вільних від вірусів тварин значно менша: велика біла – 50 %, українська степова ряба – 45 %. У тварин сального напрямку продуктивності породи в'єтнамська вислобрюха незаражені тварини взагалі відсутні.

Отримані результати досліджень показують, що серед вітчизняного поголів'я свиней є тварини, які не є носіями ендогенного ретровірусу свиней PERV-C, що створює сприятливі передумови для їхнього використання у ксенотрансплантації. Це такі породи як українська м'ясна, п'єтрєн і миргородська.

Визначення особин, вільних від PERV-C, позбавить науковців необхідності проведення складних генно-інженерних маніпуляцій з нокаутування ДНК даного вірусу, а

відомості щодо його відсутності у дикого європейського кабана (Godehardt, et al., 2020), можуть бути корисними у селекційній роботі з аборигенними українськими породами.

Міжнародним законодавство передбачено принципи використання свиней у клінічних дослідженнях: скринінг наявності у організмі PERV-C, вибір тварин із низькими рінками експресії PERV-A, PERV-B і (Nikitin, Yudin & Knyazev, 2010). Дослідженнями виявлено високу частоту виявлення PERV типів А і В у різних порід свійських свиней, в той же час виявлені свині у яких відсутній PERV-C.

Запровадження секвенування ДНК геному свині дозволить проводити відбір тварин-донорів із зниженою інфекційністю, визначити інтенсивність експресії та розробити методи їх нокауту.

Аналіз наявності геному вірусів *PERV* підтипу А у субпопуляціях свиней досліджуваних порід також виявив різну їх частоту (рис. 2).

Так, встановлено, що найбільшою часткою тварин із ретровірусом *PERV* –А характеризувалися полтавська м'ясна, п'єтрєн та українська м'ясна породи свиней відповідно із 95 %, 80 % та 73 %. Приблизно на однаковому рівні була кількість тварин із наявністю ретровірусу підтипу А у свиней порід миргородська та велика біла, з

Рик Т. М.

частотою відповідно 68 % та 65 %. У свиней породи в'єтнамська

вислобрюха стовідсотково виявили ретровірус *PERV*-A.

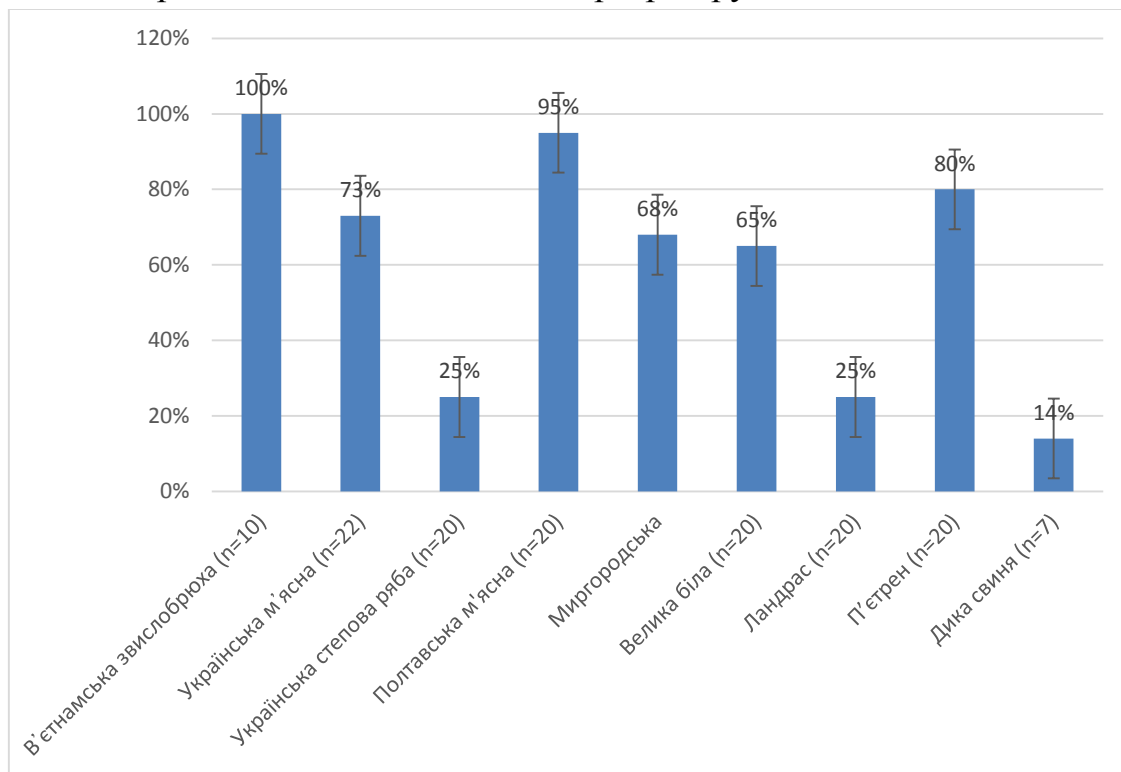


Рис. 2. Частоти тварин з вірусом PERV-A у досліджених групах свиней різних порід

У особин, що представляють групу дикого кабана, породи ландрас і українську степову рябу *PERV*-A зустрічався з відносно низькою частотою, у той час, коли у всіх свиней в'єтнамської вислобрюхої породи був виявлений цей вірус. У полтавській м'ясній породі його частка сягала 90 %, дещо меншою вона встановлена у субпопуляціях миргородської і великої білої порід.

Виходячи з результатів молекулярно-генетичного аналізу за маркером *PERV*-A не прослідковується перспектив для використання у біомедичних цілях свиней в'єтнамська вислобрюха, полтавська м'ясна та п'єтрен.

Найбільш придатними для розведення у біомедичних цілях виявилися свині породи українська степова ряба, ландрас та дика свиня.

Найменша частка тварин, що мали в своєму геномі обидва підтипи вірусу, виявлена у дослідній групі диких свиней. Водночас, у в'єтнамській вислобрюхій породі всі тварини були носіями обох підтипів вірусу *PERV*. Віруси *PERV* обох підтипів з високою частотою виявлені також у геномах тварин із субпопуляції полтавської м'ясної породи.

Проведений нами молекулярно-генетичний аналіз за маркерами *PERV*-A та *PERV*-C показав різний

Рик Т. М.

розподіл частот із позитивним результатом на присутність ретровірусу свиней підтипу А та С, що ускладнює можливість відбору окремих порід свиней одразу за обома підтипами. Однак окремо за кожним маркером така можливість існує. Тому відбір тварин визначених кандидатних порід свиней направлений на елімінацію генів ретровірусу свиней підтипу А та С в перспективі надає можливість створити спеціалізовані лінії свиней придатних до ксенотрансплантації.

Щоб виключити чи мінімізувати любий ризик інфекції PERV під час ксенотрансплантації людині, бажано відбирати свиней-донорів, у яких будуть відсутні всі тропні для людини PERV-С та найнижча експресія PERV-А. Експресія РНК PERV знайдена практично у всіх порід домашніх свиней (Denner, 2021; Liu et al. 2023). Однак проведення полігеномного секвенування ДНК може допомогти охарактеризувати і відібрати тварин-донорів із зниженою PERV.

Висновки. Дослідження частоти ретровірусу PERV-С у свинях різних порід показало, що найменшу кількість носіїв вірусу мали свині порід: українська м'ясна (18 %), миргородська (25 %), п'єтрен (20 %).

Список використаних джерел

1. Zhang Y., Xing X., Huang L. et al. Screening pigs for xenotransplantation in China: investigation of porcine endogenous retrovirus in Diannan small-eared pigs. *Virus Genes*. 2020. Vol. 56, P. 202–208. <https://doi.org/10.1007/s11262-019-01722-7>

Половина свиней порід ландрас і велика біла були носіями PERV-С. 75 % свиней полтавської м'ясної породи мали PERV-С. 100 % свиней в'єтнамської вислобрюхої породи були заражені PERV-С. Дикі свині не мали PERV-С.

Дослідження ретровірусу PERV-А засвідчило цілковиту зараженість дослідних у свиней в'єтнамської вислобрюхої породи і високу частоту (75 %) у полтавській м'ясній породи. Відносно низька частота – у диких кабанів, ландрасів, миргородських, великої білої та української степової рябої.

Отже, найвищий відсоток особин, вільних від ретровірусів PERV-А та PERV-С виявлено серед свиней таких порід: українська степова ряба: 75 % (PERV-А) та 45 % (PERV-С); миргородська: 32 % (PERV-А) та 75 % (PERV-С); ландрас: 75 % (PERV-А) та 50 % (PERV-С); дика свиня: 86 % (PERV-А) та 100 % (PERV-С). Свині цих порід можуть стати перспективними донорами органів для ксенотрансплантації.

Наступними дослідженнями щодо встановлення придатності свиней для потреб біомедицини планується дослідження їх стресостійкості (ген RYR).

2. Волощук В. М. та ін. Свинарство : монографія / За ред. Волощука В.М. К. : Аграрна наука, 2014. 587 с

3. Kaulitz D. Mihica D. Adlhoch C. Semaan M. Denner J. Improved pig donor screening including newly identified variants of porcine endogenous retrovirus-C (PERV-C).

Рик Т. М.

Archives of Virology. 2013, Vol. 158, P. 341–348. <https://doi.org/10.1007/s00705-012-1490-9>

4. Dieckhoff B., Kessler B., Jobst D., Kues W., Petersen B., Pfeifer A., Kurth R., Niemann H., Wolf E., Denner J. Distribution and expression of porcine endogenous retroviruses in multi-transgenic pigs generated for xenotransplantation. *Xenotransplantation*. 2009. Vol. 16. P. 64–73

5. Peacall R, Smouse P.E. GENALEX 6: genetic analysis in Excel Population genetics of twarean dresearch. *Molecula Ecology Notes*. 2006. № 6. P. 288-295

6. Nikitin S.V., Yudin N.S, Knyazev S.P. Differentiation of wild boar and domestic pig populations based on the frequency of chromosomes carrying endogenous retroviruses. *Natural Science*. 2010. Vol. 2. № 6. P. 527-534. <https://doi.org/10.4236/ns.2010.26066>.

7. Godehardt A.W., Fischer N., Rauch P., Gulich B., Boller K., Church G.M., Tönjes R. Characterization of porcine endogenous retrovirus particles released by the CRISPR/Cas9 inactivated cell line PK15 clone 15. *Xenotransplantation*. 2020. Vol. 27. № 2. P. 12563. <https://doi.org/10.1111/xen.12563>

8. Denner J. Porcine Endogenous Retroviruses and Xenotransplantation, *Viruses*. 2021. Vol. 13. № 11. P. 2156. <https://doi.org/10.3390/v13112156>

9. Liu Y., Niu Y., Ma X. *et al.* Porcine endogenous retrovirus: classification, molecular structure, regulation, function, and potential risk in xenotransplantation. *Functional and Integrative Genomics*. 2023. Vol. 23. P. 60. <https://doi.org/10.1007/s10142-023-00984-7>

Referens

1. Zhang, Y., Xing, X., Huang, L. Wu, J., Li, P., Ruhong Li, R., Liu, G. (2020) Screening pigs for xenotransplantation in China: investigation of porcine endogenous retrovirus in Diannan small-eared pigs. *Virus*

Genes. 56: 202–208. <https://doi.org/10.1007/s11262-019-01722-7>

2. Voloshchuk V.M. *et al.* (2014). Swine breeding. Monograph. Kyiv, Agrarian science. 587 p

3. Kaulitz, D. Mihica, D. Adlhoch, C. Semaan, M. Denner, J. (2013) Improved pig donor screening including newly identified variants of porcine endogenous retrovirus-C (PERV-C). *Arch. Virol.* 158:341–348. <https://doi.org/10.1007/s00705-012-1490-9>

4. Dieckhoff, B., Kessler, B., Jobst, D., Kues, W., Petersen, B., Pfeifer, A., Kurth, R., Niemann, H., Wolf, E., Denner, J. (2009). Distribution and expression of porcine endogenous retroviruses in multi-transgenic pigs generated for xenotransplantation. *Xenotransplantation*. 16: 64–73.

5. Peacall, R, Smouse, P.E. (2006) GENALEX 6: genetic analysis in Excel Population genetics of twarean dresearch. *Molecul Ecology Notes*. 6: 288-295.

6. Nikitin, S.V., Yudin, N.S, Knyazev, S.P. (2010). Differentiation of wild boar and domestic pig populations based on the frequency of chromosomes carrying endogenous retroviruses. *Natural Science*. 2(6):527-534. <https://doi.org/10.4236/ns.2010.26066>.

7. Godehardt, A.W., Fischer, N., Rauch, P., Gulich, B., Boller, K., Church, G.M., Tönjes, R. (2020). Characterization of porcine endogenous retrovirus particles released by the CRISPR/Cas9 inactivated cell line PK15 clone 15. *Xenotransplantation*. 27(2): 12563. <https://doi.org/10.1111/xen.12563>

8. Denner, J. (2021). Porcine Endogenous Retroviruses and Xenotransplantation, *Viruses*. 13(11): 2156. <https://doi.org/10.3390/v13112156>

9. Liu, Y., Niu, Y., Ma, X. *et al.* (2023). Porcine endogenous retrovirus: classification, molecular structure, regulation, function, and potential risk in xenotransplantation. *Funct Integr Genomics*. 23:60. <https://doi.org/10.1007/s10142-023-00984-7>

MOLECULAR-GENETIC STATUS OF PIGS OF OTHER BREEDS SUITABLE FOR USE IN XENOTRANPLANTATION

T. M. Ryk

Abstract. *Thousands of people in Ukraine and the world need organ transplants. However, the main obstacle to the wider use of transplantation remains the shortage of donor organs and tissues. To prevent human infection with viruses during organ transplantation, pigs are carefully screened for PERV retroviruses and animals with low expression levels of PERV-A and PERV-C are selected.*

The article is devoted to the discussion of the results of research on the frequency of retrovirus PERV types A and C in populations of Ukrainian pig breeds.

The research was carried out on samples of pigs of the following breeds: Mirgorod, Great White, Poltava meat, Ukrainian meat, Ukrainian Steppe Ryaba, Landras, Pietren, Vietnamese Vyslobryukha, Vietnamese Meishan, and wild pig. Biomaterial samples (venous blood, bristles with hair bulbs) were collected for molecular genetic analysis. Isolation of genomic DNA from the samples was carried out by the salt method and using the Chelex-100 ion exchange resin. Genotyping was performed by the method of allele-specific (PCR-SSP) multiplex polymerase chain reaction using primers complementary to regions of the PERV-C, PERV-A gene loci. A fragment of the domestic pig alpha-actin locus (α -Actin) was used as an internal PCR control. Amplification was carried out in a thermal cycler Tertsik-2 ("DNA-technology," RF). Electrophoretic separation of amplified DNA sections in multiplex PCR format was performed in a 2% agarose gel in a tris-borate electrophoresis buffer.

It was established that among the studied groups of pigs, the highest concentration of retrovirus PEVR-C was found in animals of the breeds Vietnamese Vyslobrukha (100%), Poltava meat (75%), Ukrainian steppe spotted (55%), large white (50%), landrace (50%). The largest share of PEVR-A retrovirus carrier animals is characterized by the breeds of Vietnamese Vyslobrukha (100%), Poltava meat 95%), Pietren (80%) and Ukrainian meat (73%). The largest number of individuals free from PERV-A and PERV-C retroviruses were found in experimental groups of breeds of Ukrainian steppe spotted (75 and 45%, respectively), Myrhorod (32 and 75%, respectively), landrace (75 and 50%, respectively) and wild pig. Pigs these breeds can become promising organ donors for xenotransplantation.

Key words: *xenotransplantation, domestic pig, DNA typing, retroviruses, PERV-A, PERV-C*

UDC 663

STUDY OF THE POTENTIAL FOR MODIFYING THE DESIGN OF A TURBINE STIRRER BLADE TO REDUCE THE EFFECT OF SHEAR STRESSES ON MICROORGANISMS IN CULTIVATION PROCESSES**V. SHYBETSKYI**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,<https://orcid.org/0000-0001-5482-0838>

E-mail: v.shybetsky@gmail.com

M. KALININA, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer,<https://orcid.org/0000-0003-0455-138X>

E-mail: kalinina.kpi@gmail.com

S. KOSTYK, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,<https://orcid.org/0000-0002-2817-7233>

E-mail: kostyksergey@ukr.net

V. POVODZINSKYI, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,<https://orcid.org/0000-0002-9591-909X>

E-mail: vnpovodzinski@ukr.net

D. MAKARENKO, student, <https://orcid.org/0009-0009-5996-481X>

E-mail: mr.makarenkodenis@ukr.net

*National Technical University of Ukraine**“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”*[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.004](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.004)

Abstract. *Stirring in bioreactors is an important element for the efficient cultivation of cell cultures in biotechnological production. But high-speed stirrers can create high level of shear stresses that negatively affect microorganisms. Therefore, it is important to develop the design of new stirring devices to minimize the negative impact of shear stresses on cells during cultivation. The purpose of this study is to analyze the effect of the designs of turbine stirring devices, proposed by authors, on the parameters of the stirring process during the cultivation of cell cultures by methods of computer modeling. The computer modeling was performed in ANSYS for the process of liquid stirring in a bioreactor. Two new designs of turbine stirrers have been proposed. The idea of the new design is to divide the working blade into two, i.e. to create a cutout in the blade. In the first case, the cutout is a rectangle, in the second - a parallelogram. To compare the efficiency of the proposed designs, we also modeled the stirring with a classical turbine 6-blade stirrer. Based on the modeling results, were obtained contours of the velocity distribution, turbulent kinetic energy, shear strain rate, velocity vectors, and ISO-surfaces forming the core of the rotation vortex. It was found that the presence of cutouts in the turbine stirrer does not lead to a decrease in the velocity of the main flows and redistribution of motion vectors, but significantly reduces the value of turbulent kinetic energy from and shear strain rate. The maximum value of turbulent kinetic energy for the classical stirrer is $2.489 \text{ m}^2/\text{s}^2$, while for the*

Шибецький В. Ю., Калініна М. Ф., Костик С. І., Поводзинський В. М., Макаренко Д. О.

stirrers with cutouts it barely reaches $1.245 \text{ m}^2/\text{s}^2$. The shear stresses decrease by 10 % from $19.63 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$ for the classical design to $17.67 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$ for the stirrer with parallelogram-shaped cutouts. The further development of this study will be to analyze the influence of the geometric parameters of the stirrer with parallelogram-shaped cutouts on the qualitative indicators of stirring. The results obtained in this work can be used by engineers and technologists to design bioreactors with reduced values of shear stresses.

Keywords: *bioreactor, stirring, turbine stirrer, shear stress, computer modeling, ANSYS*

Introduction. One of the key aspects of ensuring optimal conditions for the cultivation of cell cultures in biotechnology is stirring. The stirring process solves several important tasks at once (Maiorano et al., 2020; Singh, 1999):

- ensures the distribution of nutrients, which contributes to optimal cell growth and development;
- helps to keep the cells floating;
- intensifies oxygen transfer and metabolite removal;
- equalizes temperature and metabolite concentration gradients.

Thus, stirring in bioreactors is an important element for the efficient cultivation of cell cultures in biotechnology production.

However, high-speed stirrers, such as propeller and turbine stirrers, which are most commonly used in industry, also have a negative impact on microorganisms. Such phenomena include the occurrence of shear stresses due to the displacement of the culture liquid layers relative to each other (Huang et al., 2018). Shear stress can adversely affect microorganisms in various ways:

1. Excessive shear stress can lead to increased cell death, decreased cell growth rate and viability, or even cell lysis.

2. Shear stress affects biofilm formation and structure, which are strongly related to the extracellular electron transfer phenomena and bioelectrical performance of bioanodes (Yang et al., 2019).

3. Shear-reducing viscosity experienced by rotating cilia is the main reason for the increased swimming speed of bacteria in a Newtonian fluid (Qu & Breuer, 2020).

These factors directly affect the efficiency of cultivation processes, and therefore it **is extremely important** to develop new designs of stirrers to minimize the negative impact of shear stress.

Analysis of recent researches and publications. Ways to reduce the level of shear stress can be to reduce the viscosity of the culture medium, reduce the number of air bubbles, reduce the speed of rotation of the agitators, and change the design of the stirrer (BRANDY SARGENT, 2017). It is impossible to change the viscosity of the

culture medium and the amount of air injected into the bioreactor due to the need to comply with all technological parameters of cultivation of a particular cell type. Reducing the speed of the stirrer rotation will lead to a decrease in the intensity of mass transfer and heat transfer processes, and therefore to a decrease in the efficiency of the bioreactor in general (Korobiichuk, Shybetskyi, et al., 2022). Therefore, the confirmation of the effectiveness of new stirrer designs that would reduce the level of shear stress is the basis of this work.

The following methods are used to determine the level of exposure of cells to shear stresses: studying the response of cells and tissues to shear stresses (Espina et al., 2023) and biomechanical studies of cells (Silvani et al., 2021).

These methods allow to assess the level of influence of physical quantities on cells, but they are expensive and difficult to perform; before using them, it is necessary to make sure that the proposed changes in the design of the stirrer will be effective. For this purpose, it is worth using various methods of mathematical and computer modeling. CFD modeling in ANSYS is a powerful tool for the analysis of new stirrer designs to reduce the level of shear stress (Korobiichuk et al., 2021).

CFD modeling makes it possible to consider various factors that affect the hydrodynamics and heat transfer in bioreactors, such as stirrer geometry, blade type and speed, fluid properties,

chemical reactions, phase change, etc. This helps to obtain more accurate and realistic results than using simplified analytical models. Computer modeling also allows to optimize the design of the stirrer to achieve the desired goals. CFD modeling in ANSYS allows for parametric studies, multiple simulations, comparative analysis, and other methods to determine the optimal stirrers design that maximizes efficiency, uniformity, stability, and minimizes shear stress. This helps to reduce the cost of conducting a physical experiment (Korobiichuk, Mel'nick, et al., 2022).

The **purpose** of this study is to analyze the effect of the new proposed designs of mixing devices on the parameters of the mixing process during the cultivation of cell cultures by computer modeling in the ANSYS.

Methods. Computer modeling was carried out for the process of liquid stirring in a bioreactor. The main purpose of the simulation was to determine the efficiency of new designs of turbine stirrers, to establish the regularities of the distribution of liquid flows caused by their movement, and to compare their performance with the classical design. Two new designs of turbine stirrers were proposed for the study (Fig. 1, a, b). A unique feature of the new designs is the division of the working blade into two; in the first case, the cutout is a rectangle (Fig. 1, a), in the second - a parallelogram (Fig. 1, b). The total area of the blade remained unchanged. To compare the efficiency of

Шибецький В. Ю., Калініна М. Ф., Костик С. І., Поводзинський В. М., Макаренко Д. О.

the proposed structures, the stirring with a classical turbine 6-blade stirrer was also simulated (Fig. 1, c).

The geometric parameters of the stirring devices were calculated in accordance with generally accepted methods. The diameter of the stirrer in all cases is $d_m=800$ mm.

ANSYS software, FluidFlow (CFX) module, was chosen for modeling.

To implement the finite element method, the volume of the apparatus, which contains the medium and the stirrer, was divided into a set of mesh elements using the Mesh module. The number of elements is 380280, the number of nodes is 72888.

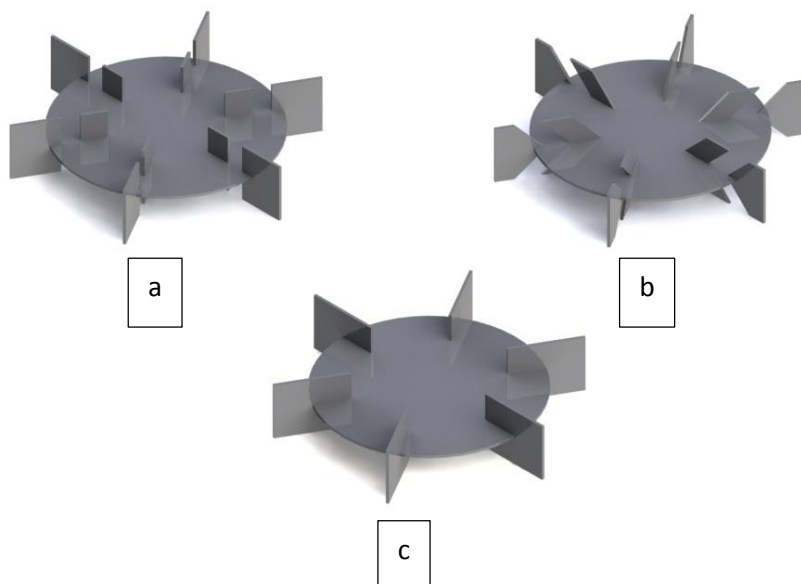


Fig. 1. 3-D models of stirring devices for the modeling process (without considering the hub): a - turbine stirrer with a rectangular cutout; b - turbine stirrer with a parallelogram-shaped cutout; c - classical turbine stirrer.

In the simulation, two computational domains were created (Fig. 2): the volume of the internal cavity of bioreactor 1 and the volume of the stirrer 2. Volume 1 has type “Fluid Domain” and consists of one substance –

“Water”. The properties of “Water” correspond to the physical properties of water at a temperature of 20 °C. Volume 2 has the type “Immersed body” and rotates around the Y-axis with a frequency of 3.3 s⁻¹.

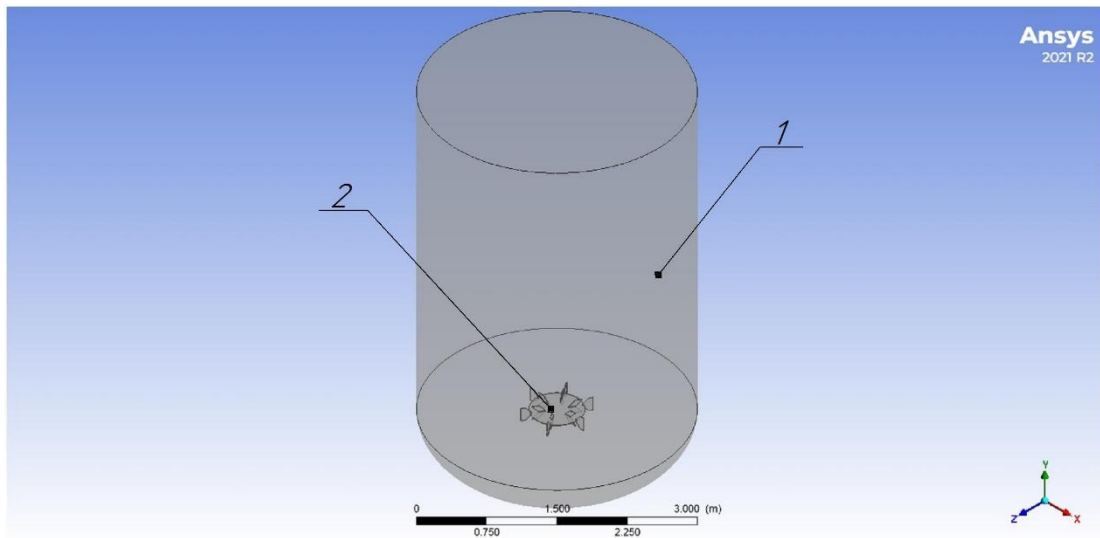


Figure 2. Computational domains: 1 - the volume of the bioreactor internal cavity; 2 - the volume of the stirring device.

Simulation type – “Transient”. The total simulation time was 20 s, with time intervals from 0.01 s to 0.5 s to ensure a Courant number of less than 10.

The boundary conditions “Wall” were set on the outer surface of volume 1. The walls of the stirring device were automatically defined as the interface between the two volumes.

At the initial moment of time, the substance in the bioreactor is stationary, so the velocities u , v , w are 0. The pressure in the apparatus at the initial moment of time is 0.1 MPa.

Results. As the results of modeling were obtained the velocity, shear strain rate and turbulent kinetic energy

distribution contours, velocity vectors, and ISO surfaces that form the core of the rotation vortex.

Fig. 3 shows the flow velocity contour in the longitudinal section of the bioreactor.

The profile of the velocity distribution in the cross-section of the stirrer is approximately the same; in the classical stirrer, the areas with velocities of 0.75-3.00 m/s are larger in area, although not significantly.

The distribution of velocities along the height of the bioreactor also has similar patterns, the differences are insignificant and can be explained by the non-stationarity of the mixing process.

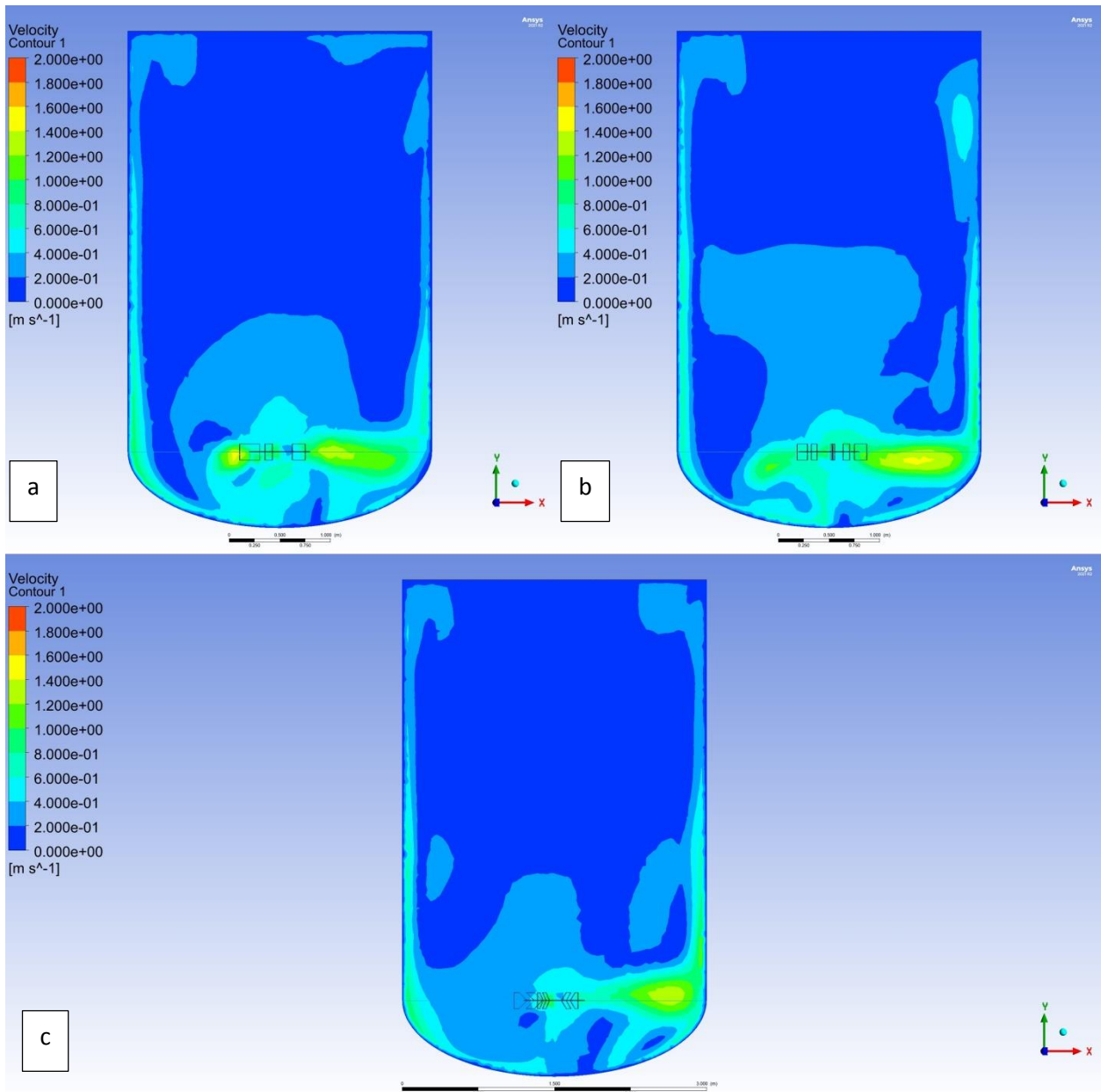


Fig. 3. Velocity contours: a - classical turbine stirrer; b - turbine stirrer with a rectangular cutout; c - turbine stirrer with a parallelogram-shaped cutout.

Figs. 4-5 show the distribution of fluid velocity vectors. Similarly to the velocity distribution contours velocity vectors in the plane of the stirrer shows

the same pattern of vector distribution with the same vortex patterns and main flows generated by the stirrer blades (Fig. 4).

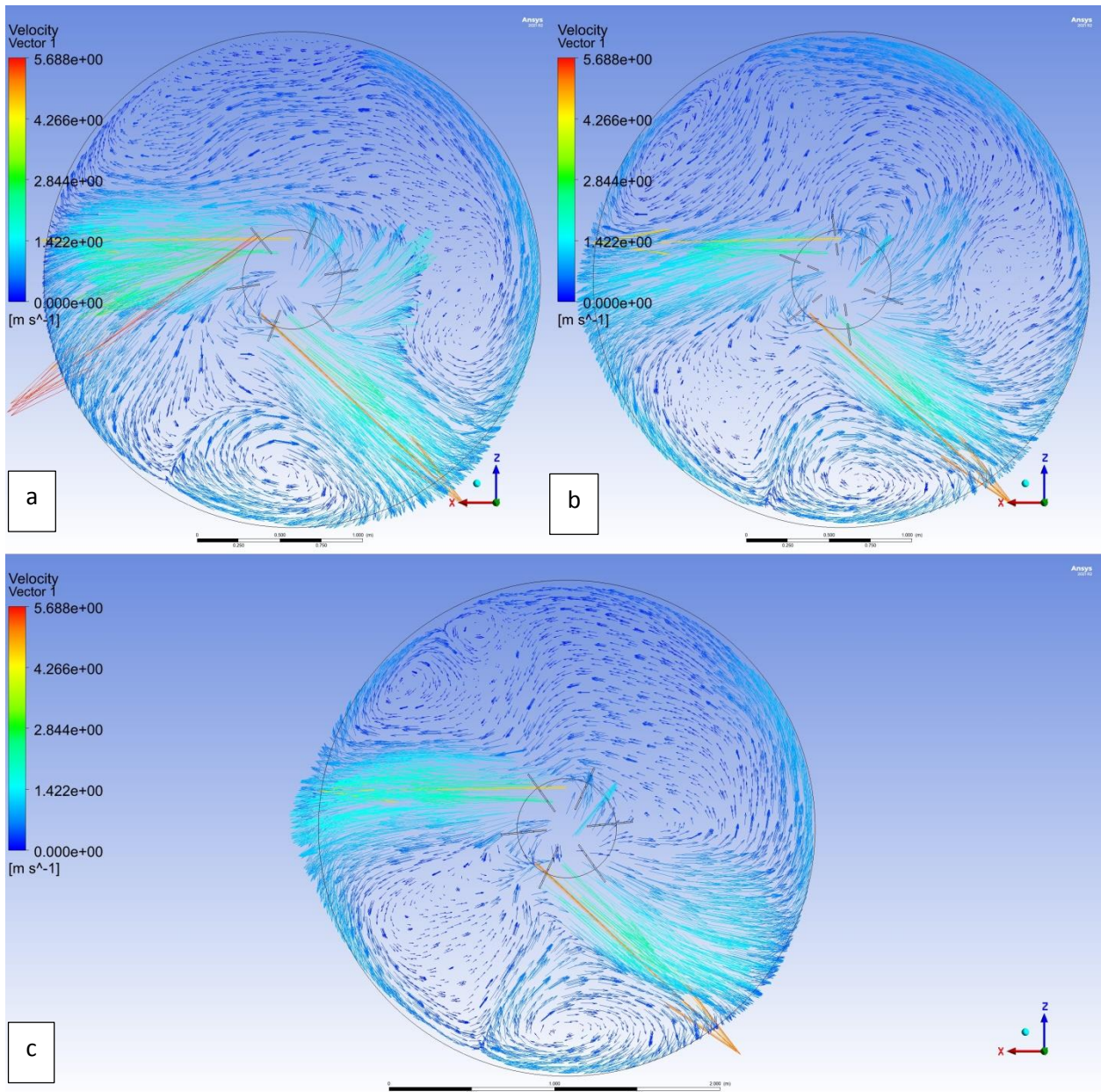


Fig. 4. Velocity vectors (stirrer plan): a - classical turbine stirrer; b - turbine stirrer with a rectangular cutout; c - turbine stirrer with a parallelogram-shaped cutout.

The longitudinal plan shows that for a stirrer with a rectangular cutout (Fig. 5, b), the area of liquid moving at a higher velocity than the overall liquid flow is more widely represented.

In Figs. 4-5, the maximum velocity limit is used to better understand the overall distribution of the fields. The maximum velocities of the fluid particles reach 7.5 m/s.

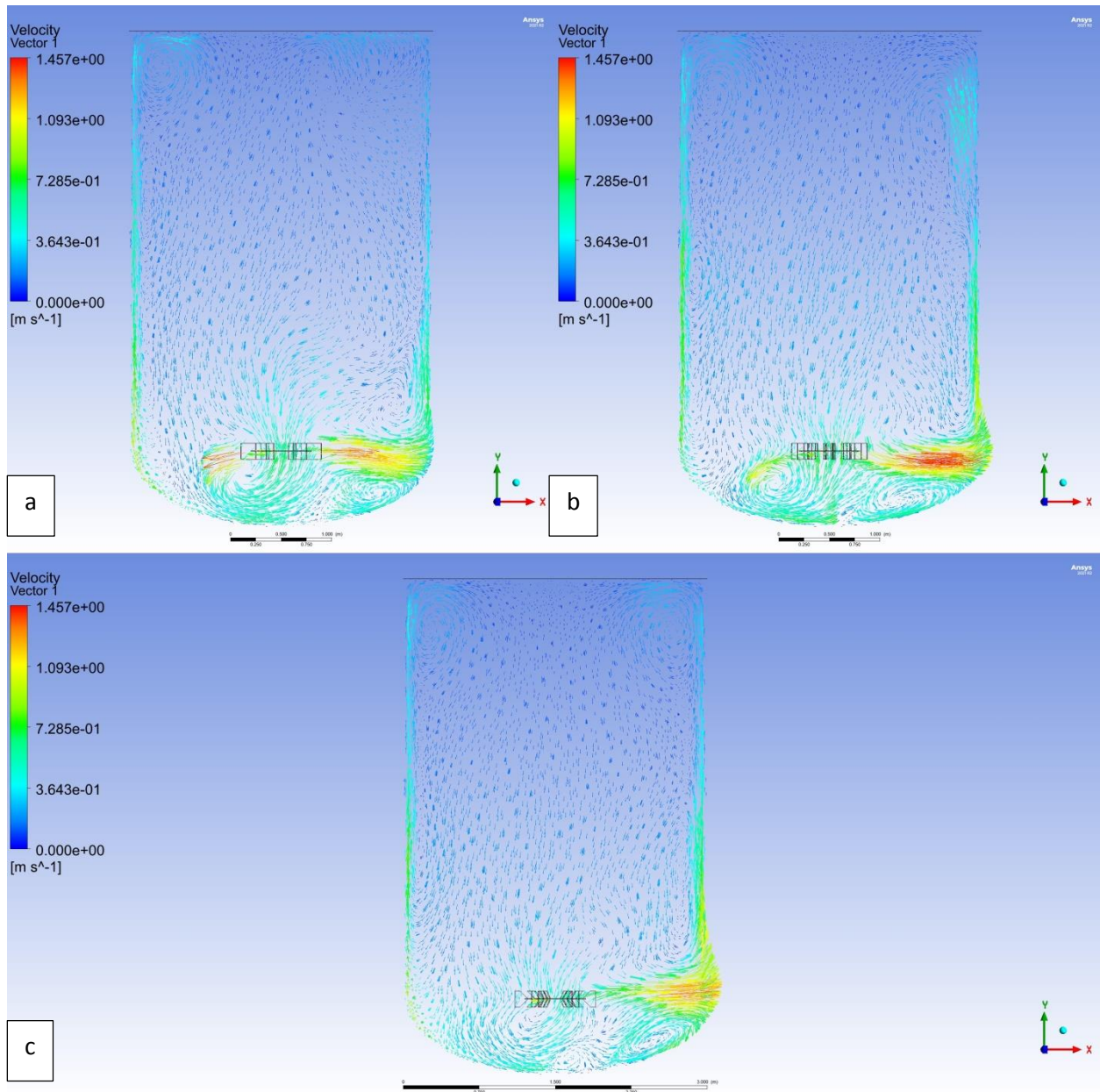


Fig. 5. Velocity vectors (longitudinal plan): a - classical turbine stirrer; b - turbine stirrer with a rectangular cutout; c - turbine stirrer with a parallelogram-shaped cutout.

To evaluate the degree of influence of stirring devices on microorganisms during the cultivation process, it is necessary to estimate the values of shear

strain rate arising from stirring (Fig. 6). According to Newton's law of viscosity, the shear stress is directly proportional to the shear strain rate.

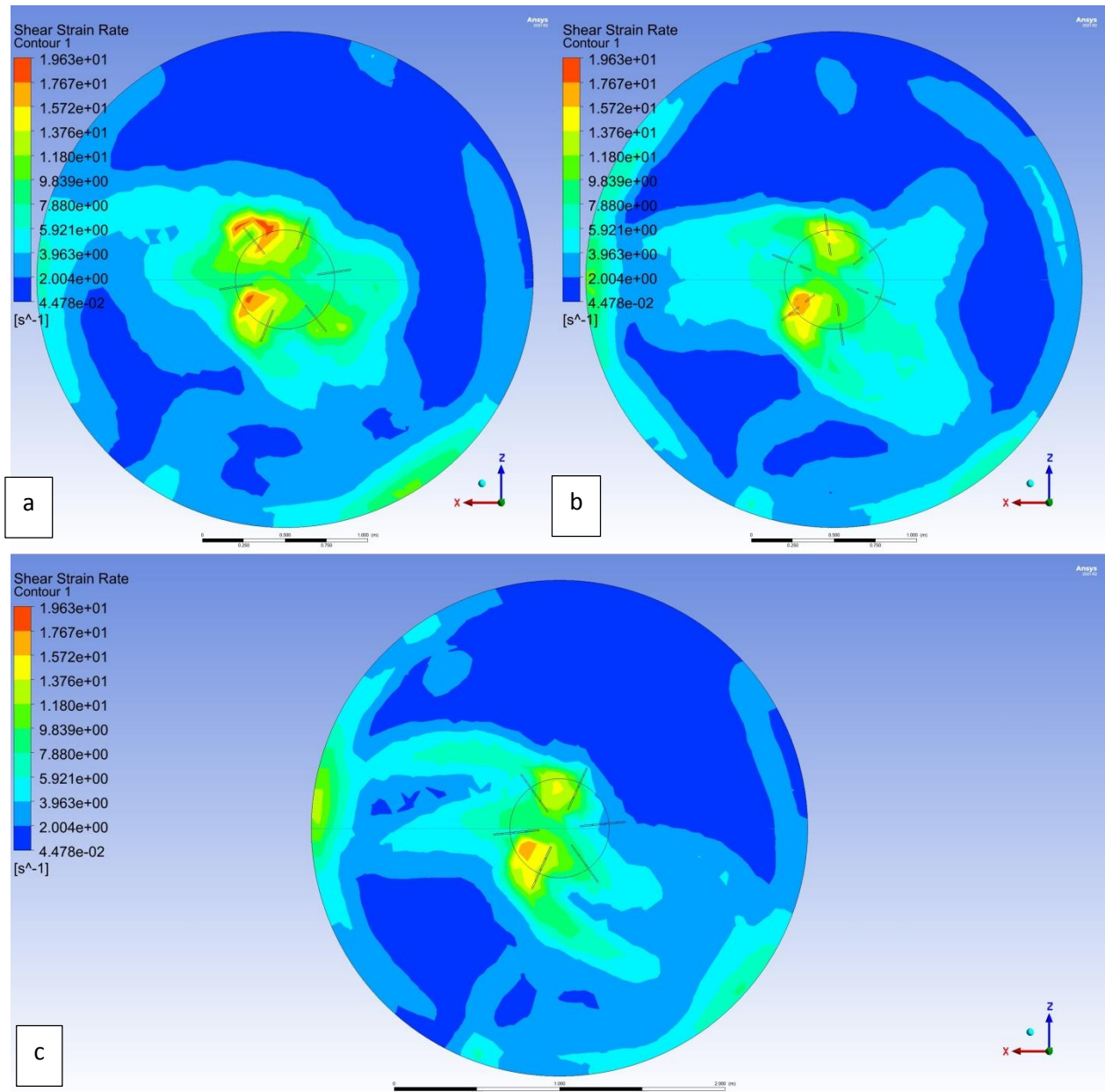


Fig. 6. Shear strain rate contours: a - classical turbine stirrer; b - turbine stirrer with a rectangular cutout; c - turbine stirrer with a parallelogram-shaped cutout.

In the case of using stirrer with a parallelogram-shaped cutout, a decrease in the shear strain rate is observed compared to a classical stirrer by up to 10 %. The value for the classical turbine stirrer reaches 19.63 s^{-1} , for the stirrer with a parallelogram cutout 17.67 s^{-1} . This is equivalent to shear stress values of $19.63 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$ and $17.67 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$ in the

case of a medium viscosity close to that of water at a temperature of 20°C .

When examining the contour of the change in shear strain rate along the height of the bioreactor, the smallest values and narrowest regions with increased values of shear strain rate are observed for the stirrer with parallelogram-shaped cutouts.

Шибецький В. Ю., Калініна М. Ф., Костик С. І., Поводзинський В. М., Макаренко Д. О.

The formation of a vortex can also be used to assess the efficiency of the stirring device and determine the

features of the combined action of axial and radial flows (Fig. 7).

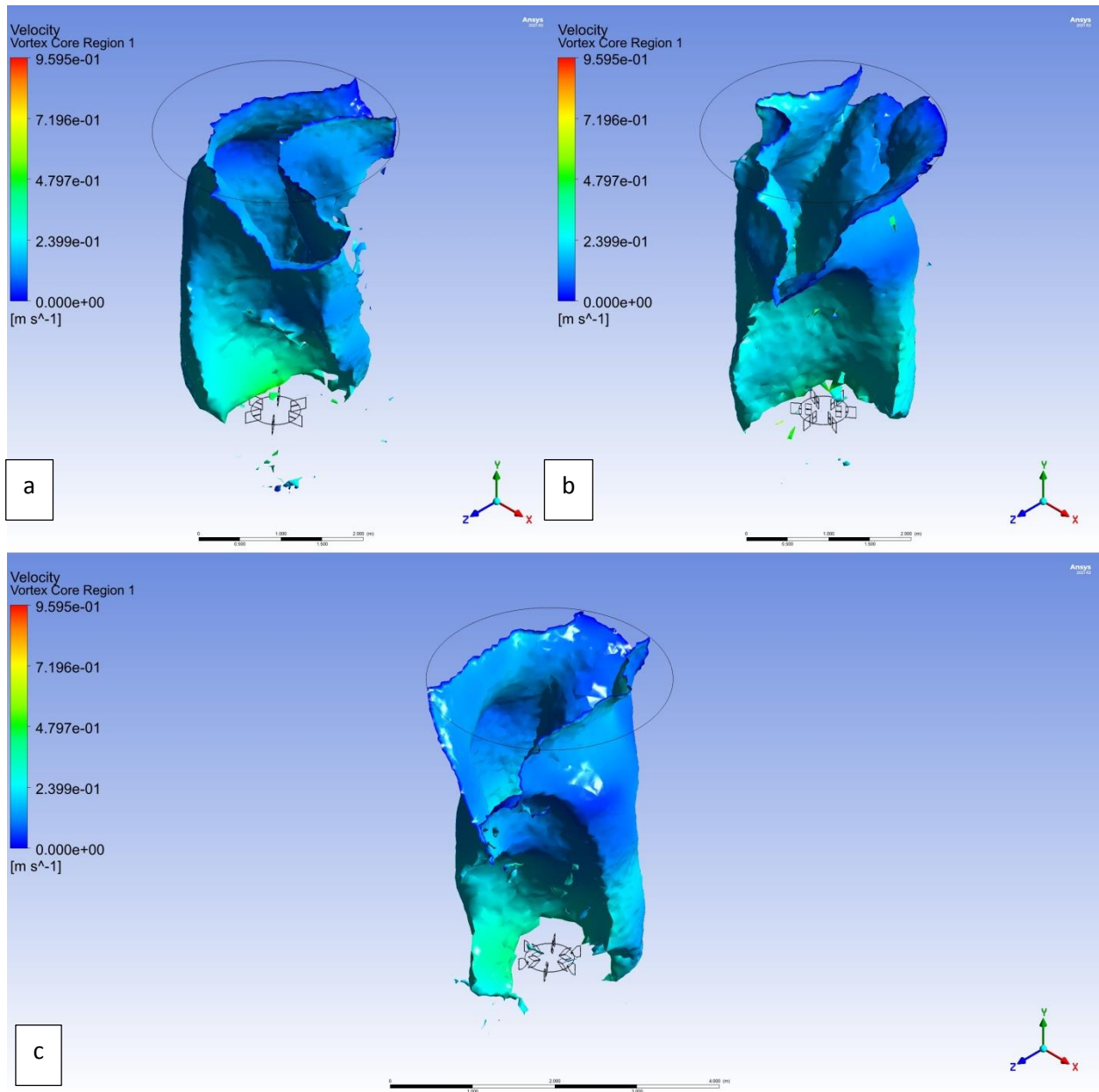


Рис. 7. Vortex core surfaces: a - classical turbine stirrer; b - turbine stirrer with a rectangular cutout; c - turbine stirrer with a parallelogram-shaped cutout.

The core of the vortex formed by all three agitators has the same structure, slightly deformed due to the non-stationarity of the flow.

Discussion. The conducted studies allow us to draw the following conclusions:

1. The presence of cutouts in the turbine stirrer does not lead to a decrease in the velocity of the main flows and redistribution of motion vectors, creating the same pattern of velocity distribution and an identical core of the vortex.

2. For a classical turbine stirrer, the value of turbulent kinetic energy increases significantly, with a maximum value of $2.489 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Whereas for the stirrers with cutouts it barely reaches $1.245 \text{ m}^2/\text{s}^2$. The regions themselves are also wider, indicating significant turbulence near the stirrer.

3. To reduce negative impact on the microorganisms used in the cultivation process, it is advisable to use a stirrer with a parallelogram-shaped cutout. The

maximum value of the shear stress for such a design is up to 10% lower than for a classical turbine stirrer. The shear stresses are $19.63 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$ for a classical stirrer and $17.67 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$ for a stirrer with a parallelogram-shaped cutout for medium with a viscosity of water at a temperature of 20°C .

The results obtained in this work can be used by engineers and technologists to design bioreactors with reduced values of shear stresses.

References

1. Brandy Sargent. (2017). *Managing Shear Stress in Biomanufacturing with the shear protectant Poloxamer 188 – A Discussion*.

<https://cellculturedish.com/managing-shear-stress-in-biomanufacturing-with-the-shear-protectant-ploxamer-188-a-discussion/>

2. Espina, J. A., Cordeiro, M. H., Milivojevic, M., Pajić-Lijaković, I., & Barriga, E. H. (2023). Response of cells and tissues to shear stress. *Journal of Cell Science*, *136*(18), jcs260985. <https://doi.org/10.1242/jcs.260985>

3. Huang, K., Tian, Y., Salvi, D., Karwe, M., & Nitin, N. (2018). Influence of Exposure Time, Shear Stress, and Surfactants on Detachment of *Escherichia coli* O157:H7 from Fresh Lettuce Leaf Surfaces During Washing Process. *Food and Bioprocess Technology*, *11*(3), 621–633. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-2038-5>

4. Korobiichuk, I., Mel'nick, V., Shybetskyi, V., Kostyk, S., & Kalinina, M. (2022). Optimization of Heat Exchange Plate Geometry by Modeling Physical Processes Using CAD. *Energies*, *15*(4), 1430. <https://doi.org/10.3390/en15041430>

5. Korobiichuk, I., Shybetska, N., Shybetskyi, V., & Kostyk, S. (2021). Modeling of Systems of Automated Auxiliary Processes in Pharmaceutical Industry. In R. Szewczyk, C. Zieliński, & M. Kaliczyńska (Eds.), *Automation 2021: Recent Achievements in Automation, Robotics and Measurement Techniques* (Vol. 1390, pp. 128–135). Springer

International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74893-7_13

6. Korobiichuk, I., Shybetskyi, V., Kostyk, S., Kalinina, M., & Tsytsiura, A. (2022). Ways to Reduce the Creation of Vortex During Homogenization of Liquid Products. In R. Szewczyk, C. Zieliński, & M. Kaliczyńska (Eds.), *Automation 2022: New Solutions and Technologies for Automation, Robotics and Measurement Techniques* (Vol. 1427, pp. 329–343). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-03502-9_33

7. Maiorano, A. E., Da Silva, E. S., Perna, R. F., Ottoni, C. A., Piccoli, R. A. M., Fernandez, R. C., Maresma, B. G., & De Andrade Rodrigues, M. F. (2020). Effect of agitation speed and aeration rate on fructosyltransferase production of *Aspergillus oryzae* IPT-301 in stirred tank bioreactor. *Biotechnology Letters*, *42*(12), 2619–2629. <https://doi.org/10.1007/s10529-020-03006-9>

8. Qu, Z., & Breuer, K. S. (2020). Effects of shear-thinning viscosity and viscoelastic stresses on flagellated bacteria motility. *Physical Review Fluids*, *5*(7), 073103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.5.073103>

9. Silvani, G., Romanov, V., Cox, C. D., & Martinac, B. (2021). Biomechanical Characterization of Endothelial Cells Exposed to Shear Stress Using Acoustic Force Spectroscopy. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *9*, 612151. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612151>

10. Singh, V. (1999). Disposable bioreactor for cell culture using wave-induced

Шибецький В. Ю., Калініна М. Ф., Костик С. І., Поводзинський В. М., Макаренко Д. О.

agitation. *Cytotechnology*, 30(1/3), 149–158.
<https://doi.org/10.1023/A:1008025016272>

11. Yang, J., Cheng, S., Li, C., Sun, Y., & Huang, H. (2019). Shear Stress Affects Biofilm Structure and Consequently Current

Generation of Bioanode in Microbial Electrochemical Systems (MESs). *Frontiers in Microbiology*, 10, 398.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00398>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ЗМІНИ КОНСТРУКЦІЇ ЛОПАТКИ ТУРБІННОЇ МІШАЛКИ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НАПРУЖЕНЬ ЗСУВУ НА МІКРООРГАНІЗМИ В ПРОЦЕСАХ КУЛЬТИВУВАННЯ

В. Ю. Шибецький, М. Ф. Калініна, С. І. Костик,
В. М. Поводзинський, Д. О. Макаренко

Анотація. *Перемішування в біореакторах є важливим елементом для ефективного культивування клітинних культур у біотехнологічних виробництвах, однак швидкохідні мішалки можуть викликати високі значення напружень зсуву, які негативно впливають на мікроорганізми. Тому актуально розробляти конструкції нових перемішувачів пристроїв для мінімізації негативного впливу напружень зсуву на клітини під час культивування. Метою даного дослідження є аналіз впливу нових конструкцій турбінних перемішувачів пристроїв, запропонованих авторами, на параметри процесу перемішування при культивуванні клітинних культур методами комп'ютерного моделювання. Комп'ютерне моделювання проводилось в середовищі ANSYS для процесу перемішування рідини в біореакторі. Було запропоновано дві нові конструкції турбінних мішалок. Ідея нової конструкції полягає в розділенні робочої лопатки на дві, тобто створення отвору в лопатці. У першому випадку виріз є прямокутником, в другому – паралелограмом. Для порівняння ефективності роботи запропонованих конструкцій також проводилося моделювання перемішування класичною турбінною 6-ти лопатевою мішалкою. За результатами моделювання було отримано епюри розподілення швидкостей, турбулентної кінетичної енергії, напружень зсуву потоку, вектори розподілення швидкостей та ISO-поверхні, що утворюють ядро воронки обертання. Було встановлено, що наявність вирізів у турбінній мішалці не призводить до зменшення швидкості основних потоків і перерозподілу векторів руху, але суттєво знижує значення турбулентної кінетичної енергії та напруження зсуву потоку. Максимальне значення турбулентної енергії для класичної мішалки складає $2,489 \text{ м}^2/\text{с}^2$, тоді як для мішалок із вирізами ледь доходить до $1,245 \text{ м}^2/\text{с}^2$. Напруження зсуву зменшуються на 10 % з $19,63 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ для класичної конструкції до $17,67 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ у випадку мішалки із вирізами у формі паралелограмів. Подальшим напрямком розвитку даного дослідження буде аналіз впливу геометричних параметрів мішалки із вирізами у формі паралелограма на якісні показники перемішування. Результати отримані в роботі можуть бути використані інженерами і технологами для проектування біореакторів зі зниженими значеннями напружень зсуву.*

Ключові слова: біореактор, перемішування, турбінна мішалка, напруження зсуву, комп'ютерне моделювання, ANSYS

**СТАН І СТРУКТУРА ЕНТОМОЛОГІЧНОГО БІОРІЗНОМАНІТТЯ
ЗМІШАНИХ БІОТОПІВ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ**

М. М. ЛІСОВИЙ, доктор сільськогосподарських наук, професор, професор,
<https://orcid.org/0000-0002-7289-1098>

С. О. РИБАЛКО, аспірант, <https://orcid.org/0009-0002-4616-7167>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: lisova106@ukr.net; Fisher_r@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.005](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.005)

Анотація. Антропогенний чинник особливо гостро впливає на природні ресурси. Стан біорізноманіття біотопів, а також глобальна динаміка природних процесів в Україні досліджена недостатньо. Першим кроком до її вирішення є спостереження (моніторинг) за змінами чисельності та розповсюдження видів. З урахуванням антропогенних, кліматичних та ін. чинників, які складають загрозу біорізноманіттю, надзвичайно актуальним є дослідження стану фауни і флори, вивчення і збереження видового біорізноманіття. Мета роботи – визначити стан та структуру ентомологічного видового біорізноманіття змішаних біотопів Київського Полісся. Місцем дослідження вибрано змішані біотопи Київського Полісся, які розташовані в Вишгородському районі Київської області, (території біля населених пунктів: Лютіж, Демидів, Литвинівка, а також моніторингові ділянки різної природи: біотопи соснового, листяного, змішаного лісів, заплави річок: Ірпінь, Кізка, Лісовичка та ін. Для обліків використовували методи, апробовані та рекомендовані для польових та лабораторних досліджень в ентомології, захисті рослин та екології. Важливим аспектом в дослідженнях були навички збору і аналізу первинної інформації, оцінки видового багатства і різноманіття, визначення рівня домінування окремих видів у біоценозі, оцінки вікового складу організмів у популяціях. Збір та обліки ентомологічного біорізноманіття проводили за загальноприйнятими методами один раз на 7–10 днів на стаціонарних ділянках. Досліджено рівень і структуру ентомологічного біорізноманіття змішаних біотопів Київського Полісся в 2022 – 2023 рр. У результаті проведеного моніторингу і обліку ентомологічного біорізноманіття в змішаних біотопах виявлено 88 видів комах, які відносяться до 23 родин із 8 рядів в систематичному відношенні. Найбільш чисельним є ряд Hymenoptera, до якого входять 12 видів з 5 родин та Coleoptera – 36 видів із 4 родин, що становить 49,6 % від загальної кількості дослідженого ентомологічного біорізноманіття. Складено анований список та проведено аналіз поточного стану ентомофауни змішаних біотопів.

Ключові слова: біотоп, ентомологічне біорізноманіття, фітофаг, ентомофаг, анований список

Лісовий М. М., Рибалко С. О.

процесів в Україні досліджена недостатньо. Першим кроком до її вирішення є спостереження (моніторинг) за змінами чисельності та розповсюдження видів. На його результатах базується природоохоронна діяльність – міжнародні та національні програми, практичні заходи тощо (Evropeyska ekonomichna komissiya, 2000). За даними моніторингу оцінюється ефективність вжитих заходів, і у разі потреби здійснюється їх корегування. Але моніторинг стану біоти в Україні майже не проводиться (за виключенням спостереження за поширенням та чисельністю шкідливих комах в агроценозах України, який здійснюється службою Мінагрополітики України з 1923 р., а також таксація чисельності мисливської дичини). Відомо, що тренди стану біоти України від’ємні. Так, наприклад, до першого видання Червоної книги України (1980) було включено 151 вид вищих рослин та 85 видів тварин. До другого – вже 541 вид рослин і грибів та 382 види тварин. До третього – 717 видів рослин та 410 видів тварин. Істотне збільшення, майже у 5 разів, кількості рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення рослин і тварин, зумовлене збільшенням антропогенного тиску на природні екосистеми та свідчить про збереження тенденції до втрати живої компоненти природи в її цілісності і стає загрозою для національної

безпеки (Nazionalna dopovid pro stan navkolyschniogo pryrodnogo seredovytscha v Ukraini u 1999 r., 2000; Nazionalna dopovid pro stan navkolyschniogo pryrodnogo seredovytscha v Ukraini u 2000 r., 2001).

Мета роботи – визначити стан та структуру ентомологічного видового біорізноманіття змішаних біотопів Київського Полісся.

Матеріали і методи дослідження. Місцем дослідження вибрано змішані біотопи Київського Полісся, які розташовані в Вишгородському районі Київської області, (території біля населених пунктів: Лютіж, Демидів, Литвинівка, а також моніторингові ділянки різної природи: біотопи соснового, листяного, змішаного лісів, заплави річок: Ірпінь, Кізка, Лісовичка та ін. в 2022–2023 рр. Біотоп – це ділянка земної поверхні з однотипними умовами середовища, яку займає певне угруповання організмів (біоценоз) (Klasyfikaciya roslynnosti ta biotopiv Ukrayiny, 2018; Nazionalnyy katalog biotopiv Ukrayiny, 2018).

Змішаний біотоп в місцях проведення досліджень включав наступні види деревної і чагарникової рослинності: дуб звичайний, граб звичайний, ясен звичайний, клен гостролистий, липа серцелиста з домішкою берези повислої та осики тремтячої, горобина звичайна, шипшина медвежа, черемуха пізньоквітуча. У травостоях

Лісовий М. М., Рибалко С. О.

переважали види: осока волосиста, осока пальчата, копитняк європейський, просянка розлога, фіалка лісова, триколірна, яглиця звичайна.

За результатами даних дистанційного зондування землі

(ДЗЗ) аналізували структуру різних біотопів в зоні досліджень. Для аналізу складових біотопів використовували фотографії Google Earth. Загальний вигляд наведено на (рис. 1–3).

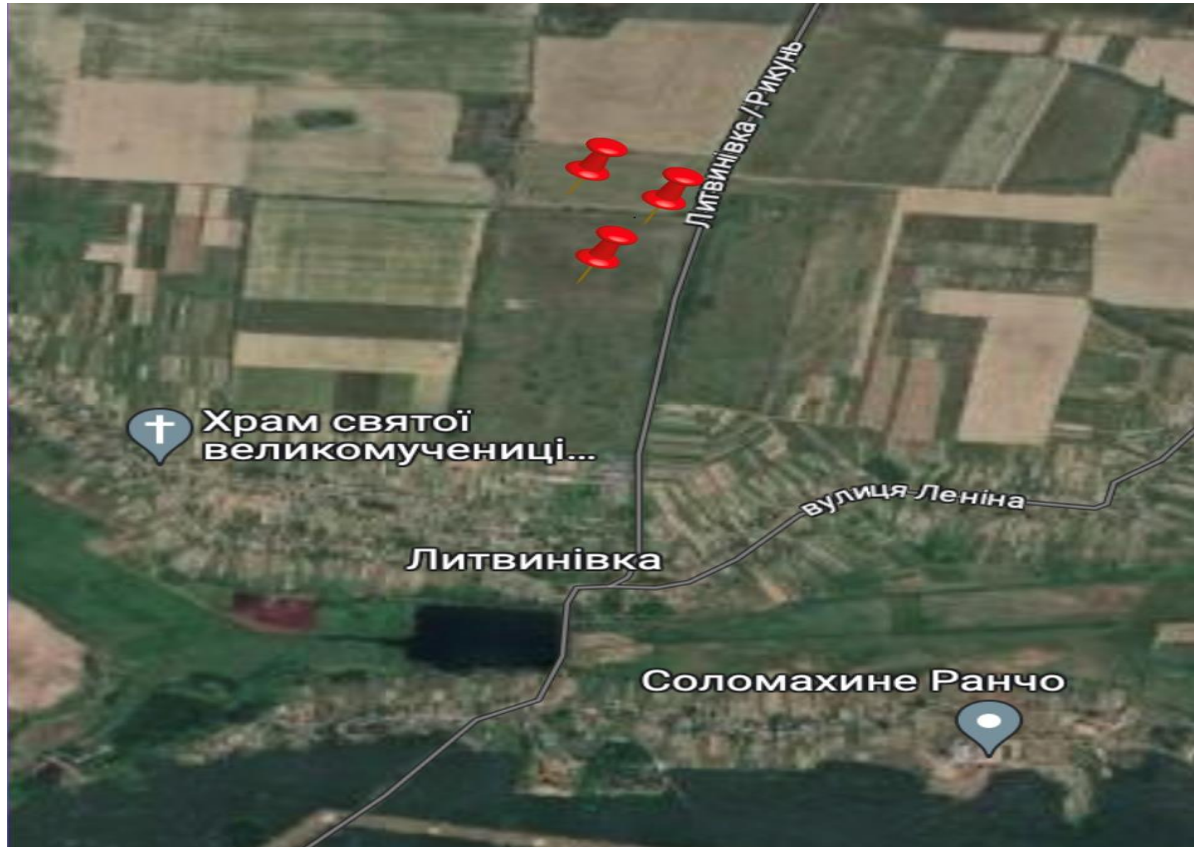


Рис. 1 Постійні місця дослідження ентомологічного біорізноманіття змішаних біотопах с. Литвинівка (дані ДЗЗ Google Earth)

Використовували аналітично-синтетичні, еколого-статистичні та експериментальні методи, апробовані та рекомендовані для польових, лісових та лабораторних досліджень в ентомології, екології та захисті рослин (Omeliuta, Grygorovych, et al., 1986).

Збір та обліки ентомологічного біорізноманіття проводили за загальноприйнятими методами один раз на 7–10 днів на стаціонарних

ділянках (Omeliuta, et al, 1986). Таксономічну приналежність біологічних зборів визначали за допомогою ентомологічного визначника (Dovidnyk iz zahystu Roslyn, 1999).

Аналіз екологічного стану Київського Полісся, зокрема Вишгородського району Київської області здійснювали за науковими публікаціями, новітніми відкритими матеріалами аналітичних досліджень

Лісовий М. М., Рибалко С. О.

наукових установ Національної академії аграрних наук України (НААН), Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні в останні роки (Nazionalna dopovid pro stan navkolyschniogo pryrodnogo seredovytscha v Ukraini u 1999 r., 20004

Nazionalna dopovid pro stan navkolyschniogo pryrodnogo seredovytscha v Ukraini u 2000 r., 2001) та огляду результативності природоохоронної діяльності в Україні, яку проводила Європейська економічна комісія (Evropeyska ekonomichna komissiya, 2000).



Рис. 2 Постійні місця дослідження ентомологічного біорізноманіття в змішаних біотопах с. Демидів (дані ДЗЗ Google Earth)



Рис. 3 Постійні місця дослідження ентомологічного біорізноманіття в змішаних біотопах с. Лютіж (дані ДЗЗ Google Earth)

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті досліджень біорізноманіття ентомофауни змішаних біотопів в умовах Київського Полісся України виявлено 88 видів комах із 39 родин (фітофаги (домінуючі, багатоїдні, спеціалізовані), ентомофаги (хижаки, паразити), запилювачі, інертні види та ін.). Розподіл за спеціалізацією ентомофауни становить: 40 видів

Homoptera

Cicadellidae

Macrostelus sexnotatus Fall. – фітофаг

Aphididae

Acyrtosiphon pisi Harr. – фітофаг

Aphis craccivora Koch. – фітофаг

Pentatomide

Carpocoris fuscispinus Boh. – фітофаг

Eurydema fustivum L. – фітофаг

Pierodorus lituratus F. – фітофаг

Miridae

(36,2 %) із всієї чисельності ентомологічного різноманіття – фітофаги і 48 (63,8 %) – ентомофаги.

За результатами проведених досліджень складено анотований список ентомологічного біорізноманіття змішаних біотопів Київського Полісся, зокрема Вишгородського району Київської області:

Adelphocoris lineolatus Goez. – фітофаг

Lygus pratensis L. – фітофаг

Lygus punctatus Zett. – фітофаг

Lygus rugulipennis Pop. – фітофаг

Poeciloscytus cognatus Fieb. – фітофаг

Thysanoptera

Thripidae

Лісовий М. М., Рибалко С. О.

Chirothrips ruptipennis Pr. – фітофаг*Odontothrips phaleratus* Hal.– фітофаг*Kakothrips robustus* Uz.– фітофаг*Frankliniella intonsa* Tryb.– фітофаг**Coleoptera**

Curculionidae

Otiorrhynchus ligustici L. – фітофаг*Sitona crinitus* Hrbst. – фітофаг*Sitona lineatus* L. – фітофаг*Sitona humeralis* Steph.– фітофаг*Sitona inops* Gyll.– фітофаг*Phytonomus variabilis* Hrbst.– фітофаг*Apion apricans* Hrbst.– фітофаг*Apion aestivum* Germ. – фітофаг*Tychius tomentosus* Hrbst.– фітофаг*Psalidium maxillosum* F.– фітофаг

Bruchidae

Bruchus pisorum L.– фітофаг*Bruchus atomarius* L. – фітофаг*Bruchus dispar* L.– фітофаг

Carabidae

Pterostichus cupreus L.– ентомофаг*Bembidion lampron* Host. – ентомофаг*Bembidion biguttatum* F. – ентомофаг*Calosoma denticole* H.– ентомофаг*Pterostichus punctulatus* Schall.– ентомофаг*Pterostichus sericeus* Fitch.– ентомофаг*Orphonus rufipes* D.– ентомофаг*Bembidion quadrimaculatum* L.– ентомофаг*Anisodachtylus sygnatus* Pr. – ентомофаг*Calosoma auroripunctatum* H.– ентомофаг*Harpalus distinguendus* D.– ентомофаг*Amara similata* Goll. – ентомофаг

Coccinellidae

Coccinella septempunctata L.– ентомофаг*Coccinella divaricata* Aol.– ентомофаг*Coccinella quinquepunctata* L.– ентомофаг*Coccinella undecimpunctata* L. – ентомофаг*Adonia variegata* Gr.– ентомофаг*Propylaea quatuordecimpunctata* L.– ентомофаг*Adalia bipunctata* L.– ентомофаг*Hypodamia tredecimpunctata* L.– ентомофаг*Harmonia 14-punctata* L.– ентомофаг*Anatis ocelata* L.– ентомофаг*Scytinus frontalis* F.– ентомофаг**Lepidoptera**

Tortricidae

Etiella zinckenella Tr.– фітофаг**Diptera**

Cecidomiidae

Contarinia pisi Kieff. – фітофаг

Agromyridae

Phytomyza atricornis Meig. – фітофаг

Syrphidae

Syrphus balteatus Dege.– ентомофаг*Syrphus corollae* F.– ентомофаг*Syrphus menthastri* F.– ентомофаг*Syrphus ribesii* L.– ентомофаг*Sphaerophoria scripta* L.– ентомофаг*Syrphus seripha* L.– ентомофаг*Syrphus pyrastris* L.– ентомофаг*Syrphus vitripennis* F.– ентомофаг**Orthoptera**

Tettigonidae

Tettigonia viridissima C.– фітофаг*Tettigonia caudata* C. – фітофаг**Hymenoptera**

Aphidiidae

Aphidius ervi Hal. – ентомофаг*Aphidius avenae* Hal.– ентомофаг*Praon volucre* Hal.– ентомофаг*Praon dorsale* Hal.– ентомофаг*Praon unicus* Smith.– ентомофаг*Lysiphlebus fabarum* Marsh.– ентомофаг*Aphelinus semiflaus* How.– ентомофаг

Pteromolidae

Dinarmus laticeps Ash. – ентомофаг

Eupelmidae

Eupelmus microzonus For. – ентомофаг

Braconidae

Triaspis thoracicus Say. – ентомофаг

Trichogrammatidae

Trichogramma evanescens West. – ентомофаг*Uscana senex* Grese.– ентомофаг**Neuroptera**

Chrysopidae

Chrisopa carnea Steph. – ентомофаг*Chrisopa perla* L.– ентомофаг*Chrisopa phillochroa* W. – ентомофаг*Chrisopa formosa* Br.– ентомофаг*Chrisopa septempunctata* Wesm.– ентомофаг

Лісовий М. М., Рибалко С. О.

Найбільш чисельним є ряд Hymenoptera, до якого входять 12 видів з 5 родин. Це в основному ентомофаги. Що стосується фітофагів, то найбільш чисельними щодо видів є ряди: Coleoptera, що включає 36 видів із 4 родин, (36,0% від загальної кількості ентомологічного різноманіття), Homoptera – 11 видів з 4 родин, (12,5 %), Diptera – 10 видів з 3 родин, (11,3 %). Що стосується інших 4 рядів, то видова чисельність їх коливається в межах 2 – 5 видів (табл., рис.). Слід відмітити, що ентомофаги більш чисельні стосовно родин, ніж

фітофаги. Але чисельність видів фітофагів значно вища ніж ентомофагів.

Структурно ентомофаги поділяються на паразитів і хижаків. Всі досліджені види хижих комах-ентомофагів – поліфаги. Найбільш чисельними відмічено види: *Harpalus distinguendus* D., *Bembidion quadrimaculatum* L., *Pterostichus cupreus* L., *Coccinella septempunctata* L., *Adalia bipunctata* L., *Syrphus pyrastris* L., *Chrisopa carnea* Steph., *Chrisopa formosa* Br. Серед паразитичних комах виражена монофагія або олігофагія.

Кількісний розподіл біорізноманіття ентомофауни змішаних біотопів за родинами та видами у розрізі їх рядів (населені пункти: Литвинівка, Демидів, Лютіж, Вишгородський район, Київська область, середнє за 2022–2023 рр.)

Ряди	Родини		Види	
	кількість	%	кількість	%
Coleoptera	4	17,3	36	36,0
Lepidoptera	4	17,3	8	9,0
Homoptera	4	17,3	11	12,5
Thysanoptera	1	4,3	4	4,5
Diptera	3	13,0	10	11,3
Orthoptera	1	4,3	2	2,2
Neuroptera	1	4,3	5	5,6
Hymenoptera	5	21,7	12	13,6
Усього:	23	100,0	88	100,0

Найбільш чисельними були *Aphidius ervi* Hal. в колоніях попелиць і *Uscana senex* Grese – на яйцекладках брухусів і метеликів.

За результатами проведених моніторингових досліджень та аналізу ентомологічного біорізноманіття (туруни, кокцинеліди (імаго і личинки),

Лісовий М. М., Рибалко С. О.

сирфіди (личинки), хризопи (личинки) та ін.), попелиці, довгоносики та ін. виявлено певні особливості стаціонального розміщення ентомофауни в біотопах змішаного типу.

Відмічено просторове розміщення фітофагів і ентомофагів: попелиці розміщуються в біотопах рівномірно і рівномірно-агрегативно, кокцинеліди (імаго, личинки) і

сирфіди (личинки) розподіляються поряд з фітофагами (попелиці, цикадки, трипси та ін.), довгоносики (смугастий, щетинистий, люцерновий та ін.) розміщуються в трав'яному (заливні луки) біотопі – рівномірно, з чітко вираженим крайовим ефектом, туруни (роди бембідон, калосома та ін.) – рівномірно.

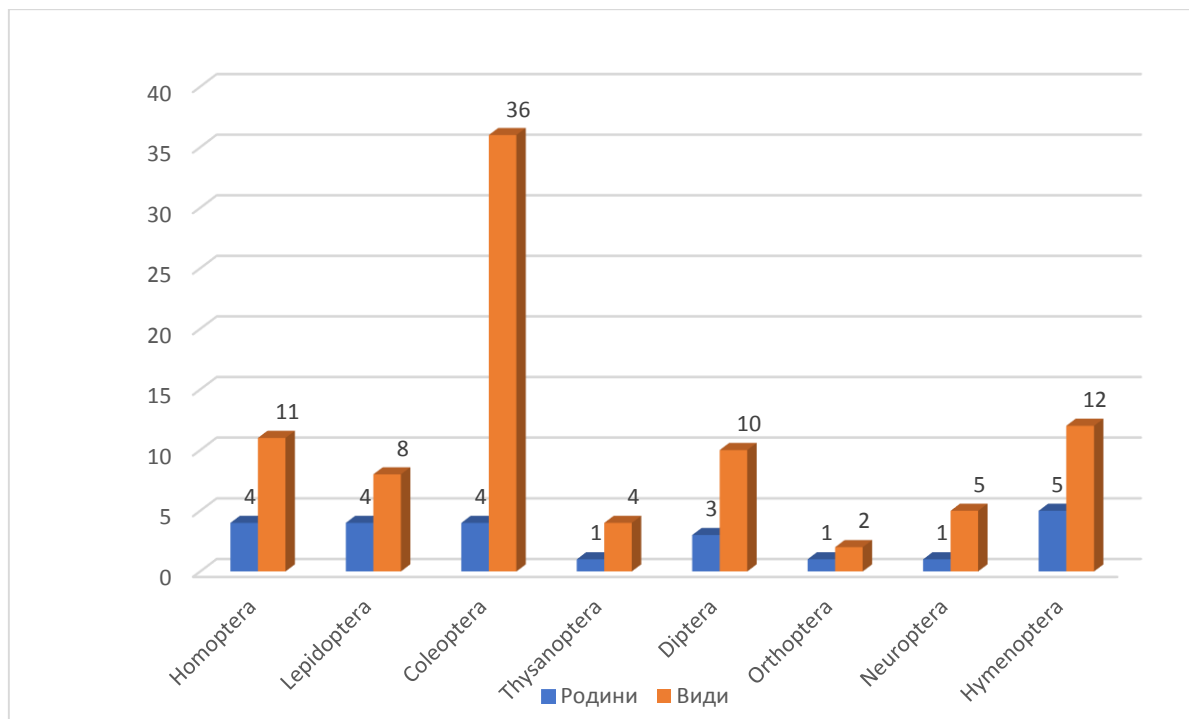


Рис. 4 Структура ентомологічного біорізноманіття змішаного біотопу за рядами

Отримані результати дають змогу екологічно обґрунтувати заходи щодо збереження та відновлення біорізноманіття на засадах вдосконалення структури ландшафтів за рахунок виведення з обробітку малопродуктивних, еродованих земель та агролісомеліорації. Впровадження

розроблених заходів із збереження та відновлення біорізноманіття сприятиме підвищенню продуктивності та екологічної стійкості біоценозів України.

Висновки та пропозиції

1. Досліджено ентомологічне біорізноманіття змішаних біотопів

Лісовий М. М., Рибалко С. О.

Київського Полісся, яке систематично відноситься до 23 родин і 8 рядів.

2. Ентомокомплекс

біорізноманіття змішаних біотопів Київського Полісся становить 88 видів, з яких 40 видів із всієї чисельності ентомологічного різноманіття – фітофаги, а 48 – ентомофаги.

3. Серед облікованого ентомологічного біорізноманіття

найбільш чисельними є ряд Hymenoptera, до якого входять 12 видів з 5 родин та Coleoptera – 36 видів із 4 родин, що становить 49,6 % від загальної кількості.

4. Для обґрунтування заходів із збереження ентомологічного біорізноманіття надзвичайно актуальним є створення анованих списків та аналіз поточного стану ентомофауни біотопів.

References

1. Lisovyy M.M., Chayka V.M. (2008). Ecological function of entomological biodiversity. Fauna of phytophagous insects of tree and shrub plantations of the Forest Steppe of Ukraine: monograph. Kamyanez-Podilskyy: Aksioma.

2. Klyachenko O.L., Lisovyy M.M., Kvasko O.Yu. (2022). Fundamentals of Biodiversity. Kyiv. <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/f4aad00b-45a7-4c4a-a4a3-72cd72450995/content>

3. Chayka V.M., Lisovyy M.M., Miniaylo N.V. (2008). Ecological and economic assessment of ecosystem services using the example of pollinating insects. Biological Systems: Theory And Innovation. K. Vol. 12. № 2, 17–23. <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2021.02.02>

4. Burda R.I., Tkach Ye.D. (2004). Anthropogenic ecotones of agricultural landscapes and their phytobiota. Agroecologichnyy jurnal. № 1, 3–9. <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2012/1/8.pdf>

5. Karlstchuk S.V., Fedorenko V.P. (2004). Entomocomplexes in the ecotones of the typical agrolandscape of the Central Forest-Steppe of Ukraine. Karantyn i zahyst roslyn. №5, 27–28. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/7700/1/%D0%A2%D0%90%D0%9A%D0%A1%D0%9E%D0%9D%D0%9E%D0%9C%D0%86%D0%A7%D0%9D%D0%90%20%D>

0%D0%90%D0%A0%D0%90%D0%9A%D0%95%D0%A0%D0%98%D0%A1%D0%A2%D0%98%D0%9A%D0%90%20%D0%9A%D0%9E%D0%9C%D0%90%D0%A5%20%D0%A0%D0%AF%D0%94%D0%A3%20%D0%A2%D0%92%D0%95%D0%A0%D0%94%D0%9E%D0%9A%D0%A0%D0%98%D0%9B%D0%86%20%28COLEOPTERA%29.pdf

6. Sozinov O.O. (2005). Agrobiodiversity of Ukraine: theory, methodology, indicators, examples. Kn. 1. Kyiv: Nichlava. https://biomodel.info/wp-content/uploads/2009/03/git_ei_v17.pdf

7. Lisovyy M.M. (2019). Assessment of insect diversity of agroecosystems. Agroecologichnyy jurnal. K., № 3, 100–104. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2019.174027>

8. (2018). Classification of vegetation and biotopes of Ukraine: materials of the third scientific and theoretical conference (Kyiv, April 19–21, 2018) / Edited by Y.P. Didukha, D.V. Clubs. Kyiv, (zbirnyk_class_biotop_2018).

9. (2018). National catalog of biotopes of Ukraine. Under the editorship A.A. Kuzemko, J.P. Grandfather K.: FOP Klymenko Yu.Ya., <https://geobot.org.ua/files/publication/1828/catalog.pdf>

10. (2000). Evropeyska ekonomichna komissiya. Ogliяд rezultatyvnosti pryrodohoronnoyi diyalnosti OON: Niy-York; Jeneva,

Лісовий М. М., Рибалко С. О.

11. (2000) National report on the state of the natural environment in Ukraine in 1999. K.: Vyd-vo Rayevskogo. https://unece.org/DAM/env/epr/epr_studies/Ukraine%20II%20Uk.pdf

12. (2001) National report on the state of the natural environment in Ukraine in 1999. K.: Vyd-vo Rayevskogo.

13. Omeliuta V.P., Grygorovych I.V., Chaban V.S. ta in. (1986). Registration of pests and diseases of agricultural crops. K.: Urojai.

14. (1999). Handbook on plant protection. ed. M. P. Lisovoy. K.

STATE AND STRUCTURE OF ENTOMOLOGICAL BIODIVERSITY OF MIXED BIOTOPES OF KYIV FORESTS

M. M. Lisovy, S. O. Rybalko

Abstract. *The anthropogenic factor has a particularly acute effect on natural resources. The state of biodiversity of biotopes, as well as the global dynamics of natural processes in Ukraine, has not been sufficiently studied. The first step to solving it is to observe (monitor) changes in the number and distribution of species. Taking into account anthropogenic, climatic, etc. factors that pose a threat to biodiversity, the study of the state of fauna and flora, the study and conservation of species biodiversity is extremely relevant. The purpose of the work is to determine the state and structure of the entomological species biodiversity of the mixed biotopes of Kyiv Polissia. The site of the research was chosen mixed biotopes of the Kyiv Polissia, which are located in the Vyshgorod district of the Kyiv region, (territories near the settlements: Lyutizh, Demydiv, Lytvynivka, as well as monitoring sites of various nature: biotopes of pine, deciduous, mixed forests, floodplains of rivers: Irpin, Kizka, Lisovychka and others. Methods tested and recommended for field and laboratory research in entomology, plant protection, and ecology were used for accounting. An important aspect in research was the skills of collecting and analyzing primary information, assessing species richness and diversity, determining the level of dominance of individual species in the biocenosis, and assessing the age composition of organisms in populations. Collection and accounting of entomological biodiversity was carried out according to generally accepted methods once every 7–10 days at stationary sites. The level and structure of entomological biodiversity of mixed biotopes of Kyiv Polissia in 2022-2023 were studied. As a result of the monitoring and accounting of entomological biodiversity in mixed biotopes, 88 species of insects were found, belonging to 23 families from 8 orders in a systematic manner. The most numerous is the order of Hymenoptera, which includes 12 species from 5 families and Coleoptera – 36 species from 4 families, which is 49.6% of the total number of studied entomological biodiversity. An annotated list was compiled and an analysis of the current state of the entomofauna of mixed biotopes was carried out.*

Key words: *biotope, entomological biodiversity, phytophagous, entomophagous, annotated list*

**ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ СОЇ В
УМОВАХ ВІННИЧИНИ****Т. П. КОСТИНА**, кандидат сільськогосподарських наук

E-mail: kostyna.taras@gmail.com

Л. Ф. БРОННІКОВА, старший викладач кафедри землеробства,

грунтознавства та агрохімії

E-mail: linabronnikova@gmail.com

Вінницький національний аграрний університет[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.006](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.006)

Анотація. *Соя є стратегічною культурою світового значення, що відіграє ключову роль у подоланні продовольчої кризи. В Україні соя відіграє не менш важливе значення. Її боби мають унікальне поєднання органічних сполук і мінеральних речовин двох найважливіших складників – білка і олії – що відіграють ключову роль у фізіолого-біохімічних процесах життєдіяльності людини і тварин. Формування продуктивності культури відбувається впродовж вегетаційного періоду у тісному взаємозв'язку із факторами життя.*

У статті висвітлено особливості формування врожаю сої та досліджено вплив позакореневих підживлень на головні елементи структури врожаю. Виявлено закономірності формування показників індивідуальної продуктивності, а саме: кількість бобів на одній рослині, кількість та маса насінин з рослини і маса 1000 насінин залежно від сортових особливостей культури та елементів технології її вирощування.

Польовими дослідженнями було встановлено позитивну роль проведених позакореневих підживлень у формуванні високої насінневої продуктивності сортів сої Тріада та ОАЦ Аватар, а також виявлено зв'язок між фазою застосування позакореневого підживлення та рівнем урожайності.

Проведення позакореневих підживлень суттєво впливали на хімічний склад насіння сої, згідно отриманих даних лабораторних аналізів. За даними хімічного аналізу встановлено, що формування високих показників якісного складу сортів сої забезпечило поєднання підживлень у фазах бутонізації та середині цвітіння. Вміст сирого протеїну становив 36,57-38,64 %, сирого жиру – 18,11-18,33 %, сирій клітковини – 10,44-10,70 %, сирій золи – 5,23-5,25 %, БЕР – 27,30-29,43 %.

Ключові слова: *соя, позакореневе підживлення, продуктивність, урожай, хімічний склад, агрофітоценоз*

Актуальність. Сучасні умови врожайності сої. До того ж соя є ґрунтово-кліматичні умови однією із ключових вирощування сої на Вінниччині сільськогосподарських культур, які дозволяють вирощувати цю культуру вирощують аграрії в цьому регіоні. За та отримувати найкращі показники аналізом літературних джерел відомо,

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

що соя використовує свій можливий потенціал лише на 40-60 %, тому працювати у цьому напрямку є досить актуальним питанням, навіть незважаючи на те, що соя культура досить відома і znana в нашому регіоні сільськогосподарська культура. Запорукою вирішення цього питання є введення у виробництво високоефективних сортів інтенсивного типу, які були б адаптовані до ґрунтового-кліматичних умов Вінниччини.

Досить вагомий вклад у формування продуктивності сої при її вирощуванні відіграє і система удобрення. Застосування добрив є пріоритетним елементом технології вирощування цієї культури, а їх вартість сьогодні змушує прорахувати всі аспекти пов'язані із використанням їх, тому варто підійти до цього з науково обґрунтованої точки зору.

Показники обсягів вирощування сої в Україні з-поміж усіх олійних культур можуть змагатися за першість лише із соняшником. За даними Держслужби статистики у 2021 р. соєю було засіяно 1,28 млн га української землі, з середніми показниками отриманої врожайності цієї сільськогосподарської культури на рівні 26,8 ц/га.

За даними Державної служби статистики умовах 2023 року відбулось розширення посівних площ під соєю – майже до 1,8 млн га. При середній для попередніх семи років

врожайності – 2,3-2,4 т/га. Зважаючи на ці показники, Україна вважається рушієм приросту за посівними площами, однак такі європейські країни, як Італія та Румунія, також суттєво нарощують посіви під даною культурою. Стимулом цього процесу в Європі є введення в дію нової сільськогосподарської політики ЄС, яка дуже активно стимулює вирощування бобових культур, там діють різні гранди та програми, які всіляко підтримують аграріїв у цьому напрямку.

Соя із такими позитивними характеристиками, в першу чергу завдячує сприятливим умовам вирощування культури, а широкий сортовий спектр лише поліпшує її становище серед інших сільськогосподарських культур. Покращення урожайності та якості сої забезпечується створенням нового сортового ресурсу і впровадженням їх у виробництво.

Мета дослідження – визначити особливості формування продуктивності сортів сої залежно від впливу позакореневих підживлень в умовах Вінниччини.

Методи досліджень: *польовий* – для аналізу та оцінки дії і взаємодії агротехнічних факторів, що поставлені на вивчення; *лабораторний* – оцінка та аналіз агрохімічного стану ґрунтового покриву і рослин та встановлення параметрів хімічного складу зерна сої; *вимірально-ваговий* –

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

дослідження біометричних показників формування врожаю зерна сої, а саме: зважування, вимірювання; *математично-статистичний* – облік та встановлення достовірності отриманих результатів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Незначні запаси вологи в ґрунтах Вінниччини останні роки та відсутність опадів в період березень-квітень-травень виводить певні обмеження для вирощування даної культури в нашому регіоні. Тому правильний підбір сортів сої, завжди приходиться на допомогу при вирішенні цього питання. Вдалий підбір сорту є на сьогодні найдоступнішим і найдешевшим способом підвищення урожайності сільськогосподарських культур. На сьогодні сформувався великий потенціал сучасних сортів, за сприятливих умов їхня врожайність може сягати понад 45–50 ц/га, а вміст протеїну – 50 %. Інша справа, що отримання таких показників на практиці – завдання не з легких. І однією з основних перешкод на шляху до соєвих рекордів є дефіцит вологи (Гринько, 2023). В Україні вирощуються п'ять груп стиглості сортів сої, за тривалістю вегетаційного періоду, але перевагу віддають ранньостиглим сортам. До підбору сортів за аналогічним принципом підходять і аграрії Вінниччини.

Коли з'явилась перша асоціація соєвих бобів, фермери на той час мали

лише двадцять перевірених сортів сої. Завдяки своєму потужному потенціалу соя стрімко почала лідирувати серед усіх інших сільськогосподарських культур. Перші етапи окультурення сої пройшли досить просто: люди збирали і відбирали вдалі сорти, з кращими ознаками і таким чином продовжували культивувати сою. У першу чергу вирощували такі сорти, які були зручніші для збирання, більш продуктивні, або стійкіші до хвороб, шкідників та бур'янів. Так розпочинається перша селекція сої, виведення перших сортів та поява нових ознак у культурній сої.

Виведенням та введенням у виробництво нових сортів сої в Україні успішно займається велика кількість науково-дослідних організацій, зокрема, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН, Інститут зрошуваного землеробства НААН, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, Інститут сільського господарства Степу НААН, Інститут олійних культур НААН, та інші (Жуйков та і., 2020; Державна служба статистики України; Молдован, & Молдован, 2022).

Соя – сільськогосподарська культура короткого світлового дня.

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

Межі адаптації кожного окремого сорту змінюються з півночі на південь. Більшість дослідників та аграрії переконані, що чим ширший і довший діапазон вегетаційного періоду сої, тим вона більше адаптована до умов навколишнього середовища та має можливість рости і розвиватися у всіх широтах свого культивування. Також знизити ризики при вирощуванні сої допоможе підбір одночасно кількох сортів, чи гібридів різних груп стиглості та різних біологічних особливостей цієї культури (Федорук, Хмелянчишин, Городиська, 2023).

Підбір сортів у компанії Сингента насамперед здійснюється за показниками суми активних температур, які використовують рослини, для того щоб сформувати певну кількість білка, одного з основних якісних показників сої. Тому зазвичай у виробничих посівах фахівці компанії використовують пріоритетних чотири сорти. На посіви ранніх сортів сої у середньому припадає біля 70 % та 30 % на сорти середньостиглої сої. Це у першу чергу пов'язано із спеціалізацією господарства, оскільки соя є основним попередником під зернові, тому важливим є вчасне дозрівання і збирання з поля, підготовка площі під посіви культур – наступників (Досвід аграріїв у захисті, 2023).

Дослідження В. В. Ганжи та М. О. Іваніва проведені в умовах півдня України показали, що незалежно від

групи стиглості сорти сої доцільно вирощувати з оптимальною нормою висіву та проводити позакореневі підживлення сучасними препаратами. Завдяки цьому суттєво покращуються основні показники економічної та енергетичної ефективності, що особливо помітно на сортах із більш подовженим періодом вегетації (Ганжа, & Іванів, 2021).

Як повідомляють науковці сучасні сорти сої, демонструючи високі врожаї, характеризуються одночасно із такими показниками: оптимальною тривалістю вегетаційного періоду, високим вмістом білка і жиру, стійкістю до хвороб, технологічністю при вирощуванні, здатністю фіксувати значні обсяги симбіотичного азоту, шкідників та інших несприятливих чинників навколишнього середовища (Didur, et al, 2020).

За повідомленнями В. А. Мазура, І. М. Дідюра та Г. В. Панциревої першочерговим завданням інтенсивних сортів сої є їх висока адаптивність до несприятливих факторів навколишнього середовища. Гібриди та сорти мають здатність максимально реалізувати свій потенціал продуктивності у поєднанні з формуванням насіння високої якості (Мазур, Дідур, Панцирева, 2020).

Селекціонери для зручності класифікації сортів сої по терміну дозрівання сформували міжнародну систему кодування. Сорти, які

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

найбільше відомі в Україні відносять до категорії 000 (три нулі) або ультраранні сорти, а 00 (два нулі) це ранні сорти. Також є сорти категорії 0 (середньостиглі сорти), але їх вирощують в регіонах України, умови вирощування сої яких найбільше підходять для цієї культури. Посухостійкість сої обумовлюється швидким розвитком листостеблової маси, що закриває ґрунт і забезпечує конкурентну спроможність відносно бур'янів та дозволяє гарно розвиватись і економно використовувати вологу з ґрунту. Ну і найважливіший момент, що є дуже цінним для виробництва продуктів харчування, це високий вміст білка, наприклад сою зі світлим кольором насінневої оболонки використовують для виробництва сиру тофу. В Україні вирощують різні сорти сої, які можуть мати різне призначення. Підбираючи найоптимальніші сорти сої для будь якого регіону, головними критеріями мають бути продуктивність сої, стійкість до обсипання та вилягання посівів, довжина періоду вегетації культури, стійкість до враження шкідниками та хворобами і можливість до перенесення підтоплень або посухи (Arango, et al, 2006).

Науковцями встановлено, що найрозповсюдженіші у зоні Лісостепу хвороби сої фузаріоз, септоріоз, бактеріоз стають на заваді отриманню високих врожаїв (Петриченко, & Патики, 2016).

На думку В. П. Патики особливу небезпеку для рівня урожайності сої становить вирощування її у сівозмінах після незадовільних або поганих попередників, що призводить до значного збільшення уражених хворобами рослин (Ратука, 2016).

Сою є стратегічною культурою світового значення, що відіграє ключову роль у подоланні продовольчої кризи. Її боби мають унікальне поєднання органічних сполук і мінеральних речовин двох найважливіших складників – білка і олії – що відіграють ключову роль у фізіолого-біохімічних процесах життєдіяльності людини і тварин. Формування продуктивності культури відбувається впродовж вегетаційного періоду у тісному взаємозв'язку із факторами життя. Ключову позицію при цьому займає поживний режим ґрунту. Важливими агротехнологічними прийомами, що здатні покращувати забезпеченість рослин елементами мінерального живлення є застосування мікробіологічних препаратів, макро- та мікродобрив (Єремко, & Гангур, (2022).

Вінницька область, в межах якої проводились дослідження, характеризується помірно-континентальним кліматом із середньою температурою січня: – 5 °С, та середньою температурою липня: +20 °С та річною сумою опадів: 520-590 мм, основна частина з них (близько 80 %) випадають у

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

теплий період року, тобто влітку у вигляді грози та дощів.

Кліматичні умови квітня 2022 року вирізнялися більш прохолодними умовами, ніж зазвичай. Показники середньорічної температури у Вінницькій області були на рівні 1,1-2,5 °С. Найвищі показники температури повітря у найтепліші дні сягали позначок +21-25 °С, тоді як мінімальні термометри фіксували температуру на рівні -6-7 °С. Середня кількість опадів за цей період була близькою до норми та становила 42 мм. Саме дощі із невеликим підвищенням температур забезпечили швидкий ріст усіх сільськогосподарських культур, у тому числі й сої. Станом на кінець квітня сума активних температур була на рівні 145 °С. А вміст продуктивної вологи в 0-100 см шарі ґрунту досягав місцями 72-122 мм. Зважаючи на умови, що склалися посіви сої на цей період мали достатню кількість вологи в орному шарі ґрунту.

Відомо, що етапи розвитку сої на пряму залежать від температури. Науковцями відмічено, що біологічний мінімум є низьким (мінімум за появи проростків 7 °С), але підвищується з настанням фази цвітіння, а потім повільно змінюється, коли рослини сої досягають до моменту дозрівання. Найкраще та найчіткіше окреслюють вимоги сої стосовно метеорологічних факторів це сума ефективних температур (сума

середньодобових температур вище за 10 °С; при цьому загальна сума середньодобових температур нижче за 10 °С не враховується). Сорти сої мають різні потреби у сумі ефективних температур від сходів до повної стиглості. Залежно від сортових особливостей від 1000 °С для ранніх сортів до 1800 °С для пізніх сортів сої (Зміна клімату: наслідки та заходи, 2020).

Протягом вегетаційного періоду сої у 2022 році спостерігався дефіцит опадів. Лише у кінці червня – на початку липня холодний атмосферний фронт приніс сильні дощі, зливи, град, шквали. Відносна вологість повітря протягом цього періоду знаходилась у межах 35-70 %. Максимальні показники температури влітку досягали позначок +37 °С, а кількість опадів до кінця літа становила 33 мм, що на 16 % нижче норми для даного періоду. Ґрунтова посуха, яка панувала цього літа, не набула критичного характеру, тому й не вплинула суттєво на перебіг вегетаційного періоду сої.

Завершення вегетації сої відбулося у наступних умовах. Кількість опадів у цей період була у межах норми і становила 30 мм. Відносна вологість повітря була на рівні 61-70 %. Висока вологість повітря створила сприятливі умов для розвитку та поширення грибкових хвороб, зокрема на сої. Температура повітря вдень досягала +24°С, а вночі стовпчик термометра опускався до

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

+3 °С. Погодні умови, що склались у роки досліджень дозволили у повній мірі провести збір урожаю сої, та й загалом були сприятливі для формування її продуктивності.

У 2023 році середньодобова температура повітря квітня місяця була на 1,6 °С вище норми та становила 9,3 °С. Сума опадів за цей період була у межах середніх багаторічних даних – 46,8 мм. У травні середньодобова температура повітря становила 13,7 °С, що в цілому було в межах норми. Проте через затяжні зливові дощі сума опадів у травні майже вдвічі перевищувала середні багаторічні показники і становила 116 мм.

Температурний режим повітря та кількість опадів у червні та липні були близькими до середніх багаторічних показників і в цілому сприяли хорошему цвітінню, запиленню та наливу бобів сої. Що в свою чергу позитивно відобразилось на показниках урожайності.

Варто відміти, що збиральний період сої 2023 року відзначався підвищеними температурними показниками на фоні певного дефіциту опадів. Однак, це ніяким чином негативно не відобразилося на врожайності сортів, а лише прискорило дозрівання.

Дослідження проводили упродовж 2022-2023 рр. в умовах дослідного поля ВНАУ. Площа дослідної ділянки – 27 м², облікової – 18 м². Розміщення варіантів

решотковане, у два яруси. У досліді закладено 8 варіантів у чотириразовій повторності з загальною кількістю ділянок $8 \times 4 = 32$.

У дослідженнях використовували сорти сої – ОАЦ Аватар та Тріада. Норма висіву – 600 тис. шт./га схожого насіння. Сівбу сортів сої проводили в 1 декаді травня. Спосіб сівби – суцільний.

Основними ґрунтоутворюючими материнськими породами дослідного поля були леси і лесовидні суглинки товщиною від 5 до 7 м. Іноді зустрічаються також алювіальні відклади, на яких сформовані сучасні ґрунти, але локації новостворених ґрунтів не займають значних площ.

Дослідна ділянка представлена сірими лісовими ґрунтами. Вміст органічної речовини (гумусу) становив 2,54 %. Вміст легкогідролізованого азоту – 71 мг/кг ґрунту; вміст рухомих форм фосфору – 90 мг/кг ґрунту; вміст обмінного калію – 103 мг/кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину кисла (рН сольове – 5,6).

Загалом, можна відмітити, що ґрунтові умови в цілому є сприятливі для вирощування усіх районованих сільськогосподарських культур, у тому числі й сої.

Результати дослідження та їх обговорення. Кожен сорт сої має свої характеристики, агробіологічні властивості, які необхідно враховувати. Насамперед це вимоги до умов вологозабезпечення,

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

грунтових умов, рівнів мінерального живлення тощо. Саме від зазначених факторів і залежить формування індивідуальної продуктивності сортів сої.

Формування структури елементів урожаю, залежить від умов забезпечення агрофітоценозів мінеральним живленням. Лише за умови отримання оптимального мінерального живлення рослина здатна сформувати високі показники насінневої продуктивності (Niewiadomska, et al., 2019; Zabarna, 2020).

Одним із вагомих показників, які формуються при обліках індивідуальної продуктивності це маса 1000 насінин, саме він залежить від особливостей сортів сої. У ході проведення досліджень було виявлено, що показники індивідуальної продуктивності рослин сої, а саме кількість бобів на одній рослині, кількість та маса насінин з рослини і маса 1000 насінин в значній мірі залежали від сортових особливостей культури та позакоренових підживлень (табл. 1).

1. Індивідуальна продуктивність рослин сої залежно від сорту та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2023 рр.)

Сорт	Позакоренові підживлення	Кількість бобів, шт./рослину	Кількість насінин з рослини, шт.	Маса насінин з рослини, г	Маса 1000 насінин, г
ОАЦ Аватар	без підживлень	15,8	30,1	4,4	146,6
	у фазі бутонізації	20,5	39,5	6,1	153,8
	у фазі середина цвітіння	18,0	35,3	5,3	150,0
	у фазі бутонізації + у фазі середина цвітіння	22,1	42,4	6,7	157,0
Тріада	без підживлень	16,7	30,6	4,3	141,0
	у фазі бутонізації	21,7	48,5	7,1	145,5
	у фазі середина цвітіння	19,1	39,3	5,6	142,1
	у фазі бутонізації + у фазі середина цвітіння	23,5	61,3	9,1	148,8

Вирощування сої сорту ОАЦ Аватар залежно від схеми застосування позакоренових

підживлень мікродобривом Оракул насіння сприяло формування 15,8-22,1 шт./рослину бобів, при цьому

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

кількість насінин з рослини становила 30,1-42,4 шт., а їхня маса – 4,4-6,7 г.

Дещо вищі показники індивідуальної продуктивності були зафіксовані у сої сорту Тріада за умови двократного застосування мікродобрива у фазах бутонізації і середини цвітіння. При цьому кількість бобів на рослину становила 23,5 шт., кількість насінин з рослини – 61,3 шт., а їхня маса – 9,1 г.

При вирощуванні сої сорту Тріада без використання позакореневих підживлень знизилась кількість бобів на рослину до 16,7 шт., кількість насінин з рослини до 30,6 шт., а їхня маса до 4,3 г.

Одним з найважливіших показників індивідуальної продуктивності рослин сої є маса 1000 насінин. Провівши відповідні дослідження, було встановлено, що максимального значення маса 1000 насінин досягала на варіантах з проведенням двох позакореневих підживлень у фазах бутонізації та середини цвітіння. Так, для сорту ОАЦ Аватар вона складала 157,0 г проти 146,6 г на варіанті без добрив, тоді як для сорту Тріада 148,8 г проти 141,0 г відповідно.

Отже, за результатами проведених досліджень встановлено позитивний вплив позакореневих підживлень на формування індивідуальної продуктивності рослин досліджуваних нами сортів сої, а саме ОАЦ Аватар та Тріада.

Урожайність насіння є головним показником, який визначає доцільність застосування тих чи інших агротехнічних прийомів при вирощуванні сортів сої. І який в свою чергу залежить від сукупності численних фізіолого-біохімічних процесів життєдіяльності рослинного організму.

У ході проведених досліджень виявлено позитивну роль позакореневих підживлень мікродобривом Оракул насіння безпосередньо на урожай насіння сої. Так, у середньому за роки проведення досліджень, при вирощуванні сої сорту ОАЦ Аватар на варіанті без застосування позакореневих підживлень урожай насіння складав 2,50 т/га (табл. 2). При застосуванні мікродобрива у фазу бутонізації урожайність зросла до 2,87 т/га, що на 0,36 т/га більше за контрольний варіант. Застосування підживлення у фазу середина цвітіння сприяло формуванню 2,73 т/га насіння, або на 0,22 т/га більше контролю.

Формування максимальних показників насінневої продуктивності сої сорту ОАЦ Аватар було відмічено на варіанті з дворазовим застосуванням Оракул насіння у фазах бутонізації та середини цвітіння. При цьому урожайність склала 2,94 т/га, що на 0,44 т/га більше порівняно з варіантом без проведення позакореневих підживлень.

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

2. Урожайність насіння сої залежно від факторів інтенсифікації, т/га (середнє за 2022-2023 рр.)

Позакореневі підживлення	Сорт			
	ОАЦ Аватар		Тріада	
	т/га	± до контролю	т/га	+ до контролю
без підживлень	2,50	-	2,54	-
у фазі бутонізації	2,87	+ 0,36	3,05	+ 0,51
у фазі середина цвітіння	2,73	+ 0,22	2,82	+ 0,29
у фазі бутонізації + у фазі середина цвітіння	2,94	+ 0,44	3,21	+ 0,67

НІР₀₅ т/га (2022 р.): А - 0,088; В - 0,135; АВ – 0,166.НІР₀₅ т/га (2023 р.): А - 0,097; В - 0,077; АВ – 0,128.

Більш високі показники урожайності були відмічені при вирощуванні сої сорту Тріада. Так на варіанті без підживлень отримано 2,54 т/га насіння. При однократному внесенні мікродобрива у фазі бутонізації урожайність, порівняно до контролю, зростала на 0,51 т/га, і становила 3,05 т/га. У фазі середина цвітіння позакореневе підживлення підвищило продуктивність сої на 0,29 т/га, при цьому урожай насіння складав 2,82 т/га.

Найвищі показники урожайності насіння сої сорту Тріада були зафіксовані на варіанті з двократним внесенням мікродобрива у фазах бутонізації та середини цвітіння, що становило 3,21 т/га, при цьому збільшення урожайності порівняно з контролем складало 0,67 т/га.

Отже, польовими дослідженнями було встановлено позитивну роль позакореневих підживлень у

формуванні високої насінневої продуктивності різних сортів сої та виявлено зв'язок між фазою застосування позакореневого підживлення та рівнем урожайності.

Багато аграріїв, завдяки специфічному хімічному складу насіння, залюбки використовують сою на продовольчі та кормові цілі, адже вона не має рівних має собі рівних за продуктивністю та якісним складом. Ця рослина є головною харчовою культурою багатьох країн світу.

За отриманими узагальненими даними на вміст білка і жиру у насінні сої дуже впливали погодні умови, що склалися у роки проведених досліджень. Відомий факт, що висока температура повітря у період "цвітіння – дозрівання насіння" забезпечить зростання кількості жиру і навпаки призведе до зменшення кількості білка. Але за літературним

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

даними існують твердження, що збільшення вмісту білка у насінні відбувається в умовах недостатнього зволоження, підвищеної температури повітря у період формування її врожаю, це особливості формування продуктивності.

Проведення позакореневих підживлень суттєво впливали на хімічний склад насіння сої, як вказують лабораторні дослідження це дозволить нам стверджувати, про позитивні зміни в хімічному складі сортів сої (табл. 3).

На контрольному варіанті без проведення позакореневих підживлень хімічний склад сої сорту

ОАЦ Аватар був таким: показник вмісту сирого протеїну – 34,48 %, вміст сирого жиру – 19,57 %, вміст сирої клітковини – 11,77 %, вміст сирої золи – 5,40 % та БЕР – 28,78 %.

При проведенні хімічного аналізу встановлено, що максимальних показників вмісту сирого протеїну насінні сої сорту ОАЦ Аватар отримано при поєднанні підживлень у фазах бутонізації і середини фази цвітіння, при цьому вміст сирого протеїну становив 36,57 %, сирого жиру – 18,33 %, сирої клітковини – 10,44 %, сирої золи – 5,23 %, БЕР – 29,43 %.

3. Хімічний склад насіння сої залежно від сорту та позакореневих підживлень, % (середнє за 2022-2023 рр.)

Сорт	Позакореневі підживлення	Вміст хімічних речовин, %				
		сирій протеїн	сирій жир	сира клітковина	сира зола	БЕР
ОАЦ Аватар	без підживлень	34,48	19,57	11,77	5,40	28,78
	у фазі бутонізації	36,04	18,88	10,84	5,32	28,92
	у фазі середина цвітіння	35,20	19,31	11,37	5,34	28,78
	у фазі бутонізації + у фазі середина цвітіння	36,57	18,33	10,44	5,23	29,43
Тріада	без підживлень	35,58	19,39	11,44	5,45	28,14
	у фазі бутонізації	37,16	18,47	10,94	5,33	28,10
	у фазі середина цвітіння	36,47	18,96	11,19	5,36	28,02
	у фазі бутонізації + у фазі середина цвітіння	38,64	18,11	10,70	5,25	27,30

Вміст сирого протеїну на варіанті без підживлень у сої сорту

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

ТРИАДА був 35,58 %, сирого жиру – 19,39 %, сирі клітковини – 11,44 %, сирі золи – 5,45 % та БЕР – 28,14 %.

Подвійне застосування комплексного мікродобрива Оракул насіння у фазах бутонізації та середини фази цвітіння при вирощуванні сої сорту Тріада допомогло сформувати такі показники хімічного складу насіння: вміст сирі клітковини – 10,70 %, сирого жиру – 18,11 %, сирого протеїну – 38,64 %, сирі золи – 5,25 % та БЕР – 27,30 %.

Висновки і перспективи.

Гідротермічні умови, що склалися у роки проведення досліджень у цілому сприяли формуванню високих показників продуктивності у посівах сої. Відмічено, що найкращі показники індивідуальної продуктивності у сої сорту Тріада були на варіанті двократного застосування мікродобрива у фазах

бутонізації та середини цвітіння. При цьому середня кількість бобів на одну рослину становила 23,5 шт., кількість насінин з рослини – 61,3 шт., а їхня маса з однієї рослини становила 9,1 г.

Формування кращих показників насінневої продуктивності сортів ОАЦ Аватар та Тріада відмічено на варіантах із дворазовим використанням мікродобрива Оракул насіння у фазах бутонізації та середини цвітіння сої. Показник урожайності сортів сформувався на рівні 2,94 та 3,21 т/га, відповідно.

Високі показники вмісту сирого протеїну насінні сої сорту ОАЦ Аватар були відмічені при поєднанні підживлень у фазах бутонізації та середині цвітіння, при цьому вміст сирого протеїну становив 36,57 %, сирого жиру – 18,33 %, сирі клітковини – 10,44 %, сирі золи – 5,23 %, БЕР – 29,43%.

Список використаних джерел

1. Гринько Ю. Волога для сої. Агроном 2023. URL: <https://www.agronom.com.ua/vologa-dlya-soyi/> (дата звернення 27.09.2023р).

2. Жуйков О.Г., Іванів М.О., Марченко Т.Ю., Возняк В.В. Сучасне виробництво сої як елемент розв'язання проблеми харчового білка: світові тренди та вітчизняні реалії. Таврійський науковий вісник. 2020.116, 1. С.54-63. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.7> ,

3. Державна служба статистики України. Статистична інформація. Сільське, лісове та рибне господарство. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

4. Молдован, Ж. А., & Молдован, В. Г. (2022). Оцінка конкурентоздатності допосівної обробки насіння та позакореневих підживлень сої за різних рівнів мінерального живлення. Корми і кормовиробництво, (94), 27-36. URL: https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202294-03_65

5. Федорук І. В., Хмелянчишин Ю.В., Городиська О.П. Особливості росту і розвитку рослин сої залежно від сорту та елементів технології вирощування. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2023. 33. С.61-54. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-6> . (дата звернення 20.02.2024р)

6. Досвід аграріїв у захисті насіння сої. URL: <https://dobrodiy.in.ua/statti/zhyvlennya-soyi/> 2023р. (дата звернення 15.12.2023р).

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

7. Ганжа В. В., Іванів М.О. Економічна та енергетична оцінка вирощування сортів сої на краплинному зрошенні. Таврійський науковий вісник. 2021. №119. С. 16-27.

8. Didur, I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pantsyreva H., Telekalo N., Tkachuk O. Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (5). P. 54-61

9. Мазур В.А., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в правобережному Лісостепу України. Сільське господарство та лісівництво. 2020. №18. С. 5-17.

10. Description of the environmental damage on soybean seeds. M. R. Arango, R. M. Craviotto and others. *Seed Science and Technology*. 2006. Vol. 34. P. 133–141

11. Петриченко В.Ф., Патица В.П. Хвороби сої: моніторинг, діагностика, захист: [монографія], Вінниця: «Віндрук», 2016. 106 с.

12. Patyka V.P. Biological Nitrogen and a new strategy of crop production manufacture in Ukraine. *Microbiology and Immunology – the Development Outlook in the 21st century*. Abstracts book of the II International Scientific Conference, April 14 -15, 2016, Kyiv: DIA, 2016. P. 10.

13. Єремко, Л. С., & Гангур, В. В. (2022). Особливості формування індивідуальної продуктивності рослин сої (*Glycine hispida* Moench.) за різної забезпеченості елементами мінерального живлення. *Scientific Progress & Innovations*, (3), 40-46. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.05>

14. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь Іванюта, Коломієць, Малиновська, Якушенко ; за ред. Іванюти.. Київ : НІСД, 2020. 110 с

15. Niewiadomska, A., et al. "The influence of biostimulants and foliar fertilisers on the process of biological nitrogen fixation and the level of soil biochemical activity in soybean (*Glycine max* L.) cultivation." *Appl. Ecol. Environ. Res* 17 (2019): 12649-12666.

16. Zabarna, T. A. "The formation of soybean phytocenosis and seeds quality depending on the intensification factors." Сільське господарство та лісівництво. Вінниця: ВНАУ, 2020. № 19. С. 98-109. (2021), doi: 10.37128/2707-5826-2020-4-9.

References

1. Hrynko Yu. (2023). Moisture for soybeans. *Agronomist* 2023. URL: <https://www.agronom.com.ua/vologu-dlya-soyi/> [in Ukrainian].

2. Zhuikov O.H., Ivaniv M.O., Marchenko T.Iu., Vozniak V.V. (2020). Modern soybean production as an element of solving the problem of food protein: world trends and domestic realities. *Tavrian Scientific Bulletin*. 116, 1. 54-63. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.7> , [in Ukrainian].

3. State Statistics Service of Ukraine. Statistical information. Agriculture, forestry and fisheries. Areas, gross harvest and yield of agricultural crops by type. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].

4. Moldovan, Zh. A., & Moldovan, V. H. (2022). Evaluation of the competitiveness of pre-sowing seed treatment and foliar fertilisation of soybean at different levels of mineral nutrition. *Feed and feed production*. (94), 27-36. URL: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202294-0365> [in Ukrainian].

5. Fedoruk I. V., Khmelianchyshyn Yu.V., Horodyska O.P. (2023). Features of growth and development of soybean plants depending on the variety and elements of cultivation technology. *Podilskyi Visnyk: agriculture, technology, economy*. 33. 61-54. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-6> [in Ukrainian].

6. Farmers' experience in protecting soybean seeds. (2023). URL: <https://dobrodiy.in.ua/statti/zhyvlennya-soyi/> 2023r. [in Ukrainian].

7. Hanzha V. V., Ivaniv M.O. (2021). Economic and energy assessment of growing soybean varieties on drip irrigation. *Tavrian Scientific Bulletin*. 119. 16-27. [in Ukrainian].

8. Didur, I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pantsyreva H., Telekalo N., Tkachuk O. (2020). Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 10 (5). 54-61 [in English].

9. Mazur V.A., Didur I.M., Pantsyрева Н.В. (2020). Substantiation of adaptive varietal technology for growing legumes in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Agriculture and forestry*. 18. 5-17. [in Ukrainian].

10. Description of the environmental damage on soybean seeds. M. R. Arango, R. M. Craviotto and others. *Seed Science and Technology*. 2006. Vol. 34. P. 133–141[in English].

11. Petrychenko V.F., Patyka V.P. (2016). Soybean diseases: monitoring, diagnosis, protection: monograph,. Vinnitsia: «Vindruk», 106. [in Ukrainian].

12. Patyka V.P. Biological Nitrogen and a new strategy of crop production manufacture in Ukraine. *Microbiology and Immunology – the Development Outlook in the 21st century*. Abstracts book of the II International Scientific Conference, April 14 -15, 2016, Kyiv: DIA, 2016. P. 10. [in English].

13. Ieremko, L. S., & Hanhur, V. V. (2022). Peculiarities of formation of individual productivity of soybean plants (*Glycine hispida* Moench.) under different supply of mineral

nutrition elements. *Scientific Progress & Innovations*, (3), 40-46. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.05> [in Ukrainian].

14. Influence of climatic conditions on the development of crops!!! (2023). URL: <http://himagro.com.ua/vpliv-klimatichnix-umov-na-rozvitok-silskogospodarskix-kultur> [in Ukrainian].

15. Climate change: impacts and adaptation measures: analytical report by. (2020). Ivaniuta, Kolomiets, Malynovska, Yakushenko ; za red. Ivaniuty.. Kyiv : NISD, 110 [in Ukrainian].

16. Niewiadowska, A., et al. (2019). The influence of biostimulants and foliar fertilisers on the process of biological nitrogen fixation and the level of soil biochemical activity in soybean (*Glycine max* L.) cultivation." *Appl. Ecol. Environ. Res* 17 12649-12666. [in English].

17. Zabarna, T. A. (2021). The formation of soybean phytocenosis and seeds quality depending on the intensification factors. *Agriculture and forestry*. Вінниця: ВНАУ, 2020. 19 98-109. doi: 10.37128/2707-5826-2020-4-9. [in English].

FORMATION OF PRODUCTIVITY INDICATORS OF SOYBEAN VARIETIES IN VINNITSIA REGION.

T. P. Kostyna L. F. Bronnikova

Abstract. Soy is a strategic crop of global importance that plays a key role in overcoming the food crisis. In Ukraine, soybeans play an equally important role. Its beans have a unique combination of organic compounds and minerals of the two most important components - protein and oil - that play a key role in the physiological and biochemical processes of human and animal life. The formation of crop productivity occurs during the growing season in close connection with life factors.

The article highlights the peculiarities of soybean yield formation and investigates the impact of foliar nutrition on the main elements of the yield structure. The regularities of formation of individual productivity indicators, namely: the number of beans per plant, the number and weight of seeds per plant and the weight of 1000 seeds depending on the varietal characteristics of the crop and elements of its cultivation technology, are revealed.

Field studies have established a positive role of foliar feeding in the formation of high seed productivity of soybean varieties Triada and Avatar, and also revealed a link between the phase of foliar feeding and the level of yield.

Костина Т. П., Броннікова Л. Ф.

Foliar application significantly influenced the chemical composition of soybean seeds, according to the data obtained from laboratory analyses. According to the chemical analysis, it was found that the formation of high indicators of the quality composition of soybean varieties was ensured by a combination of fertilisation in the budding and mid-flowering phases. The content of crude protein was 36.57-38.64 %, crude fat - 18.11-18.33 %, crude fibre - 10.44-10.70 %, crude ash - 5.23-5.25 %, BER - 27.30-29.43 %.

Keywords: *soybean, foliar nutrition, productivity, yield, chemical composition, agrophytocenosis*

УДК 631.816.2:633.11"324"

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИПОСІВНОГО ВНЕСЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ**С. М. КАЛЕНСЬКА**, доктор сільськогосподарських наук, професор,<https://orcid.org/0000-0002-3392-837X>E-mail: svitlana.kalenska@gmail.com**О. І. ШУТИЙ**, кандидат сільськогосподарських наук,<https://orcid.org/0000-0002-1741-6219>E-mail: o.shutij@nubip.edu.ua**Т. В. АНТАЛ**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<https://orcid.org/0000-0002-6225-9347>E-mail: taniantal@ukr.net**Р. В. СОНЬКО**, асистент, <https://orcid.org/0000-0002-2309-7226>E-mail: sonkoroma@ukr.net*Національний університет біоресурсів і природокористування України***С. І. КРИВОВ**, заступник директора, агроном*Товариство з обмеженою відповідальністю «ФЕРТЧЕМ»*[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.007](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.007)

***Анотація.** Інноваційні технології в рослинництві, враховують необхідність збереження біорізноманіття рослин та ґрунту, ефективність використання CO₂, новітніх форм добрив, які передбачають цільове, пролонговане, регульоване використання елементів живлення, мінімізації втрат; енергетичну ефективність технологій та потребують постійного удосконалення.*

У статі представлено результати досліджень щодо теоретичного обґрунтування та вдосконалення оптимальних параметрів формування урожайності та якості зерна пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу України за припосівного внесення комплексних добрив DuraSOP з різною формуляцією.

Встановлено оптимальні параметри та закономірності формування елементів структури врожаю пшениці озимої залежно від формуляції добрив DuraSOP: густина стояння рослин, кількість продуктивних стебел, зерен у колосі, маса зерна з колоса, маса 1000 насінин, урожайність та якість.

Проведенні комплексні дослідження щодо ефективності припосівного внесення комплексних добрив DuraSOP за вирощування пшениці озимої, дозволили встановити високу ефективність добрив. Добрива мають пролонговану дію, відзначаються низькою нормою внесення, перевершують виробничий контроль, який за сумарним внесенням діючої речовини макроелементів був значно вищим. Ефективність всіх видів добрив суттєво залежить від погодних умов, зокрема кількості опадів.

***Ключові слова:** пшениця озима, добрива, урожайність, якість зерна, структура врожаю*

Актуальність. Проблеми продовольчої та екологічної безпеки тісно пов'язані між собою і ці проблеми необхідно вирішувати за рахунок розвитку нових технологій та їх інтенсивного застосування (Dijk, Meijerink, 2014; Kalenska, 2022; Mondal, Datta JK, Mondal, 2017). Управління формуванням урожайності та якості зерна пшениці через оптимізацію системи удобрення культури відіграє важливу роль в ефективному формування урожайності, якості продукції та використанні енергетичних ресурсів (Honchar, et al, 2021; Gugava, Korokhashvili, 2018; Vermeulen, 2012). Добрива є одним з визначальних чинників у формуванні урожайності та якості продукції польових культур (Bielashov, et al, 2022; Kirchmann, 2020; Hejstman et al, 2013). Такого вирішення проблеми можна досягти шляхом синтезу та використання добрив пролонгованої дії за вирощування зернових культур (Kale, Gawade, 2016; Honchar et al, 2021). У зв'язку з цим дослідження з групою добрив з пролонгованим ефектом є надзвичайно актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині глобальне забруднення довкілля обумовлює низку проблем, які загрожують населенню світу (Alexandratos & Bruinsma, 2012; Makarenko, 2015; Novytska, 2020). Застосування мінеральних добрив у сільському господарстві є одним з потужних

забруднювачів. У світі щорічно під сільськогосподарські культури використовується понад 200 млн. тонн мінеральних добрив (Kalenska, 2022). В той же час багаточисельні сучасні дослідження доводять, що негативний вплив добрив переважає над його позитивним ефектом. Через те, що переважна частка добрив добре розчиняються у воді, лише 40–50 % елементів живлення внесених з добривами засвоюється рослинами, 20 % змивається, що зумовлює глобальне забруднення навколишнього середовища (річки, моря, водойми, підземні води). Накопичення нітратів у питній воді та харчових продуктах викликає важкі захворювання (метабегоглобогенез, лейкемія, злоякісні пухлини), 20 % випаровується і досягає верхніх шарів атмосфери, що призводить до руйнування озонового шару, внаслідок чого потік ультрафіолетових променів на Землю збільшується. Лише 10 % нітратів перетворюються у форму запасів у ґрунті. Усі ці фактори, поряд із великим економічним ефектом, створюють надзвичайно небезпечну екологічну загрозу для населення та тварин. В той же час, в дослідках проведених в Чехії, було проаналізовано довготривалий вплив різних комбінацій добрив на врожайність і концентрацію елементів у зерні ячменю ярого. Урожайність зерна коливалася від 4,03 до 9,74 т/га на контролі до

Каленська С. М., Шутий О. І., Антал Т. В., Сонько Р. В., Кривов С. І.

комбінованого внесення мінеральних та органічних добрив. Було показано, що тривале застосування органічних і мінеральних добрив у відповідних нормах внесення не становить ризику накопичення важких металів в зерні ячменю на багатих на мінерали та незабруднених металами сільськогосподарських ґрунтах (Hejstman, Verková, Kunzová, 2013).

Безперервне внесення добрив прямо чи опосередковано впливає на хімічні та фізичні властивості ґрунту: змінюється агрегатна стабільність ґрунту, водоутримувальна здатність, швидкість інфільтрації, пористість, гідравлічна провідність і об'ємна щільність.

У цьому випадку, наприклад, розрахункова гектарна норма азоту, зменшиться на 40–50 %, а це буде дуже актуально з економічної та екологічної точки зору (Kalenska et al, 2022).

Нині синтезовані добрива з пролонгованим ефектом дії елементів живлення, які входять до складу добрив на матричній основі (Patent, 2016). У добривах фірми Фертчем – Дюрасоп застосовується низка інноваційних технологій, які дозволяють захистити елементи живлення від ретроградації за рахунок фізичного та хімічного захисту (Complex granular fertilizer, 2022). Фізичний захист полягає в покритті елементів живлення полімерної матричної оболонкою, яка не розчиняється у ґрунті, а за

контакту з вологою розкриває пори і дозволяє вивільнятися елементам живлення поступово, що надає пролонгований ефект і забезпечує живлення рослин впродовж всього періоду вирощування. Хімічний захист забезпечує пролонговану дію азоту, за допомогою інгібітору, який уповільнює перехід амідної форми азоту в амонійну. При виробництві мікроелементів, використовується метод штучного хелатування, таким чином кожен мікроелемент хелатується окремо, що збільшує його доступність для рослин. При виробництві добрив акцент також ставиться і на мезаелементах та використовуються механізми їх для захисту та підвищення коефіцієнта засвоєння NPK.

Мета дослідження – встановлення ефективності припосівного добрива DuraSOP на формування кількісних та якісних показників врожаю пшениці озимої у Правобережному Лісостепу України

Матеріали і методи дослідження. Польові дослідження проводились впродовж 2019/2020–2021/2022 вегетаційних років у стаціонарній сівозміні кафедри рослинництва у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», яка розміщена в с. Пшеничному Васильківського району Київської області. Дослідна станція знаходиться в північно–східній частині Правобережного Лісостепу. Польові дослідження закладались на ґрунтах

Каленська С. М., Шутий О. І., Антал Т. В., Сонько Р. В., Кривов С. І.

чорноземах типових малогумусних крупнопилуватих – легкосуглинкових за механічним складом. Вміст гумусу в орному шарі становить 4,4 %, рН – 6,8–7,3; ємність поглинання 30,7–32,5 мг–екв на 100 г ґрунту. Даний тип ґрунту характеризується також високим вмістом валових і рухомих форм поживних речовин. У шарі 0–20 см загального азоту міститься 0,27–0,31 %, фосфору – 0,15–0,25 %, калію – 2,3–2,5 %. Вміст рухомого фосфору за Чиріковим становить 4,5–5,5 мг на 100 г ґрунту. До складу мінеральної твердої фази ґрунту входить 37% фізичної глини; 63 % піску. Щільність ґрунту в рівноважному стані 1,16–1,25 г/см³, вологість стійкого в'янення – 10,8 %. Рівень залягання підґрунтових вод 5–6 м.

Описані ґрунти займають 54,6 % ґрунтового покриву зони Лісостепу України. Це дає можливість вважати, що польові дослідження проводилися в типових для зони ґрунтових умовах. Рельєф місцевості–рівнинний.

Сума опадів в зоні вирощування в період досліджень становить 562 мм, а за вегетаційний період – 320–450 мм (65 % від річної норми), що цілком забезпечує сільськогосподарські культури вологою, в тому числі й пшениці озимої. Проте, протягом року вони випадають нерівномірно. Найбільша їх кількість буває в травні (відповідно 127 мм).

Середньодобові температури повітря у 2019/2020 р. у період

вегетації істотно перевищували середньобагаторічні. Вересень у 2019 році був теплим – 16,4 °С і перевищення над багаторічною температурою повітря склало 2,6°С та 4,8°С в 2020 році відповідно. У період посіву складаються досить посушливі умови. Зокрема, у серпні та вересні 2019 і 2020 років опадів випало недостатньо – у першій декаді вересня випало лише 4,0 мм, що виявилися сухими за ГТК (менше 0,4). У квітні і травні середньодобова температура повітря була вищою від середньобагаторічних значень на +1,43 і +0,3 °С відповідно, що викликало подовження фази куцання у пшениці озимої. Також у цей період (в травні) випала найбільша кількість опадів – 127 мм, що перевищили середньобагаторічні показники на 83,7 мм, що мало істотний вплив на формування врожаю пшениці озимої.

Червень був жарким і вологим: середньодобова температура повітря становила в другій декаді – 24,2 °С та перевищувала середньобагаторічні на 6,4 °С в той час як опадів випало 50,7 мм. Липень за показниками температури також перевищував багаторічні дані (на 1 °С), кількість опадів була нижчою і становила 47,9 мм (14,2 мм). Умови періоду вегетації пшениці озимої у 2019–2020 роках за значенням гідротермічного коефіцієнту, який становив в середньому – 0,7, характеризувались як посушливі, при цьому недостатня кількість опадів була критичною в

Каленська С. М., Шутий О. І., Антал Т. В., Сонько Р. В., Кривов С. І.

період сівби та недостатньою в період відновлення вегетації рослин пшениці озимої весною.

Веgetаційний 2020/2021 рік був досить сприятливим для одержання високих врожаїв пшениці озимої. Осінь 2020 року характеризувалася підвищеною температурою повітря, яка перевищувала норму у вересні на 4,8 °С, у жовтні – на 5,0 °С та у листопаді – на 1,7 °С. Сума опадів за цей період були на рівні середньобагаторічних у вересні (32 мм) та листопаді (28,8 мм). Найвищими показниками характеризувався жовтень впродовж всього вегетаційного періоду – 102 мм, що мав істотне перевищення середньобагаторічних на 71 мм відповідно. ГТК в жовтні 2020 році склав 2,3 – надмірне зволоження, але ця волога, яка випала з опадами, навіть не поповнила дефіцит доступної вологи в ґрунті. Зимові місяці були теплими: у грудні середньодобова температура перевищувала багаторічні дані на 1,4 °С, у січні – на 3,2 °С і тільки у другій декаді лютого становила –9,1 °С. Січень і лютий характеризувалися значною кількістю опадів, яка перевищувала на 34 і 66 мм середньобагаторічні відповідно. Весняний період 2021 року характеризувався дещо вищими показниками температурного режиму та зі значною кількістю опадів. У березні середньодобова температура повітря була вищою на 2,4°С. Квітень

і травень за температурою були на рівні багаторічних даних (8,2 та 14,1 відповідно) і надмірною вологою у травні, із сумою опадів 116 мм.

Червень та липень характеризувались жаркою погодою середньодобові температури коливались в межах 22 – 26,3 °С, та рясними дощами, особливо у другій декаді липня, коли кількість опадів становила 53 мм. Загалом за значенням гідротермічного коефіцієнту (1,1) вегетація пшениці озимої у 2020–2021 роках відбувалася в умовах достатнього забезпечення вологою, сума опадів за вегетаційний період становила 727,6 мм, що позитивно вплинуло на вищий коефіцієнт кущення та в загальному на продуктивність стеблостою рослин пшениці.

Веgetаційний рік 2021/2022. Середньодобові температури повітря у 2021/2022 в.р. в період вегетації істотно перевищували середньобагаторічні. Сівба пшениці озимої проходила в умовах теплої із недостатньою кількістю опадів погоди. Середньодобова температура повітря у вересні–жовтні була на рівні середньобагаторічних – 13,7 і 8,7 °С, а сума опадів була критичною та становила лише 13 та 18 мм відповідно. Проте листопад виявився холодним, температура повітря була на рівні 2,8 °С, а в другій декаді вона становила вже в середньому –0,6 °С. При цьому кількість опадів була недостатньою і дорівнювала лише

18 мм.

Зимовий період у 2021 році суттєво відрізнявся від попередніх років досліджень, супроводжувався низькими температурами починаючи від другої декади грудня – мінус 2,4 °С до першої декади лютого – мінус 1,3 °С. У цей період характеризувався недостатньою кількістю опадів (13,8 мм) та майже їх відсутністю у лютому (4,6 мм) місяці.

Весна 2022 року загалом характеризувалася підвищенням, порівняно із багаторічними даними, температурним режимом та посушливістю. Так, у березні середньодобова температура повітря була несуттєво вищою за середньобагаторічну на 1,9 °С, а у квітні і травні перевищувала її відповідно на 13,6 та 10,8 %, . Сума опадів за цей період становила від 19,8 мм до 26,4 мм, причому розподіл їх був дуже нерівномірним. Так, у першій березня і травня опади були відсутні, у третій декаді травня випало лише 1,2 мм, що суттєво впливало ріст і розвиток рослин пшениці. Червень був теплим і посушливим із середньодобовою температурою повітря 22 °С і перевищувала середньобагаторічну на 3,2 °С, в той час як опадів випало лише 45,8 мм. Липень за показниками температури також перевищував середньобагаторічні дані (на 4,3 °С), кількість опадів була ще нижчою і становила 33,7 мм.

Загалом умови періоду вегетації

пшениці озимої у 2019–2022 роках характеризувались як посушливі, при цьому недостатня кількість опадів спостерігалась впродовж всього періоду активної вегетації пшениці – середнє значення гідротермічного коефіцієнту становило 1,0,

Методика проведення дослідження. Для встановлення ефективності нових видів добрив було закладено польовий дослід відповідно до запланованих норм внесення та виду добрив порівняно з абсолютним та виробничим контролем. Метою дослідження було встановлення ефективності комплексних гранульованих добрив DuraSOP на матричній основі в різних формуляціях (табл. 1). Вміст макро – та мезоелементів наведено в таблиці 1. До складу DuraSOP Actibion та DuraSOP Phos також входять: Mn – 0,01; Zn – 0,01; B – 0,1; Fe – 0,5. До складу DuraSOP Elite додатково входять: Mn – 0,02; Zn – 0,02; B – 0,1; Fe – 0,5. Добрива вносилися під час сівби пшениці озимої. Ефективність нових добрив встановлювали шляхом порівняння з абсолютним контролем та варіантом, який був обраний як виробничий контроль – з внесенням традиційного добрива – нітроамофоска. Підживлення азотними добривами проводили перед відновленням весняної вегетації аміачною селітрою у розрахунку 60 кг/га діючої речовини азоту. Система захисту культури від шкочинних об'єктів передбачала

Каленська С. М., Шутий О. І., Антал Т. В., Сонько Р. В., Кривов С. І.

внесення наступних пестицидів: л/га. ВВСН 52–54 – Тебукор 0,5 л/га+ ВВСН 30–37 – Дербі 0,07 л/га + Канонір дуо 0,1 л/га. ВВСН 71–80 – Імпакт К 0,7 л/га + Канонір дуо 0,1 Жук off (Венон) 0,15 л/га.

1. Ефективність припосівного внесення формуляцій добрив DuraSOP (схема досліду)

№	Варіант	Позначення варіанту	Фактор А	Фактор В
			Добриво	Норма добрив, фізична вага, кг/га
1	Контроль	К	Без добрив	–
2	Виробничий контроль	ВК	Нітроамофоска (N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂)	200
3	DuraSOP Actibion	A ₁ B ₁	Actibion (N ₉ P ₂₀ K ₁₂ S ₁₅ Mg ₂)	80
4	DuraSOP Actibion	A ₁ B ₂		100
5	DuraSOP Actibion	A ₁ B ₃		120
6	DuraSOP Phos	A ₂ B ₁	Phos (N ₄ P ₂₆ K ₁₂ S ₁₀ Ca ₁₆ Mg ₂)	80
7	DuraSOP Phos	A ₂ B ₂		100
8	DuraSOP Phos	A ₂ B ₃		120
9	DuraSOP Elite	A ₃ B ₁	Elite(N ₁₀ P ₁₀ K ₁₇ S ₂₀ Mg ₂)	80
10	DuraSOP Elite	A ₃ B ₂		100
11	DuraSOP Elite	A ₃ B ₃		120

Висівали сорт пшениці озимої МІП Валенсія (різновидність Erythrospermum), який занесений до Державного реєстру 2017 р. Сорт високопродуктивний, середньо–ранньостиглий; Сівбу проводили в другій декаді вересня, норма висіву 5 млн. схожих насінин на 1 га, глибина загортання насіння 4 см. Попередник – соя. Дослід закладався у чотирикратному повторенні. Загальна площа ділянки становила 60 м², облікова 50 м².

Агротехніка вирощування пшениці озимої у дослідках – загальноприйнята для умов Правобережного Лісостепу України, за виключенням варіантів досліду що вивчали.

Фенологічні спостереження за рослинами пшениці озимої

здійснювали відповідно до «Методики Державного сортовипробування сільськогосподарських культур».

Результати досліджень. Позитивний ефект від форм добрив проявляється вже на ранніх мікростадіях розвитку рослин – активізувалося загальне та продуктивне кущення. Інтенсивніше продуктивне кущення було за застосування DuraSOP Actibion та DuraSOP Elite за зростаючих нормах добрив. За внесення DuraSOP Phos продуктивне кущення було нижчим і було на рівні зонального стандарту. Однак варто відмітити, що на початкових мікростадіях розвитку рослин цей варіант не поступався щодо польової схожості насіння,

Каленська С. М., Шутий О. І., Антал Т. В., Сонько Р. В., Кривов С. І.

кількості рослин та кушення в осінній період.

Діапазон кількості продуктивних стебел залежав від виду добрив, норм внесення та погодних умов років проведення досліджень: коливалася в

межах: 2019/2020 в.р. – 495 –530 штук; 2020/2021 в.р. – 539–568; 2021/2022 в.р. – 392 – 504 штук порівняно з абсолютним контролем – 440, 455, 388 штук відповідно до вегетаційного року (табл. 2).

2. Структура та урожайність пшениці озимої за припосівного внесення добрив, 2020 – 2022 рр.

№	Варіант	КПС	Кількість зерен в колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 насінин	Урожайність
		штук/м ²	штук	грам	грам	т/га
1	К	428	21,3	0,74	34,7	3,17
2	ВК	498	24,7	0,97	39,3	4,88
3	А ₁ В ₁	516	28,0	1,25	44,1	6,51
4	А ₁ В ₂	525	29,7	1,28	43,9	6,76
5	А ₁ В ₃	525	31,3	1,29	42,4	6,79
6	А ₂ В ₁	478	26,3	1,05	39,0	5,11
7	А ₂ В ₂	487	26,7	1,08	40,1	5,39
8	А ₂ В ₃	493	26,3	1,11	41,5	5,56
9	А ₃ В ₁	512	27,7	1,20	43,0	6,24
10	А ₃ В ₂	521	29,3	1,22	42,5	6,45
11	А ₃ В ₃	528	29,3	1,23	42,9	6,58

¹Примітка. КПС – кількість продуктивних стебел

За застосування DuraSOP Actibion, DuraSOP Phos, DuraSOP Elite в усі роки проведення досліджень встановлено зростання диференціації зернівок в колосі порівняно з абсолютним контролем та зональним контролем. Якщо в контрольному варіанті кількість зернівок в колосі була 21,3, виробничому контролі – 24,7 шт., в середньому за роки проведення досліджень, то у варіантах з внесенням добрив кількість зернівок суттєво зростала від 26,3 до 34 штук, залежно від виду добрив та норми внесення добрив. За внесення добрив DuraSOP Actibion формувалося 28,0 –

31,3 зернівок в колосі; DuraSOP Phos – 26,3–26,7; DuraSOP Elite – 27,7–29,3 зернівок. Кількість зернівок в колосі при застосуванні добрив зростала на 17–50 % порівняно з контрольним варіантом.

Кількість зернівок в колосі обумовлювала масу зерна з колосу, яка також суттєво залежала від погодних умов, особливо від кількості опадів за наливу зерна та норми та виду добрив. Маса зерна з колоса в контрольному варіанті склала 0,74 грами, в варіанті зонального контролю – 0,97 грами, за внесення DuraSOP Actibion – 1,25 – 1,29; DuraSOP Phos – 1,05–1,11;

Каленська С. М., Шутий О. І., Антал Т. В., Сонько Р. В., Кривов С. І.

DuraSOP Elite – 1,20 –1,22 г. Показники маси 1000 зерен варіювали по роках і залежали від погодних умов року та забезпечення вологою в період формування та наливу зернівок. Внесення добрив впливало на формування маси 1000 зерен: Actibion – 42,4–44,1г.; Phos –39,0 – 41,5; Elite – 42,5–43,0 грами

Найвищу урожайність серед досліджуваних варіантів було отримано у варіантах з внесенням DuraSOP Actibion, була 6,51–6,79; DuraSOP Elite – 6,24–6,58; DuraSOP Phos – 5,11–5,56 т/га, за урожайності в контролі – 3,17, виробничому контролі – 4,88 т/га.

Застосування добрив мало позитивний вплив на формування показників якості зерна пшениці. Внесення DuraSOP Actibion та DuraSOP Elite сприяло суттєвому збільшенню вмісту білка в зерні пшениці у порівнянні з контрольним варіантом (рис 1). Порівняно з виробничим контролем різниця виявилася дещо меншою. Уміст білку в зерні за застосування DuraSOP Actibion склало 13,6–13,8 %; DuraSOP Elite – 13,5 – 13,7 %; DuraSOP Phos – 12,9 до 13,0 %. у контрольному варіанті становив 11,1 %, а на виробничому контролі 13,5 %.

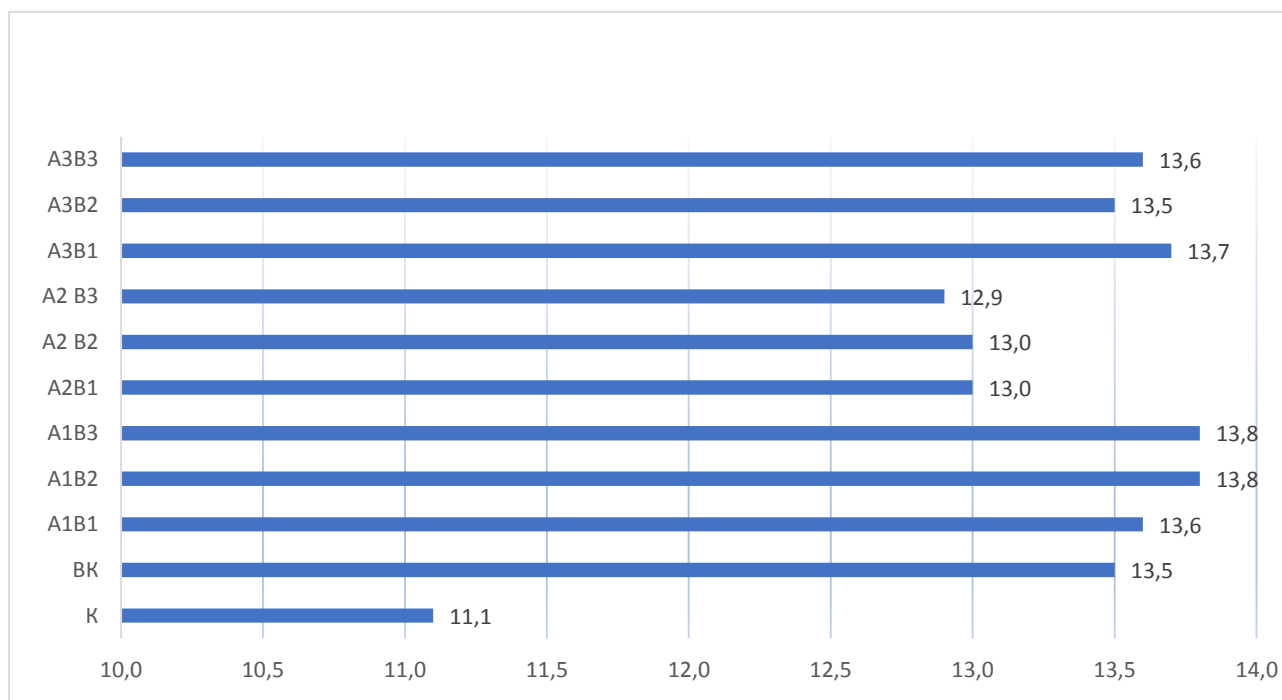


Рис. 1. Уміст білку у зерні пшениці озимої залежно від виду добрив, %

Максимальні показники вмісту сирої клейковини відзначали в у варіантах з використанням добрив DuraSOP Actibion 23,6–24,6 %, дещо нижчі показники формувалися при

застосуванні припосівних добрив DuraSOP Elite – 23,6–24 %, виробничий контроль формував показники сирої клейковини на рівні 24,3 % що відповідає 2 класу якості

Каленська С. М., Шутий О. І., Антал Т. В., Сонько Р. В., Кривов С. І.

(рис.2). Варіанти з використанням припосівного добрива DuraSOP Phos – 19,4 – 20,0 % відповідно 3 клас якості. Ще нижчі показники кількості

клейковини були у контрольному варіанті без застосування припосівного удобрення – 17,5 %.

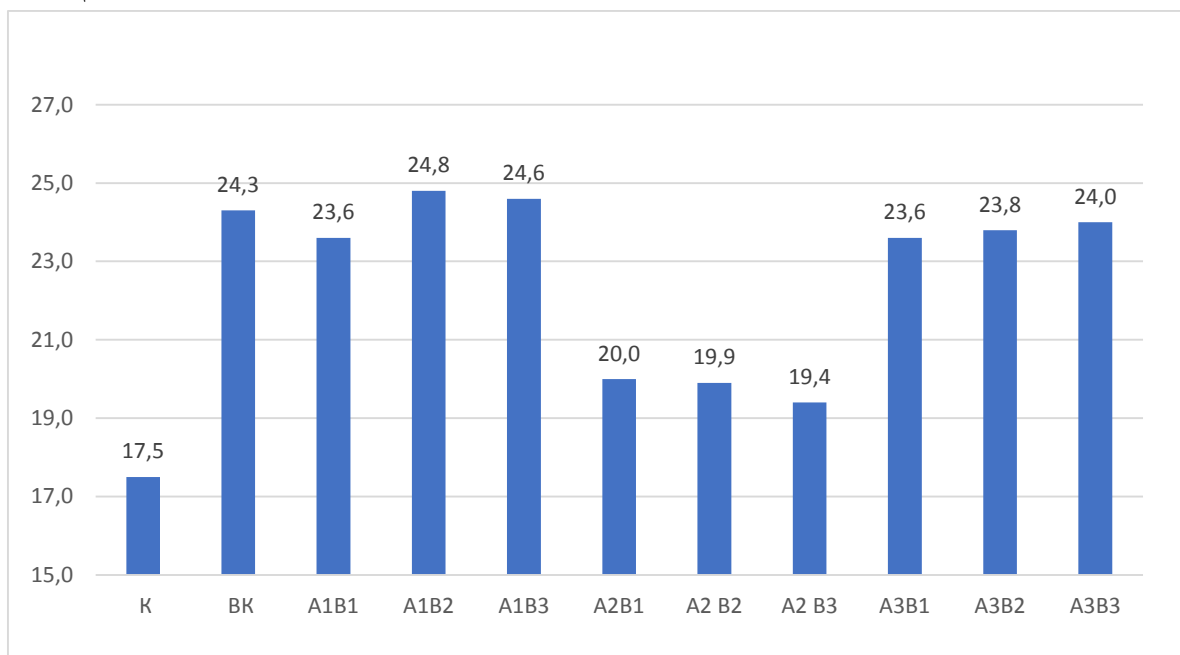


Рис. 2. Уміст сирої клейковини у зерні пшениці озимої залежно від виду добрив, %

Висновки

Основними перевагами добрива DuraSOP у ході досліджень виявилось більш ефективне використання елементів живлення з добрив.

Добрива DuraSOP в різних формуляціях: DuraSOP Actibition, DuraSOP Phos, DuraSOP Elite відрізняючись збалансованим умістом мезо– та мікроелементів, мають позитивний вплив на формотворчі процеси рослин впродовж періоду вегетації, що забезпечило формування підвищених до контрольного варіанту біометричних параметрів, виживання рослин, формування асимілюючої поверхні, вегетативної маси, накопичення сухої речовини та показників, що мало

відображення у сформованій урожайності та показниках якості зерна пшениці озимої. Урожайність за внесення DuraSOP Actibition склала 6,51 – 6,79; DuraSOP Elite–6,24–6,58; DuraSOP Phos–5,11–5,56т/га; порівняно з контрольним варіантом– 3,17 т/га; виробничим контролем – 4,88 т/га. Застосування DuraSOP Actibition сприяло зростанню вмісту білка в зерні до 13,8–14,0 %, що на 2,6 – 2,8 % більше порівняно з абсолютним контролем і на 0,2 – 0,4 з виробничим контролем.

Вміст сирої клейковини в зерні пшениці варіював від 17,5 в контрольному варіанті до 24,6 % за припосівного внесення добрив DuraSOP. Найбільший ефективними

Каленська С. М., Шутий О. І., Антал Т. В., Сонько Р. В., Кривов С. І.

ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ВМІСТУ КЛЕЙКОВИНИ
ВИЯВИЛИСЬ ДОБРИВА DuraSOP Actibion

23,6 – 24,6 %, та DuraSOP Elite – 23,6
– 24 %.

References

- Alexandratos N. and Bruinsma J. World agriculture towards 2030/2050. The 2012 Revision. ESA Working Paper. № 12–03 June 2012. Global Perspective Studies Team. <http://www.fao.org/economic/esa>. <https://www.fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf>
- Balawejder, M.; Szostek, M.; Gorzelany, J.; Antos, P.; Witek, G.; Matłok, N. A (2020). Study on the potential fertilization effects of microgranule fertilizer based on the protein and calcined bones in maize cultivation. *Sustainability*, 12(4), 1343; <https://doi.org/10.3390/su12041343>
- Bielashov O., Rozhkov A., Kalenska S., Karpuk L., Marenych M., Kuts O., Zaitseva I., Romanov O., Muzafarov N. (2022). Influence of pre-sowing application of mineral fertilizers, root and foliar nutrition on productivity of winter tritical plants. *Ecological Engineering & Enviromental Technology*. V.23. I.6. <https://doi.org/10.12912/27197050/152118>
- Complex granular fertilizer with micro elements on a matrix base durasop (2022). <https://fertchem.com.ua/products/granular/durasop/>
- Dijk V.M., Meijerink G.W. (2014). A review of food security scenario studies: Gaps and ways forward. In: Achterbosch T.J., Dorp M., van Driel W.F., van Groot J.J., Lee J., van der Verhagen A., Bezlepkina I., editors. *The Food Puzzle: Pathways to Securing Food for All*. Wageningen UR; Wageningen, The Netherlands: 30–32.
- Gugava, E., Korokhashvili, A. (2018). Technologies for obtaining nitrogen fertilizers prolonged effect in wheat. *Annals of Agrarian Science*. V.16, Issue 1, 22 – 26. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.12.003>
- Hejzman, V., Berková, M., Kunzová, E. (2013). Effect of long-term fertilizer application on yield and concentrations of elements (N, P, K, Ca, Mg, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) in grain of spring barley. *Plant, soil an Environment*. 59 (7):329–334. <https://doi:10.17221/159/2013-PSE>
- Honchar, L., Kalenska, S., Mazurenko, B., & Grigorevsky M., Formation the elements of productivity of winter wheat by seed dressing application the slow-acting complex. *Рослинництво та ґрунтознавство*. Vol.4, № 12 (2021)
- Kale, A. P., Gawade, S. N. (2016). Studies on nanoparticle induced nutrient use efficiency of fertilizer and crop productivity. *Green Chem. Technol.* 2: 88–92. DOI: <https://doi:10.18510/gctl.2016.226>.
- Kalenska, S. (2022). Food security and innovation solutions in crop production. *Plant and Soil Science*. 13(2).14-26. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(2\)](https://doi.org/10.31548/agr.13(2)).
- Kalenska S., Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R., Antal T. (2022) Economic and Energy Efficiency of Technologies for Growing Corn Hybrids Depending on the Type and Methods of Applying Fertilizers. *Plant and soil science*. № 1. 1- 13
- Kirchmann, H., Börjesson, G., Bolinde, M., Katterer, T., Djodjic, F. (2020). Soil properties currently limiting crop yields in Swedish agriculture – An analysis of 90 yield survey districts and 10 long-term field experiments. *European Journal of Agronomy*. V. 120: 126–132 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126132>.
- Makarenko, N. A., Kalenska, S. M. & Rudnitska, L. V. (2015). The biological efficacy and environmental safety of nanoagrochemicals. *Naukovyi visnyk NUBIP Ukrainy. Serii: Ahronomiia [Scientific Bulletin of NULES of Ukraine. Series: Agronomy]*. 210: 91–96. [in Ukrainian].
- Mondal T, Datta JK, Mondal NK (2017) Chemical fertilizer in conjunction with biofertilizer and vermicompost induced changes in morpho-physiological and biochemical traits of mustard crop. *J Saudi Soc Agric Sci* 16(2):135–144. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.05.001>
- Novytska N., Gadzvsokiy G., Mazurenko B., Kalenska S., Svistunova I. and Martynov O. (2020). Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in Western Polissya of

Каленська С. М., Шутий О. І., Антал Т. В., Сонько Р. В., Кривов С. І.

Ukraine *Agronomy Research* 18(3),
<https://doi.org/10.15159/ar.20.203>

16. Patent CN105358506A. Method for manufacturing sustained-release matrix-type granular complex fertilizer and matrix-type granular complex fertilizer obtained therefrom. Print 2016-02-24. China.

17. Vermeulen, S. J., Aggarwal, P. K., Ainslie, A., Angelone, S., Campbel, B. M.,

Challinor, A. J., Hansen, J. W., Ingram, J. S. L., Jarvis, A., Kristjanson, P., Lau, C., Nelson, G. C., Thornton, P. K., Wollenberg, E. (2012). Options for support to agriculture and food security under climate change. *Environ. Sci. Policy*. 15:136–144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envs-ci.2011.09.003>.

EFFICIENCY OF PRE-SOWING APPLICATION OF COMPLEX FERTILIZERS IN TECHNOLOGY OF GROWS OF WINTER WHEAT SOFT

S. M. Kalenska, O. I. Shutyi, T. V. Antal, R. V. Sonko, S. I. Krivov

Abstract. *The article presents the results of research on theoretical substantiation and formation of yield and grain quality of winter wheat in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine, depending on the pre-sowing application of a new type of fertilizers with prolonged action in the technology of pre-sowing application of winter wheat.*

The purpose of the study was to establish the effectiveness of the use of new fertilizers in different formulations, which were applied during the sowing of winter wheat, compared to the absolute control and the option, which was chosen as a production control – with the introduction of nitroamophoska. The research was conducted during 2019/2020–2021/2022 in the scientific laboratories and stationary crop rotation of the department of plant breeding at the VP NUBiP of Ukraine "Agronomic Research Station", which is located in the Fastiv district, of the Kyiv region.

In the experiments, a high-yielding, medium-early ripening winter wheat variety of MIP Valencia was sown. Sowing was carried out in the second decade of September, the sowing rate was 5 million similar seeds per 1 ha. The predecessor was soybean. The experiment was carried out in quadruplicate. The registered area of the site is 50 m².

To establish the effectiveness of the new types of DoraSOP fertilizers, a two-factor field experiment was conducted: factor A – the type of fertilizers (Actibion, Phos, Elite), factor B – the rate of fertilizer application (80; 100; 120 kg/ha physical weight).

As a result of the conducted research, the parameters and regularity of the formation of elements of the crop structure were established. With the introduction of Actibion, Phos, Elite fertilizers in all the years of our research, a greater differentiation of grains in the ear was established compared to absolute control and zonal control. The number of grains in an ear when fertilizers were applied increased by 17–50% compared to the control variant. The mass of grain from an ear in the control version was 0.74 g. In the zonal control version, it was 0.97 g in Actibion 125 versions – 1.29 g; Phos – 1.05–1.11 g; Elite – 1.20–1.22 g.

The weight of 1,000 grains is influenced by the weather conditions of the year and the provision of moisture during the period of formation and pouring of grains. The highest indicators of the mass of 1000 grains were noted in the versions using

Каленська С. М., Шутий О. І., Антал Т. В., Сонько Р. В., Кривов С. І.

Dorasop – Actibion fertilizers – 42.4–44.1 g.; Phos – 39.0–41.5 g; Elite – 42.5–43.0 g.

The highest yield among the studied options was obtained in the options with Actibion application, and was 6.51–6.79; Elite – 6.24–6.58; Phos – 5.11–5.56 t/ha, yield in control – 3.17, production control – 4.88 t/ha.

The use of fertilizers had a positive effect on the formation of quality indicators of wheat grain. The protein content in grain when Actibion fertilizers were used increased to 13.6–13.8%, in the control variant – 11.1%, and in the production control – 13.5%. The application of Elite provided a protein content of 13.5 to 13.7%.

The maximum indicators of crude gluten content were noted in variants with the use of Actibion fertilizers of 23.6 – 24.6%, slightly lower indicators were formed when using Elite – 23.6 – 24%, production control formed indicators of crude gluten at the level of 24.3%, which corresponds to the 2nd quality class. Variants using Phos post-sowing fertilizer – 19.4 – 20.0%, respectively, 3rd quality class. Even lower indicators of the amount of gluten were in the control version without application of post-sowing fertilizer – 17.5%.

Conducted complex studies of DoraSOP fertilizers on winter wheat crops, made it possible to draw conclusions about the high efficiency of fertilizers. Fertilizers have a prolonged effect, are characterized by a low rate of application, surpass the production control, which was significantly higher in terms of the total application of the active substance of macroelements. The effectiveness of all types of fertilizers depends significantly on weather conditions, in particular the amount of precipitation.

Keywords: *winter wheat, fertilizers, productivity, grain quality, crop structure*

**ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СОРТІВ СОЇ
ЗАЛЕЖНО ВІД ДОЗ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО
ПІДЖИВЛЕННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИМ ДОБРИВОМ****О. І. ЦИГАНСЬКА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

E-mail: lenkatsiganskaya@gmail.com

О. В. ШЕВЧУК, аспірант*Вінницький національний аграрний університет*[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.008](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.008)

***Анотація.** Основною запорукою формування максимального урожаю сільськогосподарських культур в цілому та сої зокрема є показник площі листкової поверхні. Забезпечення рослин повним комплексом елементів мінерального живлення та позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом суттєво впливають на показник величини асиміляційної поверхні та інтенсивність його наростання. Проведення позакореневого підживлення органо-мінеральними добривами та внесення мінеральних добрив у різних дозах відповідно до результатів досліджень являється досить ефективним способом щоб забезпечити оптимальне живлення рослин. Представлено результати досліджень по вивченню фотосинтетичної продуктивності сортів сої під впливом різних доз мінеральних добрив та різних строків позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом (позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок, позакореневе підживлення у фазу бутонізації) в умовах Лісостепу Правобережного. Встановлено особливості формування площі листкової поверхні рослин сої. Виявлено те, що значний вплив на даний показник мали дози мінеральних добрив та строки позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га). Використання позакореневого підживлення Хелпростом Соя у фазу бутонізації забезпечило зростання площі листкової поверхні на 7,2 – 12,7 % у сорту Онікс та, відповідно, 8,6 – 13,3 % у сорту Сенсор. За результатами досліджень встановлено, що максимально ефективним технологічним прийомом виявилось поєднання позакореневого підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок Хелпростом Соя із позакореневим підживленням цим же органо-мінеральним добривом у фазу бутонізації. Такі умови вирощування сприяли збільшенню площі листя у порівнянні із варіантами без оброблення на 10,6 – 17,9 % у сорту Онікс та 12,3 – 18,2 % у сорту Сенсор.*

Відповідно до результатів проведених спостережень та обліків виявлено, що фотосинтетичний потенціал посівів сої зростає в динаміці впродовж всього періоду вегетації і на пряму був залежний від доз мінеральних добрив, позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом та погодних умов року. Разом із мінеральними добривами позитивно впливало на формування фотосинтетичного потенціалу посівів позакореневе підживлення у різні фази вегетації посівів сої.

***Ключові слова:** сорт, площа листкової поверхні, суха речовина,*

Актуальність. Бобові культури відіграють важливу роль у вирішенні проблеми збільшення виробництва рослинного білка та забезпечення продовольчої безпеки держави, серед яких важливе місце належить сої як культурі з високими адаптивними властивостями. Незважаючи на окупацію частини території України та повномасштабні бойові дії, в 2022 році українські аграрії збільшили посівні площі сої – з 1,3 млн га в попередньому році до 1,54 млн га (частково – через той же дефіцит азотних добрив). Основна частина збільшення припадала на Хмельницьку, Житомирську, Черкаську та Вінницьку області. Врожайність знизилась у порівнянні з 2021 роком, але навіть попри значні труднощі зі збиранням врожаю (великою мірою спричинені несприятливими погодними умовами), це був третій найвищий показник в українській історії (2,43 т/га). Отже, фотосинтетична продуктивність сої та вивчення її динаміки на основі використання органо-мінерального добрива та різних доз мінеральних добрив, з огляду на адаптивний потенціал сорту та умов його культивування, визначає актуальність наукових досліджень та їх теоретичне обґрунтування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Соя являється досить

пластичною сільськогосподарською культурою з великим потенціалом та значними посівними площами не тільки в Україні, а й у світі. Також, є унікальною за хімічним складом поєднуючи при цьому господарсько-цінні ознаки, та відіграє провідну роль у вирішенні проблеми нестачі рослинного білка, забезпечуючи при цьому одержання продуктів харчування високої якості. У той же час, являється незамінною бобовою культурою у біологічному землеробстві, котра підвищує родючість ґрунту. Це обумовлює те, що соя являється практично найкращим попередником у сівозміні для послідуєчих культур.

Наявність оптимальної площі листової поверхні являється невід'ємною умовою для одержання високої фотосинтетичної продуктивності посівів та формування високої урожайності культури (Mazur, et al, 2022). Показник оптимальної площі листової поверхні, при якому формується максимальна урожайність зерна сої, знаходиться в межах 40–50 тис. м² /га (Didur, & Tsyhanskyi, 2023). Встановлено, що максимальний рівень площі листової поверхні (43,2 тис. м² /га) формується у фазу наливу бобів. І в результаті проведених розрахунків показника чистої продуктивності фотосинтезу виявлено найбільші

Циганська О. І., Шевчук О. В.

значення у період між фазою бутонізації до фази цвітіння (Didur, 2022a). За даними науковців досліджувані сорти сої формували максимальний показник площі листової поверхні посівів у фазу утворення бобів (Zabolotnyi, Tsyhanska, Tsyhanskyi, 2018). Площа фотосинтетичного апарату досліджуваного науковцями сорту сої формувала максимальні розміри у фазу наливу насіння (Didur, & Mostovenko (2020). Водночас, спостерігається процес припинення вегетативного росту зниження темпу наростання асимілятивної поверхні у період початку генеративної фази росту, коли формуються боби та починає наливатися насіння (Tsyhanska, & Tsyhanskyi, 2019). Показник фотосинтетичної продуктивності сої зазнає впливу від різних чинників. В результаті досліджень було виявлено сильну пряму кореляцію між кількістю опадів і продуктивністю фотосинтезу рослин (Didur, Tsyhanskyi, Tsyhanska, 2023). Асиміляційна поверхня у значній мірі змінювалася по роках досліджень і визначалася переважно умовами вологозабезпеченості (Mazur, et al, 2019). Зростання показника площі листової поверхні рослин сої відбувалося під впливом позакореневого підживлення посівів мікродобривами (Didur, & Shevchuk, 2022; Didur, 2022b; Didur et al, 2019). Ступінь освітлення посівів сої є

суттєвим фактором, який у значній мірі обумовлює формування репродуктивних органів і в загальному продуктивність культури. Норма висіву насіння в першу чергу визначає світловий режим у посівах сої, а потім вже фон живлення та сорт (Tsyhanska, & Tsyhanskyi, 2019; Didur et al, 2019). За рівномірного розподілу культурних рослин по площі листовий апарат одержує рівноцінний доступ до сонячного світла. Фотосинтетична поверхня рослин і процес фотосинтезу при цьому значно покращуються (Zabolotnyi, & Tsyhanska, 2015).

Мета дослідження – визначити особливості діяльності фотосинтезу на посівах сої сорту Онікс та Сенсор залежно від застосування різних доз мінеральних добрив та різних строків позакореневого підживлення органічно-мінеральним добривом Хелпрост Соя.

Матеріали і методи дослідження. Згідно програми досліджень передбачалось дослідити ріст, розвиток, формування елементів продуктивності сортів сої різних груп стиглості залежно впливу доз мінеральних добрив та різних строків позакореневого підживлення органічно-мінеральним добривом (позакоренево підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок, позакоренево підживлення у фазу бутонізації) в умовах

Циганська О. І., Шевчук О. В.

Лісостепу Правобережного. Польові дослідження проводили впродовж 2020 – 2022 рр. на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету відповідно до прийнятої методики (Ushkarenko, et al, 2013). У досліді вивчали дію та взаємодію трьох факторів: А – сорти; В – дози мінеральних добрив; С – строки позакореневого підживлення орґано-мінеральним добривом. Позакоренево підживлення посівів у різні строки проводили згідно схеми досліді.

Градація факторів становила 2x3x4. Повторність досліді чотириразова. Розміщення варіантів систематичне у три яруси. Облікова площа ділянки – 25 м², загальна – 40 м². У день сівби проводили інокуляцію посівного матеріалу біоінокулянтном компанії БТУ-ЦЕНТР Андеріс. Андеріс – біопрепарат для інокуляції насіння бобових культур. До складу препарату входять життєздатні клітини бульбочкових бактерій, які мають унікальну симбіотичну спорідненість до бобових культур (*Mesorhizobium ciceri*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Rhizobium leguminosarum* *bv. viceae*, *Rhizobium leguminosarum* *bv phaseoli*, *Sinorhizobium* *sp.*) та фосформобілізуєчий гриб *Penicillium bilaii*, титр – 2,5×10⁹ КУО/г. Та на відповідних варіантах

досліді орґано-мінеральним добривом Хелпрост Соя. Відповідне добриво містить у своєму складі у % макроелементи (P-2,9; K-3,5); мезоелементи (S-1,2; Mg-0,8); мікроелементи (Fe-0,12; Co-0,01; Mn-0,2; Mo-0,03); біологічно активні речовини: вітаміни-0,02; амінокислоти-1,0; пептиди-0,5; полісахариди-0,05. У досліді висівали сорти сої різних груп стиглості Сенсор та Онікс. Погодні умови місця вирощування сої, є визначальним фактором отримання високої її продуктивності. Аналіз погодних умов за роки проведення досліджень проводили на основі метеорологічних даних Вінницького обласного центру гідрометеорології. Гідротермічні умови за роки досліджень були в загальному досить сприятливими для росту і розвитку рослин, проте, в окремі роки спостерігались суттєві відхилення від багаторічних показників, що у свою чергу відобразилось на продуктивності посівів.

Результати дослідження та їх обговорення. За результатами досліджень, що проводилися виявлено, що на формування площі листової поверхні значний вплив мали дози мінеральних добрив та строки позакореневого підживлення орґано-мінеральним добривом Хелпрост Соя. (табл. 1).

1. Формування показника площі листкової поверхні рослин сортів сої в динаміці залежно від рівня удобрення та позакореневого підживлення органічно-мінеральним добривом, у середньому за 2020-2022 рр., тис. м²/га

Сорт	Рівень удобрення	Органо-мінеральне добриво	Фази росту та розвитку рослин				
			3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	наливання насіння	початок фізіологічної стиглості
Онїкс	без добрив	1	6,4	15,9	28,4	31,2	16,9
		2	8,4	17,1	30,0	32,4	18,1
		3	6,6	18,3	30,6	34,1	19,8
		4	8,3	19,6	31,8	35,2	21,2
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄	1	9,0	21,4	34,1	37,0	22,0
		2	10,5	23,6	35,9	38,4	23,2
		3	8,9	25,1	37,5	39,6	24,0
		4	10,9	26,7	38,3	40,9	25,8
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆	1	10,6	24,0	35,7	38,7	22,8
		2	12,9	26,3	38,8	41,2	24,5
		3	10,6	27,8	40,2	43,5	26,4
		4	13,2	29,6	43,1	45,2	27,3
Сенсор	без добрив	1	7,1	18,1	29,3	31,4	17,2
		2	9,0	19,5	31,2	33,5	18,3
		3	6,9	20,4	32,1	34,9	20,5
		4	9,3	21,9	33,2	36,0	21,7
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄	1	10,2	24,3	35,8	38,3	23,3
		2	12,4	26,2	37,9	40,7	24,7
		3	10,0	27,4	39,1	41,5	26,0
		4	12,5	29,3	40,7	42,9	27,8
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆	1	12,1	27,5	37,6	39,9	24,1
		2	14,4	30,3	41,2	42,7	26,0
		3	12,2	31,6	42,9	44,1	27,8
		4	15,0	33,8	45,5	47,0	29,0
V, %			25,2	20,7	13,5	12,0	15,6
Sx%			5,3	4,3	2,8	2,5	3,3

Примітка: 1. Без позакореневого підживлення; 2. Позакоренево підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок Хелпрост Соя (2 л/га) 3. Позакоренево підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га) 4. Позакоренево підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок + позакоренево підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га)

Аналізуючи дані за роки проведення досліджень (2020 – 2022 рр.), найменший показник площі листкової поверхні відмічено на контролі 31,2 тис. м²/га у сорту Онїкс та 31,4 тис.м²/га – у сорту Сенсор. Зменшення темпів наростання листкової поверхні відбувається

внаслідок припинення вегетативного росту у період початку генеративної фази росту коли формуються боби та починає наливатись насіння. Фактори, що вивчалися у досліді по вирощуванню сої призводили до подовження наростання показника площа листкової поверхні.

Циганська О. І., Шевчук О. В.

Максимальний показник площі листової поверхні було відмічено у фазу наливання насіння по всім варіантам дослідів в середньому за 2020 – 2022 роки проведення досліджень. Вплив мінерального удобрення заслуговує прискіпливої уваги завдяки інтенсивному впливу на показник площі листової поверхні. Згідно із даними таблиці 1 можна відмітити тенденцію регулюючої та листкозберігаючої ролі яку виконують мінеральні добрива. Мінеральних добрива здатні здійснювати регулюючу роль через активний вплив як на ростові процеси, що відносяться до листового апарату рослин, так і на ріст інших органів та підвищення загальної ваги рослин завдяки застосуванню добрив. Удобрення азотно-фосфорно-калійними мінеральними добривами у дозі $N_{20}P_{40}K_{40}$ сприяло збільшенню показника площі листової поверхні на 19,2 – 22,6 % або 5,9 – 7,0 тис. $m^2/га$ порівнюючи із контрольним варіантом у залежності від сорту, а за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$ показник площі листової поверхні було на 24,7 – 27,9 % або на 7,6 – 8,7 тис. $m^2/га$ більшим за контроль. Так, у сорту Онікс на контролі показник площі листової поверхні у фазу наливу насіння становив 31,2 тис. $m^2/га$, а при внесенні $N_{20}P_{40}K_{40}$ та $N_{30}P_{60}K_{60}$ показник був, відповідно, 37,0 і 38,7 тис. $m^2/га$. Рослини сорту Сенсор

сформували показник площі листової поверхні 31,4 тис. $m^2/га$ на контролі і 38,3 та 39,9 тис. $m^2/га$ при внесенні $N_{20}P_{40}K_{40}$ та $N_{30}P_{60}K_{60}$.

Не лише мінеральні добрива позитивно впливали на формування листової поверхні також, такий вплив мало і позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя. У фазу наливу насіння на варіантах дослідів позакореневим підживленням двічі препаратом Хелпрост Соя показник площі листової поверхні був більшим порівнюючи із варіантами без використання органо-мінерального добрива на 3,7 – 6,6 % у сорту Онікс та 6,4 – 7,2 % у сорту Сенсор. Разом із тим використання позакореневого підживлення Хелпростом Соя у фазу бутонізації забезпечило зростання площі листової поверхні на 7,2 – 12,7 % у сорту Онікс та, відповідно, 8,6 – 13,3 % у сорту Сенсор. Та результати наших досліджень вказують на те, що максимально ефективним технологічним прийомом виявилось поєднання позакореневого підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок Хелпростом Соя із позакореневим підживленням цим же органо-мінеральним добривом у фазу бутонізації. Такі умови вирощування сприяли збільшенню площі листя у порівнянні із варіантами без оброблення на 10,6 – 17,9 % у сорту Онікс та 12,3 – 18,2 % у сорту Сенсор. Варто відзначити що максимальне

Циганська О. І., Шевчук О. В.

зростання площі листя було зафіксоване при внесенні мінерального добрива у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$. Показник величини площі листової поверхні змінювався і під впливом погодних умов року дослідження, а особливо від забезпечення вологою. Отже, в результаті одержаних даних польових досліджень, встановлено тенденцію для формування максимальної площі листової поверхні як у середньораннього сорту сої Онікс – 45,2 тис. $m^2/га$, так і середньостиглого Сенсор – 47,0 тис. $m^2/га$ за умов внесення мінеральних добрив у дозі

$N_{30}P_{60}K_{60}$, при цьому підсилюючи процеси фотосинтезу за рахунок позакореневого підживлення органічно-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га) у фазу 3-ій трійчастий листок та у фазу бутонізації рослин сої.

Фотосинтетичний потенціал посівів сої зростав в динаміці впродовж всього періоду вегетації і на пряму був залежний від доз мінеральних добрив, позакореневого підживлення органічно-мінеральним добривом та погодних умов року (табл. 2).

2. Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу сортів сої залежно від рівня удобрення та позакореневого підживлення органічно-мінеральним добривом, у середньому за 2020–2022 рр., млн $m^2 \times діб/га$

Сорт	Рівень удобрення	Органо-мінеральне добриво	Фази росту та розвитку рослин					
			Повні сходи – 3-й трійчастий листок	Повні сходи – початок цвітіння	Повні сходи – кінець цвітіння	Повні сходи – наливання насіння	Повні сходи – фізіологічна стиглість	
Онікс	без добрив	1	0,112	0,329	0,909	1,694	2,138	
		2	0,149	0,389	1,007	1,831	2,297	
		3	0,115	0,363	1,006	1,861	2,360	
		4	0,147	0,419	1,096	1,982	2,504	
	$N_{20}P_{40}K_4$	1	0,150	0,446	1,176	2,118	2,665	
		2	0,177	0,504	1,289	2,275	2,848	
		3	0,148	0,489	1,316	2,338	2,930	
		4	0,184	0,552	1,411	2,463	3,084	
	$N_{30}P_{60}K_6$	1	0,168	0,511	1,299	2,273	2,856	
		2	0,206	0,589	1,451	2,502	3,126	
		3	0,168	0,559	1,460	2,588	3,223	
		4	0,212	0,638	1,602	2,767	3,458	
Сенсор	без добрив	1	0,137	0,368	0,991	1,841	2,216	
		2	0,178	0,429	1,096	2,003	2,404	
		3	0,133	0,392	1,084	2,023	2,451	
		4	0,182	0,464	1,191	2,163	2,609	
	$N_{20}P_{40}K_4$	1	0,180	0,537	1,330	2,372	2,844	
		2	0,221	0,613	1,461	2,567	3,069	
		3	0,177	0,577	1,458	2,593	3,110	
		4	0,223	0,658	1,584	2,761	3,304	
	N_{30}	3	1	0,201	0,592	1,400	2,427	2,994

Циганська О. І., Шевчук О. В.

	2	0,241	0,678	1,567	2,608	3,290
	3	0,202	0,646	1,575	2,743	3,390
	4	0,251	0,735	1,723	2,951	3,628
V, %		21,2	21,7	18,9	14,9	14,7
Sx%, %		4,3	4,4	3,9	3,0	3,0

Примітка: 1. Без позакореневого підживлення; 2. Позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок Хелпрост Соя (2 л/га) 3. Позакореневе підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га) 4. Позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок + позакореневе підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га)

За результатами проведених нами обліків та розрахунків виявлено, що максимальний показник фотосинтетичного потенціалу посівів сої по варіантах дослідів формувався в умовах 2020 року, і становив у сорту Онікс 2,287 – 3,851 млн м²×діб/га та у сорту Сенсор 2,405 – 3,936 млн м²×діб/га. Мінімальний показник фотосинтетичного потенціалу посівів було зафіксовано за умов 2022 року і становив, відповідно, 1,974 – 3,111 і 2,048 – 3,44 млн м²×діб/га. За період від повних сходів до фізіологічної стиглості насіння в середньому за роки проведення досліджень застосування добрив у дозі N₂₀P₄₀K₄₀ призвело до зростання показника фотосинтетичного потенціалу посівів сої на 0,529 млн м²×діб/га, або на 24,7 % у сорту Онікс та 0,630 млн м²×діб/га або на 28,4 % у сорту Сенсор. Кращий результат було одержано при внесенні мінеральних добрив у дозі N₃₀P₆₀K₆₀, при цьому показник фотосинтетичного потенціалу посівів зростав, відповідно на 0,720 млн м²×діб/га, або на 33,7 % у сорту Онікс та на 0,780 млн м²×діб/га, або на 35,2 % у сорту Сенсор. Також, за

результатами проведених досліджень було встановлено що разом із мінеральними добривами позитивно впливало на формування фотосинтетичного потенціалу посівів позакореневе підживлення у різні фази вегетації посівів сої. Таким чином, позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га) у фазу 3-ій трійчастий листок забезпечило збільшення показника фотосинтетичного потенціалу на 0,160 – 0,272 млн м²×діб/га, або на 6,8 – 9,5 % у сорту Онікс та 0,189 – 0,297 млн м²×діб/га, або на 8,1 – 9,8 % у сорту Сенсор. Позакореневе підживлення Хелпрост Соя (2,0 л/га) у фазу бутонізації посприяло підвищенню фотосинтетичного потенціалу, відповідно, на 0,223 – 0,368 млн м²×діб/га, або на 10,4 – 12,9 % і 0,236 – 0,397, або на 9,4 – 13,3 % у залежності від рівня мінерального удобрення. Найкращі результати в досліді показали варіанти із поєднанням цих технологічних прийомів, що забезпечило максимальне зростання показника фотосинтетичний потенціал посіву, відповідно, на

Циганська О. І., Шевчук О. В.

0,367 – 0,603 млн м²×діб/га, або 15,8 – 21,1 % у сорту Онікс та на 0,394 – 0,635 млн м²×діб/га. або 16,2 – 21,3 % у сорту Сенсор. Варто відзначити, що при внесенні мінеральних добрив у дозі N₃₀P₆₀K₆₀ ефективність проведення позакореневого підживлення зростала, збільшуючи показник фотосинтетичного потенціалу посіву на 3,6 – 4,1 %. Необхідно зазначити, що незалежно від варіанту дослідження у сорту Онікс показник фотосинтетичного потенціалу посіву був менший у порівнянні із сортом Сенсор.

На основі спостережень за динамікою наростання сухої речовини сортів сої виявлено, що в період росту й розвитку рослин наростання сухої маси проходить у міру формування площі листкової поверхні, і сягає максимальних показників у фазі повної стиглості (табл. 3).

У процесі проведення досліджень виявлено тісний кореляційний зв'язок між площею листкової поверхні сортів сої та кількістю сухої речовини. Таким чином, у розрізі варіантів, за усередненими даними по досліді, тіснота зв'язку у фазі початку цвітіння становила $r = 0,983$ у сорту Онікс та $r = 0,992$ у сорту Сенсор, у фазі кінця цвітіння, відповідно, $r = 0,983$ і $r = 0,988$, наливання насіння – $r = 0,987$ і $r = 0,988$ і початку фізіологічної стиглості – $r = 0,976$ і r

$= 0,972$. Отже, зростання площі листкової поверхні в онтогенезі рослин сої обумовлювало зростання накопичення сухої речовини. Необхідно зазначити, що на величину накопичення сухої речовини суттєвий вплив мали мінеральні добрива та органо-мінеральне добриво. Так, у фазі фізіологічної стиглості насіння, внесення мінеральних добрив у дозі N₂₀P₄₀K₄₀ призвело до зростання виходу сухої речовини на 1,47 т/га у сорту Онікс та 1,63 т/га у сорту Сенсор. Кращі результати було одержано при внесенні мінерального добрива у дозі N₃₀P₆₀K₆₀. Це забезпечило прибавку до контрольного варіанту на рівні 2,1 і 2,3 т/га. Подібну тенденцію було відмічено і у результатах досліджень що проводилися науковцями в умовах Лісостепу Західного при цьому було встановлено, що при внесенні добрив посіви сої підвищували кількість утворення сухої речовини і за норми N₃₀P₆₀K₆₀ сорти формували найбільшу її кількість.

Разом із хорошою дією мінеральних добрив позитивну реакцію в інтенсивності акумуляції рослинами сої органічної речовини було відмічено при застосуванні органо-мінерального добрива для позакореневого підживлення. Таким чином, позакореневе підживлення препаратом Хелпрост Соя у фазу 3-ій трійчастий листок активізувало

Циганська О. І., Шевчук О. В.

ріст рослин, забезпечило накопичення більшої кількості вегетативної маси, і в наслідок цього зростання виходу сухої речовини з одиниці площі в середньому на 0,30

– 0,69 т/га на різних варіантах удобрення у середньоранньостиглого сорту Онікс та, відповідно, 0,42 – 0,84 т/га у середньостиглого сорту Сенсор.

3. Наростання сухої речовини сортів сої у динаміці залежно від доз мінеральних добрив та строків позакореневого підживлення органічно-мінеральним добривом, у середньому за 2020–2022 рр., т/га

Сорт	Дози добрив	Органо-мінеральне добриво	Фази росту та розвитку рослин			
			Повні сходи – початок цвітіння	Початок цвітіння – кінець цвітіння	Кінець цвітіння – наливання насіння	Наливання насіння – фізіологічна стиглість
Онікс	без добрив	1	0,54	0,86	1,41	1,52
		2	0,64	1,05	1,67	1,81
		3	0,72	1,21	1,86	2,02
		4	0,82	1,36	2,06	2,23
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄ 0	1	1,18	1,84	2,82	2,98
		2	1,39	2,20	3,32	3,50
		3	1,56	2,45	3,76	3,97
		4	1,73	2,71	4,12	4,35
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆ 0	1	1,49	2,26	3,34	3,52
		2	1,70	2,65	3,98	4,20
		3	1,91	2,95	4,41	4,66
		4	2,08	3,22	4,85	5,11
Сенсор	без добрив	1	0,67	1,05	1,68	1,83
		2	0,84	1,33	2,07	2,24
		3	0,94	1,51	2,32	2,51
		4	1,04	1,66	2,53	2,74
	N ₂₀ P ₄₀ K ₄ 0	1	1,43	2,19	3,25	3,45
		2	1,69	2,61	3,86	4,09
		3	1,81	2,81	4,30	4,56
		4	2,00	3,10	4,70	4,96
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆ 0	1	1,78	2,65	3,81	4,03
		2	2,09	3,16	4,62	4,86
		3	2,28	3,47	5,13	5,39
		4	2,50	3,81	5,62	5,88
НІР _{0,5} , т/га			A = 0,58, B = 0,48, C = 0,65, D = 0,58, AB = 0,80, AC = 1,13, AD = 0,98, BC = 0,94, BD = 0,82, CD = 1,13, ABC = 1,60, ABD = 1,41, ACD = 1,98, BCD = 1,62, ABCD = 2,78			

Примітка: 1. Без позакореневого підживлення; 2. Позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок Хелпрост Соя (2 л/га) 3. Позакореневе підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га) 4. Позакореневе підживлення у фазу 3-ій трійчастий листок + позакореневе підживлення у фазу бутонізації Хелпрост Соя (2 л/га) (Фактор А – рік, В – сорт, С – позакореневе підживлення, D – мінеральні добрива).

Циганська О. І., Шевчук О. В.

Дещо кращі показники прибавки приросту сухої речовини було зафіксовано на варіантах де застосовувалося позакореневе листкове підживлення рослин у фазу бутонізації, при цьому прибавка становила, відповідно, 0,6 – 1,15 і 0,67 – 1,37 т/га. Варто відзначити, що найефективнішим технологічним прийомом виявилось комплексне поєднання позакореневого підживлення Хелпростом Соя у фазу 3-ї трійчастий листок із позакореневим підживленням у фазу бутонізації цим самим органо-мінеральним добривом. На таких варіантах досліду було зафіксовано максимальний приріст сухої речовини на одиницю площі. При цьому, максимальний показник наростання сухої речовини сортів сої був 5,11 т/га у сорту Онікс та 5,88 т/га у сорту Сенсор. Як вже зрозуміло з представленої таблиці, найкращі умови для максимальної реалізації потенціалу органо-мінерального добрива, а як наслідок і найбільша прибавка сухої речовини на відповідних варіантах формувались на фоні внесення мінерального добрива у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$.

Висновки і перспективи.

Отже, позакореневе підживлення у фазу третій трійчастий листок органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га) у поєднанні із позакореневим підживленням цим же препаратом у фазу бутонізації на

фоні внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$ сприяло формуванню найкращих у досліді показників фотосинтетичного потенціалу і для сорту Онікс 3,458 млн $m^2 \times$ діб/га і для сорту Сенсор 3,628 млн $m^2 \times$ діб/га. В результаті одержаних даних польових досліджень, встановлено тенденцію для формування максимальної площі листкової поверхні як у середньораннього сорту сої Онікс – 45,2 тис. m^2 /га, так і середньостиглого Сенсор – 47,0 тис. m^2 /га за умов внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$, при цьому підсилюючи процеси фотосинтезу за рахунок позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га) у фазу 3-ї трійчастий листок та у фазу бутонізації рослин сої.

Кращі показники прибавки приросту сухої речовини було зафіксовано на варіантах де застосовувалося позакореневе листкове підживлення рослин у фазу бутонізації, при цьому прибавка становила, відповідно, 0,6 – 1,15 і 0,67 – 1,37 т/га. Варто відзначити, що найефективнішим технологічним прийомом виявилось комплексне поєднання позакореневого підживлення Хелпростом Соя у фазу 3-ї трійчастий листок із позакореневим підживленням у фазу бутонізації цим самим органо-мінеральним добривом. На таких варіантах досліду було зафіксовано

Циганська О. І., Шевчук О. В.

максимальний приріст сухої речовини на одиницю площі. При цьому, максимальний показник наростання сухої речовини сортів сої був 5,11 т/га у сорту Онікс та 5,88 т/га у сорту Сенсор. За умов Лісостепу Правобережного на сірих лісових ґрунтах внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$ та поєднання позакореневого підживлення органічно-мінеральним

Список використаних джерел

1. Дідур І.М., Шевчук В.В. Вміст та співвідношення фотосинтетичних пігментів у прилистках гороху озимого за використання різних технологій вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 2 (25). С. 24-32.

2. Дідур І.М. Динаміка формування площі листової поверхні гороху залежно від сортових особливостей, вапнування ґрунту та системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 1 (24). С. 204-216.

3. Дідур І.М., Мостовенко В.В. Фотосинтетична активність гороху овочевого залежно від сортових особливостей, вапнування ґрунту та системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 4 (19). С. 42-50.

4. Дідур І.М. Вплив передпосівної обробки насіння та позакорневих підживлень на динаміку формування площі листової поверхні рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 4 (27). С. 5-14.

5. Дідур І.М., Циганський В.І. Формування фотосинтетичної продуктивності посівів сої за біологізованої системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 3 (3). С. 44-56.

6. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант. 2013. 378 с.

7. Заболотний Г. М., Циганська О. І. Роль мінерального живлення у формуванні

добривом Хелпрост Соя (2,0 л/га) у фазу 3-ій трійчастий листок із позакореневим підживленням у фазу бутонізації цим же препаратом забезпечило створення найкращих умов в межах дослідів для максимальної реалізації фотосинтетичної продуктивності як середньоранньостиглого сорту Онікс так і середньостиглого сорту Сенсор.

фотосинтетичного потенціалу сої в умовах Лісостепу правобережного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. 58 (2). С. 56-62.

8. Заболотний Г.М., Циганська О.І., Циганський В.І. Фотосинтетична продуктивність сої залежно від рівня удобрення та застосування комплексу мікроелементів. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 5 (75).

9. Мазур В.А., Ткачук О.П., Панцирева Г.В., Алексєєв О.О. Сортові ресурси зернобобових культур в Україні: сучасний стан і перспективи використання: монографія. Вінниця: Твори, 2022. 196 с.

10. Циганська О.І., Циганський В.І. Вплив системи удобрення на проходження фаз росту і розвитку сортів сої та на коефіцієнт збереження рослин. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 2 (13). С. 119-133.

11. Циганська О.І., Циганський В.І. Вплив мінеральних добрив та способів використання комплексу мікроелементів на висоту рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (15). С. 83-93.

12. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I., Malynka L.V., Butenko A.O., Klochkova T.I. The effect of fertilizer system on soybean productivity in the conditions of right bank forest-steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9. № 1. P. 76-80.

13. Didur I., Tsyhanskyi V., Tsyhanska O. Influence of biologisation of the nutrition system on the transformation of biological nitrogen and formation of soybean productivity. *Plant and Soil Science*. 2023. 14(4). 86-97.

Циганська О. І., Шевчук О. В.

14. Mazur V.A., Myalkovsky R.O., Mazur K.V., Pansyryeva H.V., Alekseev O.O. Influence of the photosynthetic productivity and seed productivity of white lupine plants. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9 (4). P. 665-670.

References

1. Didur I.M., Shevchuk V.V. (2022). The content and totality of photosynthetic pigments in the stipules of winter pea for the use of different growing technologies. *Agriculture and forestry*. 2 (25), 24-32.

2. Didur I.M. (2022). The dynamics of the formation of the leaf surface area of peas depending on varietal characteristics, soil liming and nutrition system. *Agriculture and forestry*. № 1 (24). S. 204-216.

3. Didur I.M., Mostovenko V.V. (2020). Photosynthetic activity of green peas depending on varietal characteristics, liming of the soil and nutrition system. *Agriculture and forestry*. № 4 (19), 42-50.

4. Didur I.M. (2022). The effect of pre-sowing seed treatment and foliar fertilization on the dynamics of formation of the leaf surface area of soybean plants. *Agriculture and forestry*. № 4 (27), 5-14.

5. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I. (2023). Formation of photosynthetic productivity of soybean crops under biologized nutrition system. *Agriculture and forestry*. № 3 (3), 44-56.

6. Ushkarenko V.O., Vozhehova R.A., Holoborodko S.P., Kokovikhin S.V. (2013). Statistical analysis of field experiment results in farming. Kherson. 378.

7. Zabolotnyi, H. M., Tsyhanska, O. I. (2015). The role of mineral nutrition in the formation of the photosynthetic potential of soyabean in the conditions of the forest-steppe of the right-bank. *Foothill and mountain agriculture and livestock breeding*. 58 (2), 56 –

62.

8. Zabolotnyi H.M., Tsyhanska O.I., Tsyhanskyi V.I. (2018). Photosynthetic productivity of soybeans depending on the level of fertilization and the application of a complex of microelements. *Scientific reports NUBiP of Ukraine*. № 5 (75).

9. Mazur V.A., Tkachuk O.P., Pansyryeva H.V., Aliksieiev O.O. (2022). Varietal resources of grain and leguminous crops in Ukraine: current state and prospects of use: monograph. Vinnytsia: Tvory, 196.

10. Tsyhanska O.I., Tsyhanskyi V.I. (2019). The influence of the fertilization system on the passage of growth and development phases of soybean varieties and on the coefficient of plant preservation. *Agriculture and forestry*. № 2 (13), 119-133.

11. Tsyhanska O.I., Tsyhanskyi V.I. (2019). The effect of mineral fertilizers and methods of using a complex of trace elements on the height of soybean plants. *Agriculture and forestry*. № 4 (15), 83-93.

12. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I., Malynka L.V., Butenko A.O., Klochkova T.I. (2019). The effect of fertilizer system on soybean productivity in the conditions of right bank forest-steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. Vol. 9. № 1, 76-80.

13. Didur I., Tsyhanskyi V., Tsyhanska O. (2023). Influence of biologisation of the nutrition system on the transformation of biological nitrogen and formation of soybean productivity. *Plant and Soil Science*. 14(4), 86-97.

14. Mazur V.A., Myalkovsky R.O., Mazur K.V., Pansyryeva H.V., Alekseev O.O. (2019). Influence of the photosynthetic productivity and seed productivity of white lupine plants. *Ukrainian Journal of Ecology*. Vol. 9 (4), 665-670.

THE FORMATION OF THE PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL OF SOYBEAN VARIETIES DEPENDS ON THE DOSES OF MINERAL FERTILIZERS AND FOLIAR NUTRITION WITH ORGANO-MINERAL FERTILIZER

O. I. Tsyhanska, O. V. Shevchuk

Abstract. *The main key to the formation of the maximum yield of agricultural*

Циганська О. І., Шевчук О. В.

crops in general, and of soybeans in particular, is the index of the leaf surface area. Providing plants with a full range of mineral nutrition elements and foliar fertilizing with organo-mineral fertilizer significantly affect the indicator of the size of the assimilation surface and the intensity of its growth. Foliar fertilizing with organo-mineral fertilizers and applying mineral fertilizers in different doses according to research results is quite an effective way to ensure optimal nutrition of plants. The results of research on the study of the photosynthetic productivity of soybean varieties under the influence of different doses of mineral fertilizers and different periods of foliar fertilizing with organo-mineral fertilizer (foliar fertilizing in the phase of the 3rd trifoliolate leaf, foliar fertilizing in the phase of budding) in the conditions of the Right Bank Forest Steppe are presented. The peculiarities of the formation of the leaf surface area of soybean plants have been established. It was found that the dose of mineral fertilizers and the timing of foliar fertilizing with organo-mineral fertilizer Helprost Soybean (2.0 t/ha) had a significant impact on this indicator. The use of foliar fertilizing with Helprost Soybean in the budding phase ensured an increase in the leaf surface area by 7.2 - 12.7 % in the Onyx variety and, accordingly, by 8.6 - 13.3 % in the Sensor variety. Based on the results of research, it was found that the most effective technological technique was the combination of foliar feeding in the phase of the 3rd trifoliolate leaf with Helprost Soybean with foliar feeding with the same organo-mineral fertilizer in the budding phase. Such growing conditions contributed to an increase in the area of leaves in comparison with variants without treatment by 10.6-17.9 % in the Onyx variety and 12.3-18.2 % in the Sensor variety.

According to the results of the observations and calculations, it was found that the photosynthetic potential of soybean crops increased dynamically during the entire growing season and was directly dependent on the doses of mineral fertilizers, foliar fertilizing with organic-mineral fertilizers, and the weather conditions of the year. Together with mineral fertilizers, foliar feeding in different phases of the growing season of soybean crops had a positive effect on the formation of the photosynthetic potential of crops.

Keywords: *variety, leaf surface area, dry matter, photosynthesis, fertilization*

НАРОСТАННЯ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ ТА ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ РОСЛИН СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМИ ВИСІВУ І ШИРИНИ МІЖРЯДЬ

П. Р. АНДРУСИК, аспірант, <https://orcid.org/0000-0002-5219-106x>

О. А. ЦЮК, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0001-8789-522x>

E-mail: pavlo_and@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.009](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.009)

Анотація. *Невід'ємною умовою отримання високих урожаїв сої є наявність оптимальної площі листкової поверхні. Важливою умовою одержання оптимальної площі листків у рослин є формування певної густоти рослин на одиниці площі. Відомо, що оптимальною площею листкової поверхні, за якої формується висока врожайність насіння сої, вважається площа в межах 40–50 тис м²/га. Мета досліджень полягала у встановленні залежності формування площі листкової поверхні та фотосинтетичної діяльності рослин сої під впливом норми висіву та ширини міжрядь. Дослідження проводили протягом 2021–2023 рр. на дослідному полі ВСП «Заліщицький фаховий коледж ім. Є. Храпливого НУБіП України». У процесі досліджень використано такі методи: польовий, лабораторний, математично-статистичний з використанням загальноновизнаних методик і методичних рекомендацій. Дослід проведено на темно-сірому опідзоленому ґрунті. Дослід закладено за трифакторною схемою, де чинником А виступали сорти Діадема Поділля і Ментор, чинником В ширина міжряддя (15 см – контроль, 30 см і 45 см); чинником С – норма висіву (500 тис./га - контроль, 600 і 700 тис. шт. схожих насінин на 1 га. Попередник – пшениця озима.*

Проведені дослідження показали, що максимальну площу листкової поверхні мав сорт Ментор – 37,7-44,7 тис./м²/га досягала в період наливу насіння. У сорту Діадема Поділля площа листкової поверхні наростала повільніше й максимальних розмірів – 36,3-43,0 тис. м²/га досягала на період наливу насіння. Найбільша асиміляційна поверхня рослин сої, формувалась за норми висіву насіння 500-600 тис./га, у сорту Ментор, а у сорту Діадема Поділля за норми висіву насіння 600-700 тис./га. та за ширини міжрядь 30 і 45 см в обох сортах.

Встановлено, що фотосинтетичний потенціал сої сорту Діадема Поділля за період сходи – повна стиглість знаходився у межах 1,95 – 2,21 млн. м² діб/га, у сорту Ментор – 2,16-2,56 млн. м² діб/га.

Ключові слова: *площа листків, сорт, продуктивність фотосинтезу, соя, густина рослин*

Актуальність. Листовий апарат рослин відіграє вирішальну роль у формуванні продуктивності всіх без винятку агроценозів. Саме цей орган виконує функцію фотосинтезу, і саме тут відбувається процес формування органічної речовини. Деякі фахівці навіть пропонують робити прогноз урожайності за показниками листової поверхні (Domaratskyi, 2021). Важливим фактором отримання високого врожаю сільськогосподарських культур, є розвинений фотосинтетичний апарат, а тому він повинен характеризуватись високою продуктивністю в усі фази розвитку культури (Vozhehova, et al, 2020; Kalenska, et al, 2011).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Факторами, що значно обумовлюють зростання врожаю сої, є розмір листової поверхні та час її продуктивної дії (Kolisnyk, Venediktov, Fabiianskyi, 2009; Novokhatskyi, 2017; Polovyi, & Kulyk, 2016), оскільки у результаті фотосинтезу, що відбувається у листках, формується до 90-95 % сухої маси урожаю. Оптимальна площа листової поверхні для рослин сої повинна становити 40-50 тис. м²/га (Dumyrov, & Sabluk, (2022). Агроценози з площею листя на рівні 40 тис. м²/га поглинають 70-80 % сонячної радіації, зростання площі листової поверхні до 50 тис. м²/га збільшує відсоток використання ФАР до 95 %. Зменшення площі листя призводить до не раціонального

використання ФАР, за умов його збільшення (понад 60 тис. м² на 1 га) – у агроценозах порушується освітленість та газообмін, внаслідок чого продуктивність фотосинтезу знижується, а в результаті взаємозатінення частина листків нижнього ярусу обпадає (Bakhmat, 2012). Найвищі та високоякісні врожаї сільськогосподарських рослин отримують в агроценозах, що характеризуються оптимальними розмірами площі листової поверхні та ходом її формування (Bakhmat, 2012; Zabolotnyi, & Tsyhanska, 2015; Kaminskyi, & Mosondz, 2010). Інтенсивність наростання, площа і тривалість функціонування листової поверхні рослин залежать від генотипу сорту, ґрунтово-кліматичних умов та обґрунтованості технологій вирощування (Bakhmat, 2010; Lotysh, 2017). Саме тому, вивчення фотосинтетичної продуктивності сої за різних норм висіву та ширини міжрядь є актуальним питанням, що потребує наукового обґрунтування.

Мета досліджень полягала у встановленні залежності формування площі листової поверхні та фотосинтетичної діяльності рослин сої під впливом норми висіву та ширини міжрядь.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводились упродовж 2021-2023 років на дослідному полі ВСП «Заліщицький фаховий коледж ім. Є.

Андрусик П. Р., Цюк О. А.

Храпливого НУБіП України». Грунт дослідного поля темно-сірий опідзолений середньосуглинковий на лесі. Попередником була пшениця озима. Дослід трьохфакторний: чинник (А) сорт: Діадема Поділля (контроль) і Ментор; чинник (В) ширина міжряддя: 15 см контроль, 30 см, 45 см; чинник (С) норма висіву: 500 (контроль), 600 і 700 тис. шт. схожих насінин на 1 га. Технологія вирощування сої загальноприйнята для Західного Лісостепу. Розміщення ділянок систематичне. Площа посівних ділянок першого порядку 1124,2 м², другого – 385,6 м², третього – 120,0 м². Площа облікових ділянок третього порядку – 72 м². Повторність триразова. Попередник – пшениця озима. Упродовж вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин сої. Початок фази фіксували за настання її у 10-15 % рослин, повну фазу – у 79-75 % рослин.

Найбільш сприятливі умови зволоження складались упродовж вегетаційних періодів 2021 і 2023 рр. Зволоження 2022 року було достатнє на початку вегетації сої, у липні спостерігалася посуха. Гідротермічний коефіцієнт становив: у 2021 році – 3,4; у 2022 році – 1,7; у 2023 році – 2,6.

Оцінку фотосинтетичної діяльності проводили за наступними показниками: площа листкової

поверхні, чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), фотосинтетичний потенціал (ФП) визначали згідно з методикою, описаною А. А. Ничипоровичем.

Статистична обробка експериментального матеріалу проводилася дисперсійним та кореляційно-регресійним методом за схемою багатофакторного дослідження з використанням пакету прикладних програм ANOVA.

Результати досліджень та їх обговорення. Площа листя і фотосинтетична діяльність сої значно залежить від технологічних заходів її вирощування. Дослідження цього питання на сортах Діадема Поділля і Ментор показали, що розміри площі листкової поверхні сої, інтенсивність її наростання і відмирання варіантах дослідження були різними, з сортовими відмінностями. У сорту Ментор площа листя наростала інтенсивніше, ніж у сорту Діадема Поділля і максимальних розмірів – 37,7-44,7 тис. м²/га досягала в період наливу насіння (табл. 1).

У сорту Діадема Поділля площа листкової поверхні наростала повільніше й максимальних розмірів – 36,3-43,0 тис. м²/га досягала також у період наливу насіння. Наведені дані свідчать, що в цього сорту площа листя в цілому й особливо в період наливу насіння була меншою, ніж у сорту Ментор, а отже потенціал для його наливу був меншим.

1. Площа листкової поверхні сої залежно від норми висіву і ширини міжрядь, (2021-2023 рр.)

Сорт	Ширина міжряддя, см	Норма висіву, тис./га	Площа листкової поверхні, тис. м ² /га		
			цвітіння	формування бобів	налив зерна
Діадема Поділля	15	500	22,5	23,8	36,3
		600	23,3	24,7	37,4
		700	24,5	26,0	37,9
	300	500	24,3	25,7	39,3
		600	25,6	26,8	40,3
		700	26,4	27,4	41,8
	45	500	24,2	26,0	40,6
		600	25,4	27,1	43,0
		700	26,3	27,9	42,1
Ментор	15	500	30,0	33,7	39,0
		600	31,5	32,6	38,2
		700	32,2	33,0	37,7
	30	500	31,6	35,1	44,3
		600	34,1	36,6	42,9
		700	32,5	34,1	41,9
	45	500	30,7	33,7	44,7
		600	33,3	36,1	43,7
		700	31,9	34,7	42,0
НІР ₀₅ A			1,44	1,42	1,50
НІР ₀₅ B			F _φ <F ₀₅	1,72	1,82
НІР ₀₅ C			F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅

Найбільша асиміляційна поверхня рослин сої, формувалась за норми висіву насіння 500-600 тис./га, у сорту Ментор, а у сорту Діадема Поділля за норми висіву насіння 600-700 тис./га. та за ширини міжрядь 30 і 45 см в обох сортах.

Підвищення норми висіву від 500 до 700 тис./га за рахунок зростання кількості рослин, викликало збільшення фотосинтетичного апарату у фази цвітіння і формування бобів у середньому відповідно на 8,4 і 12,3 %. На період наливу насіння за міжряддя 45 см площа листкової поверхні на 1 га зростала у

середньому на 4,7 тис. м² (12,6 %) порівняно з шириною міжряддя 15 см.

Площа фотосинтетичної поверхні листків на 1 га мало залежала від ширини міжрядь рослин сої. Із збільшенням ширини міжрядь від 15 до 30 см вона на період наливу насіння зафіксовано більшою на 3,3 тис. м² у сорту Діадема Поділля, на 4,7 тис. м² у сорту Ментор.

Фотосинтетичний потенціал характеризується загальною площею листкової поверхні рослин упродовж вегетації на 1 га. Агроценози сої з фотосинтетичним потенціалом 2,2-3,0 млн. м² діб/га характеризуються як

Андрусик П. Р., Цюк О. А.

добрі (Furman, 2021; Chynchyk, & Olifirovych 2023).

Первинний процес, що утворює органічні речовини у рослин є фотосинтезу. Рослини у цьому процесі засвоюють із навколишнього середовища вуглець, що становить 42-45 % від маси сухих рослин, за рахунок цього і утворюються первинної продукти, що складаються – 90-95 % маси урожаю (Polishchuk, & Zhuravel, 2023).

Накопичення сухої маси урожаю 90-95 %, це проходить у процесі фотосинтезу, відбувається він у листках, то добовий приріст урожаю визначається розміром листя і продуктивністю фотосинтезу.

За розвитку рослин асиміляційна поверхня листка збільшується, але на період наливу бобів, коли розпочинається відтік поживних із листків у насіння, відмічається значне відмирання листя нижнього ярусу (табл. 2.).

2. Фотосинтетичний потенціал сої залежно від норми висіву та ширини міжрядь, млн. м² діб/га, (2021-2023 рр.)

Ширина міжрядь	Сорт					
	Діадема Поділля			Ментор		
	Норма висіву					
	500	600	700	500	600	700
15	1,95	1,98	1,96	2,18	2,17	2,16
30	2,12	2,14	2,16	2,56	2,44	2,34
45	2,16	2,21	2,19	2,54	2,44	2,27
НІР ₀₅ сорт – 0,15; НІР ₀₅ ширина міжрядь – 0,22; НІР ₀₅ норма висіву – F _φ <F ₀₅						

Упродовж років досліджень встановлено, що фотосинтетичний потенціал сої сорту Діадема Поділля за період сходи – повна стиглість відзначалася у межах 1,95 – 2,21 млн. м² діб/га, у сорту Ментор – 2,16-2,56 млн. м² діб/га. Встановлено, що по мірі розширення міжрядь даний показник збільшувався. Так, зростання фотосинтетичного потенціалу за збільшення міжрядь від 15 до 30 см сорту Діадема Поділля дорівнювало 9,1 %, за 45 см – 11,7 %, у сорту Ментор – відповідно 12,4 і 11,5 %. Даний показник зростав по мірі загушення агроценозу сої. Слід

констатувати, що характер зміни площі фотосинтетичної листової поверхні є підсумком процесів росту і відмирання листків визначалася умовами середовища, реакцією рослин на норми висіву і ширини міжряддя.

Рослини сої які знаходились у різних умов вирощування, листової поверхня наростала з різною інтенсивністю і досягала неоднакових розмірів. За різної тривалості вегетаційного періоду сої період функціонування листків виявився різним. Для накопичення сухої речовини агроценози сої з

Андрусик П. Р., Цюк О. А.

різною густиною мали неоднакові можливості.

Проведений кореляційний аналіз урожайності сої і показниками фотосинтетичної діяльності. Залежність урожайності сої від площі листової поверхні листка характеризується коефіцієнтом $r=0,58$, який класифікується як середній прямий зв'язок. Це доводить, що залежність урожайності від джерела варіації характеризується коефіцієнтом детермінації $r^2=0,34$ і означає, що урожайність насіння у проведених дослідженнях на 34% залежить від площі листової поверхні рослин сої. За формою залежності зв'язок прямолінійний і описується рівнянням регресії $Y=36,43+1,48X$. У результаті кореляційно-регресійного аналізу між урожайністю та фотосинтетичним потенціалом виявлено прямий сильний зв'язок $r=0,73\pm 0,17$, рівняння регресії $Y=1,660+0,189X$.

Збільшення густоти посіву стримує розвиток листового апарату

Список використаних джерел

1. Бахмат О. М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої: монографія. Кам'янець-Подільський : Зволейко Д. Г. 2012. 436 с.
2. Бахмат О. М. Фотосинтетична активність та врожайність сої залежно від сорту, способу сівби й удобрення. Вісник аграрної науки. Київ, 2010. № 7. С. 27–30.
3. Вожегова Р. А., Боровик В. О., Марченко Т. Ю., Рубцов Д. К. Вплив густоти рослин і доз добрив на фотосинтетичну діяльність і урожайність сої середньостиглого сорту Святогор в умовах

на початкових етапах росту і прискорює в кінці вегетаційного періоду відмирання. Це позначається на площі асиміляційного апарату агроценозу і продуктивності рослин (Ohortsov, et al, 2016).

За підвищеної густоти, розміри асиміляційної поверхні окремих рослин зменшуються непропорційно збільшенню їх кількості на площі, значення площі листової поверхні агроценозу зростає (Mikheieva, Rozhkov, Mikheiev, 2019).

Висновки. Найбільша асиміляційна поверхня рослин сої, формувалась за норми висіву насіння 500-600 тис./га, у сорту Ментор, а у сорту Діадема Поділля за норми висіву насіння 600-700 тис./га. та за ширини міжрядь 30 і 45 см в обох сортах. За підвищення норми висіву від 500 до 700 тис./га за рахунок збільшення кількості рослин, викликало зростання фотосинтетичного апарату у фазу цвітіння і формування бобів відповідно на 8,4 і 12,3%.

зрошення. Вісник аграрної науки. 2020. Т. 20. Вип. 4. С. 62-68.

4. Димитров С. Г., Саблук В. Т. Формування площі листової поверхні рослин сільськогосподарських культур залежно від маси кореневої системи за її мікоризації. Біоенергетика. 2022. № 1-2. С. 29-31.

5. Домарацький Є. О. Формування листової поверхні та фотосинтетичної діяльності рослин соняшника залежно від добрив і ріст регулюючих препаратів. Аграрні інновації. 2021. 5. С. 22-29. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.4>

Андрусик П. Р., Цюк О. А.

6. Заболотний Г. М., Циганська О. І. Роль мінерального живлення у формуванні фотосинтетичного потенціалу сої в умовах Лісостепу правобережного. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. Оброшине, 2015. № 58 (2). С. 56–62.

7. Каленська С. М., Новицька Н. В., Андрієць Д. В., Холодченко Р. М. Фотосинтетична діяльність посівів сої на чорноземах типових. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ, 2011. Вип. 162. Ч. 1. С. 82–89.

8. Камінський В. Ф., Мосьондз Н. П. Формування продуктивності сої залежно від агротехнічних заходів в умовах північного Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2010. № 67. С. 45–50.

9. Колісник С. І., Венедітков О. М., Фабіянський Д. О. Особливості формування фотосинтетичної та насінневої продуктивності ранньостиглих сортів сої в умовах правобережного Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2009. № 64. С. 55–61.

10. Лотиш І. І. Формування площі листової поверхні посівів сої залежно від сорту, способу сівби та норми висіву в умовах недостатнього зволоження Лісостепу. Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава, 2017. № 1-2. С. 167–171.

11. Міхеєва О. О., Рожков А. О., Міхеєв В. Г. Динаміка наростання площі листової поверхні рослин сої залежно від норм висіву і способів сівби. Біоресурси і природокористування. 2019. 11(1-2). С. 77-88.

12. 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.

13. Огорцов Є. М., Міхеєв В. Г., Белінський Ю. В., Клименко І. В. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України : монографія. Харків, 2016. 272 с.

14. Поліщук В. О., Журавель С. В. Формування фотосинтетичного потенціалу картоплі залежно від впливу систем удобрення і позакореневого підживлення . Аграрні інновації. 2023. №21. С. 70-75.

15. Польовий В. М., Кулик С. М. Формування фотосинтетичного апарату сої залежно від удобрення та післядії вапнування. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Умань, 2016. Вип. 88. Частина 1. С. 60–67.

16. Фурман О. В. Формування фотосинтетичної та насінневої продуктивності сої під впливом інокуляції та мінеральних добрив в умовах Лісостепу правобережного України. Colloquium-journal. Warszawa, 2021. № 16 (103). Ч 2. С. 30-33.

17. Чинчик О. С., Оліфірович С. Й. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від впливу елементів технології вирощування. Подільський вісник : сільське господарство, техніка, економіка. 2023. №38. С. 55-63.

Reference

1. Bakhmat O. M. (2012). Modeling of adaptive soybean cultivation technology: monohrafiia. Kamianets-Podilskyi. Zvoleiko D. H. 436. (in Ukrainian)

2. Bakhmat O. M. (2010). Photosynthetic activity and yield of soybean depending on the variety, method of sowing and fertilization. Visnyk ahrarnoi nauky. Kyiv, 7. 27–30. (in Ukrainian)

3. Vozhehova R. A., Borovyk V. O., Marchenko T. Yu., Rubtsov D. K. (2020). The effect of plant density and fertilizer doses on photosynthetic activity and productivity of medium-ripening soybean variety Svyatohor under irrigation conditions. Visnyk ahrarnoi nauky. 2020. T. 20. Vyp. 4. S. 62-68. (in Ukrainian)

4. Dymyrov S. H., Sabluk V. T. (2022) Formation of the leaf surface area of agricultural crops depending on the mass of the root system according to its mycorrhization. Bioenerhetyka. № 1-2. S. 29-31. (in Ukrainian)

5. Domaratskyi Ye. O. (2021). Formation of the leaf surface and photosynthetic activity of sunflower plants depending on fertilizers and growth regulating

Андрусик П. Р., Цюк О. А.

drugs. Ahrarni innovatsii. 5. 22-29. (in Ukrainian)

6. Zabolotnyi H. M., Tsyhanska O. I. (2015). The role of mineral nutrition in the formation of the photosynthetic potential of soybeans in the conditions of the right-bank forest-steppe. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo. Obroshyne*, 58 (2). 56–62. (in Ukrainian)

7. Kalenska S. M., Novytska N. V., Andriiets D. V., Kholodchenko R. M. (2011). Photosynthetic activity of soybean crops on typical chernozems. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Kyiv*, 162. Ch. 1. 82–89. (in Ukrainian)

8. Kaminskyi V. F., Mosondz N. P. (2010). Formation of soybean productivity depending on agrotechnical measures in the conditions of the Northern Forest Steppe of Ukraine. *Kormy i kormovyrobnytstvo. Vinnytsia*, 67. 45–50. (in Ukrainian)

9. Kolisnyk S. I., Venediktov O. M., Fabianskyi D. O. (2009). Peculiarities of the formation of photosynthetic and seed productivity of early ripening soybean varieties in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Kormy i kormovyrobnytstvo. Vinnytsia*, 64. 55–61. (in Ukrainian)

10. Lotysh I. I. (2017). The formation of the leaf surface area of soybean crops depending on the variety, sowing method and sowing rate in conditions of insufficient moisture in the Forest Steppe. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii. Poltava*, 1-2. 167–171. (in Ukrainian)

11. Mikhieieva O. O., Rozhkov A. O., Mikhieiev V. H. (2019). The dynamics of the growth of the leaf surface area of soybean plants depending on the sowing rates and sowing methods. *Bioresursy i*

pryrodokorystuvannya. 11(1-2). S. 77-88. (in Ukrainian)

12. Novokhatskyi M. L. (2017). Optimizing the conditions of photosynthesis of soybean agrocenoses and the use of its products by plants. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoi tekhniky i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy. Doslidnytske*, 21. 258–267. (in Ukrainian)

13. Ohortsov Ye. M., Mikhieiev V. H., Belinskyi Yu. V., Klymenko I. V. (2016). Adaptive soybean cultivation technology in the Eastern Forest Steppe of Ukraine. *monohrafiia. Kharkiv*, 272. (in Ukrainian)

14. Polishchuk V. O., Zhuravel S. V. (2023). Formation of the photosynthetic potential of potatoes depending on the influence of fertilization systems and foliar fertilization. *Ahrarni innovatsii*. 21. 70-75. (in Ukrainian)

15. Polovyi V. M., Kulyk S. M. (2016). The formation of the photosynthetic apparatus of soybean depending on fertilization and the aftereffect of liming. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. Uman*, 88. 1. 60–67. (in Ukrainian)

16. Furman O. V. (2021). The formation of photosynthetic and seed productivity of soybean under the influence of inoculation and mineral fertilizers in the conditions of the forest-steppe of the right bank of Ukraine. *Colloquium-journal. Warszawa*, 16 (103). Ch 2. 30-33. (in Ukrainian)

17. Chynchyk O. S., Olifirovych S. Y. (2023). Photosynthetic productivity of soybean crops depending on the influence of elements of cultivation technology. *Podilskyi visnyk : silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*. 38. 55-63. (in Ukrainian)

INCREASE IN LEAF SURFACE AND PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF SOYBEAN PLANTS DEPENDS ON SOWING RATE AND ROW WIDTH

P. R. Andrusyk, O. A. Tsyuk

Abstract. *An essential condition for obtaining high soybean yields is the presence of an optimal leaf surface area. An important condition for obtaining the optimal leaf area in plants is the formation of a certain density of plants per unit area. It is known that the optimal area of the leaf surface, for which a high yield of soybean seeds is formed, is considered to be an area within the range of 40–50 thousand m²/ha. The*

Андрусик П. Р., Цюк О. А.

purpose of the research was the determined dependence of the formation of the leaf surface area and the photosynthetic activity of soybean plants under the influence of the sowing rate and the width of the rows. The research was conducted during 2021–2023 at the experimental field of the VSP "Zalischytskyi Vocational College named after E. Khraplyvyh NUBiP of Ukraine". The following methods were used in the research process: field, laboratory, mathematical and statistical using generally recognized methods and methodical recommendations. The experiment was conducted on dark gray podsolized soil. The experiment was based on a three-factor scheme, where Diadema Podillia and Mentor varieties were factor A, and row width was factor B (15 cm – control, 30 cm and 45 cm); factor C is the sowing rate (500 thousand/ha – control, 600 and 700 thousand pieces of similar seeds per 1 ha. The predecessor is winter wheat.

The conducted studies showed that the maximum leaf surface area was the Mentor variety - it reached 37,7-44,7 thousand/m²/ha during the seeding period. In the variety Diadema Podillia, the area of the leaf surface grew more slowly and reached the maximum size – 36,3-43,0 thousand m²/ha during the seeding period. The largest assimilation surface of soybean plants was formed at seed sowing rates of 500-600 thousand/ha in the Mentor variety, and in the Diadema Podillia variety at seed sowing rates of 600-700 thousand/ha. and for row widths of 30 and 45 cm in both varieties.

It was established that the photosynthetic potential of Diadema Podillia soybean during the period of germination - full maturity was within the range of 1,95-2,21 million m² days/ha, in the Mentor variety – 2,16-2,56 million m² days/ha.

Key words: leaf area, variety, photosynthesis productivity, soybean, plant density

РІД *AEGILOPS* ЯК ДЖЕРЕЛО ОЗНАК СТІЙКОСТІ ПРОТИ ОСНОВНИХ ЗБУДНИКІВ ЛИСТКОВИХ ХВОРОБ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

І. В. ШПАКОВИЧ, аспірант, <https://orcid.org/0000-0003-2595-4620>

E-mail: i.shpakovich@nubip.edu.ua

Г. М. КОВАЛИШИНА, доктор сільськогосподарських наук, професор?

<https://orsid.org/0000-0002-2715-7679>

E-mail: hkovalyshyna@gmail.com

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.010](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.010)

Анотація. У статті наведено результати досліджень зі стійкості проти збудників листкових хвороб окремих видів роду *Aegilops* та амфідиплоїдів, батьківськими формами яких є роди *Aegilops* та *Triticum*. Проведено порівняння рослин роду *Aegilops* та виду *Triticum aestivum* за стійкістю проти ураження збудниками борошнистої роси, септоріозу листя та бурої іржі. Дослідження проведено в 2021/2022–2022/2023 вегетаційних роках у колекційному розсаднику ННЦ «Інститут землеробства НААН України». Оцінку стійкості проводили за загальноприйнятими методиками з розрахунками коефіцієнту ступтевості відхилення показників стійкості. У результаті виявлено, що деякі види та амфідиплоїди проявили вищу стійкість порівняно з *T. aestivum*, що свідчить про потенціал роду *Aegilops* у покращенні генетичного різноманіття та стійкості пшениці м'якої проти уражень збудниками борошнистої роси, септоріозу листя та бурої іржі. Окремі види і амфідиплоїди визначено як перспективні джерела стійкості проти збудників досліджуваних хвороб, що може сприяти їх використанню у селекційних програмах для покращення урожайності та зменшення втрат від уражень збудниками листкових хвороб. Висновки дослідження відкривають нові можливості для селекційних програм у сільському господарстві та сприяють подальшим дослідженням у цьому напрямку.

Ключові слова: пшениця, висота рослин, куцистість, ураження, септоріоз листя, борошниста роса, бура іржа, коефіцієнт ступтевості відхилення

Актуальність. Використання роду *Aegilops*, як джерела ознак для підвищення адаптивних властивостей пшениці м'якої озимої, є актуальним і важливим напрямом досліджень у селекції рослин. За даними Р. Богуславського та О. Голик (2004), рід *Aegilops* є близьким родичем

пшениці і містить цінні гени для підвищення показників врожайності, стійкості до стресових умов навколишнього середовища та збудників хвороб, а також для адаптації до зміни клімату.

Шпакович І. В., Ковалишина Г. М.

Основні аспекти актуальності використання в селекції роду *Aegilops*:

1. Генетичне різноманіття: *Aegilops* володіє широким спектром генетичного різноманіття (Terrell & Peterson, 1993; Zohary et al., 1962), що може бути використане для введення нових ознак у пшеницю таких як: стійкість проти хвороб, толерантність до стресів та покращення якості.

2. Стійкість проти хвороб і шкідників: деякі види *Aegilops* мають природну стійкість проти різних хвороб та шкідників (Моргун & Топчій, 2018), що може бути передано пшениці через гібридизацію (Gorash et al., 2014).

3. Стійкість до стресів середовища: *Aegilops* може бути пристосований до різних умов середовища, включаючи посуху, засолення ґрунтів та екстремальні температури (Pradhan et al., 2011)

4. Адаптація до зміни клімату: зміна клімату створює нові виклики для сільськогосподарського виробництва. *Aegilops* містить гени, які сприятимуть адаптації пшениці до нових кліматичних умов (Pradhan et al., 2011; Pradhan et al., 2012).

5. Підвищення врожайності і покращення якості: використання *Aegilops* може призвести до підвищення врожайності та покращення якості пшениці шляхом введення нових генетичних ознак (Kumar et al., 2019).

Загалом, використання роду *Aegilops* є важливим для покращення сучасних сортів пшениці, які будуть більш стійкими, продуктивнішими та адаптованими до змін у навколишньому середовищі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Представники роду *Aegilops* є типовими для напівпустельних і гірсько-степових зон, де вони ростуть на сухих кам'янистих схилах, узбіччях доріг, зустрічаються в посівах зернових культур, біля лісів, у пустирях, на висотах від 500 до 2150 м (Haruntyunyan et al., 2010).

Aegilops нараховує близько 23 видів та походить із Канарських островів, від Середземноморського регіону до Центральної Азії (Saufferer, 2021). Г.С. Колюча (2016) зі співробітниками провели різнобічне дослідження малопоширених та дикорослих видів злаків і експериментально довели, що передача генетичної інформації від диких родичів пшениці підвищує толерантність та стійкість пшениці до посух (Ehdaie et al., 2003), високих температур (Pradhan, 2011), вирощування на засоленних (Dvořák et al., 1988) та заболочених (McDonald et al., 2001) ґрунтах.

Серед адаптивних властивостей роду *Aegilops* вирізняють наступні:

- стійкість до посухи та дії високих температур у період вегетації, що зумовлено здатністю швидко накопичувати осмотично-

Шпакович І. В., Ковалишина Г. М.

активні речовини (полісахариди та бетаїни), які допомагають рослинам витримувати дефіцит води за рахунок підвищення здатності поглинати вологу (Ehdaie et al., 2003; Pradhan et al., 2011);

- стійкість до холоду та морозу, що зумовлено здатністю виробляти специфічні білки, які захищають клітини від пошкодження низькими температурами;

- стійкість проти збудників хвороб та заселення шкідниками.

Рід *Aegilops* включає в себе наступні геноми: *C*, *D*, *M*, *S*, *U* та *Un*, з яких три (Власенко та інш., 2012), а за іншими джерелами два (Богуславський & Голик, 2004) були донорами для поліплоїдних пшениць. Як і рід *Triticum*, рід *Aegilops* має свій поліплоїдний ряд – три групи плоїдності (Власенко, 2012). В природі дуже часто зустрічаються гібриди між егілопсами та пшеницею, житом, тритикале (Zohary et al., 1962). Встановлено, що більшість видів роду *Aegilops* мають озимий тип розвитку, виключенням є *Ae. speltoides* (Власенко та інш., 2012). Забарвлення зерна егілопсів змінюється від світло-коричневого до фіолетового (Власенко та інш., 2012).

Стебло в різних видів може бути прямостоячим, колінчастим або розлогим. Висота рослин становить 14–80 см. Колос у всіх видів *Aegilops* однорядний та складається з 2–13 колосків. Колосок містить від двох до

семи квіток. Верхівковий колосок часто безплідний (Saufferer, 2021).

Triticum aestivum L. ($2n = 42$) гексаплоїдний вид пшениці з геномом ABD має крупний рихлий колос із багатоквітковими колосками. Кожен колосок містить від двох до п'яти квіток, з яких можна отримати до 4 зерен. Зерно має добре виражений чубчик (Рябчун та ін., 2010). Зародок становить 1/3 – 1/4 довжини зернівки (Terrell & Peterson, 1993).

Геном *D* (успадкований пшеницею від виду *Ae. squarrosa*) має важливе значення для еволюції пшениці, адже завдяки йому гексаплоїдні види культури можуть формувати клейковину високої якості, мають високу зимостійкість, але водночас сприйнятливі до багатьох хвороб (Животков та інш., 1989). Проте деякі науковці зазначають, що при вивченні тетраплоїдних видів не виявлено таких, які б мали слабку реакцію до фотоперіоду. Таким чином дані види не підходять для проведення гібридизації з видами *Ae. squarrosa* для експериментального отримання гексаплоїдних пшениць (Власенко та інш., 2012).

Aegilops umbellulata Zhuk. var. *tulunii* Gandil. Et Harut. характеризується наявністю чорних колосків (Haruntuynya et al., 2010). Є чудовим джерелом стійкості проти ураження збудниками хвороб пшениці.

Шпакович І. В., Ковалишина Г. М.

Aegilops biuncialis Vis. має два різновиди: *vulgaris* Zhuk. та *velutina* Zhuk, які відрізняються за кольором, довжиною остюків та опушенням. Вид є носієм геному С, що зумовлює стійкість проти бурої іржі. Поширений у Центральній Азії, Європі та Північній Африці (Haruntyunyan et al., 2010).

Aegilops cylindrical Host, містить геном CD, $2n = 28$. Вид поширений від Центральної Європи та Середземноморського регіону до Центральної Азії, є адвентивним у Північній Америці. Зернівки довжиною 5,5–8,5 мм, ланцетні або вузькоеліптичні, бічних хребтів не мають. Борозенка на зернівці не глибока. Кожен колосок має дві квітки, з яких може утворитися 2 зернівки. Зернівки в колоску відрізняються за розміром та формою. Зародок становить $1/3 - 1/5$ частину довжини зернівки (Terrell, & Peterson, 1993). Вид поширений у країнах Центральної Азії та Східної Європи. Здебільшого вважається звичайним бур'яном.

Aegilops triuncialis Linnaeus (*Triticum triunciale* (Linnaeus) Raspail (Геном CU; $2n = 28$). Вид поширений від Середземноморського регіону до Центральної Азії. Довжина зернівки становить 6,5–8,5 мм. Зернівки ланцетовидні або вузькоеліптичні. Глибина борозенки на зернівці може бути дрібною або середньою. Чубчик на зернівці щільний, з довгими та середніми ворсинками. Зародок

становить $1/3 - 1/4$ частину довжини зернівки (Terrell, & Peterson, 1993). На відміну від інших представників роду *Aegilops* даний вид схильний до ураження збудником *Ustilago passerinii* Fisch., проте у фітоценозах зустрічаються і стійкі рослини. Такі рослини можуть бути використані для отримання стійких сортів пшениці. Вид має поширення від Центральної Азії до Європи та через Середземне море до Північної Африки (Haruntyunyan et al., 2010).

Нещодавні дослідження Pradhan та інших науковців засвідчують, що *Aegilops speltoides* має гени стійкості до дії високих температур у період цвітіння та наливу зерна (Pradhan et al., 2011; Pradhan, 2011), а тому може бути використаний для підвищення показника толерантності пшениці до даного чинника.

Aegilops tauschii Coss. Haruntyunyan та інші вважають донором генома D гексаплоїдної пшениці. Поширений у Центральній та Західній Азії (Haruntyunyan et al., 2010). Висота рослин сягає 20–45 см. Колос містить 6–13 колосків та є ламким. Остюки на нижніх колосках коротші, ніж на верхніх. Зернівки мають довжину 5–6 см (Saufferer, 2021). Вид містить ген стійкості проти борошнистої роси *Pm2* (Моргун & Топчій, 2018).

Г.С. Колюча та інші (2016), в результаті досліджень виділили кращі лінії пшениці м'якої озимої, що мали комплексну стійкість проти хвороб.

Шпакович І. В., Ковалишина Г. М.

Лінії отримані внаслідок схрещування з видами: амфідиплоїдами ПЕАГ (AD *T. dicoccum* / *Ae. tauschii*), AD 221-4 (*T. persicum* / *Ae. tauschii*), AS 7 (*T. durum* / *Ae. tauschii*) (Колюча та інші, 2016).

Покращені показники якості пшениці м'якої озимої мали лінії отримані після схрещування з амфідиплоїдами ПЕАГ (AD *T. dicoccum* / *Ae. tauschii*), AS 7 (*T. durum* / *Ae. tauschii*), формою Авротика та видом *Ae. cylindrica* (Колюча та інші, 2016).

Амфідиплоїд Авротика (ААВВТТ) одержали в результаті схрещування пшениці м'якої озимої сорту Аврора з диплоїдним видом *Ae. mutica* (Молоцький та інш., 2006). В результаті подальших беккросувань були отримані лінії з високим рівнем стійкості проти збудників бурої іржі та борошнистої роси (Молоцький та інш., 2006).

Науковці все частіше вдаються до віддаленої гібридизації між пшеницею і спорідненими з нею видами та родами для створення стійких форм до декількох збудників хвороб (Моргун & Топчій, 2018). Так, донорами комплексної стійкості проти іржі (бурої, стеблової), борошнистої роси, септоріозу листя, твердої сажки та фузаріозу колосу, для гексаплоїдної пшениці в результаті експериментальних досліджень, було визначено *Aegilops cylindrical* та *Aegilops variabilis* (Gorash et al., 2014; Hollins et al.,

1988). На основі таких схрещувань отримано лінії з високою комплексною стійкістю проти збудників септоріозу та борошнистої роси з генами стійкості від *Aegilops cylindrical* – UK 9879, UK 9880, UK 9882, та середньою стійкістю з генами від *Aegilops tauschii* – UK 9935, UK 9937, UK 9941, UK 9943. За результатами досліджень вчених найефективніші гени стійкості проти збудника бурої іржі були інтрогресовані в пшеницю від *Aegilops umbellulata* (Моргун & Топчій, 2018).

У результаті схрещування *Ae. squarrosa* з *T. Aestivum* одержали міжвидовий гібрид, з якого шляхом доборів отримали сорт пшениці Славутич, який має підвищену стійкість до холоду та дозволяє витримувати дію низьких температур у період вегетації. Сорт пшениці Дончак, що характеризується підвищеною стійкістю до посухи і придатний для вирощування у зонах недостатнього зволоження, був отриманий на основі міжвидового гібриду *Ae. speltoides* × *T. aestivum* (Моргун & Топчій, 2018).

Мета полягала у вивченні окремих видів роду *Aegilops* за морфологічними ознаками та виділенні серед них джерел із високими показниками стійкості проти збудників листових хвороб для селекції пшениці м'якої озимої.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в 2021/2022 –

Шпакович І. В., Ковалишина Г. М.

2022/2023 вегетаційних роках у колекційному розсаднику ННЦ «Інститут землеробства НААН» в смт. Чабани. Досліджували 6 видів роду *Aegilops* та 5 амфідиплоїдів, одержаних у результаті міжродових схрещувань між *Triticum* та *Aegilops*.

Попередником у роки досліджень була гречка. Зразки висівали на однорядкових ділянках довжиною 1,0 м, відстань між рядками 20,0 см. Сівбу проводили колосками.

Стійкість проти ураження збудниками хвороб визначали за зальноприйнятною методикою (Трибель та інш., 2010). Ступінь ураження виду *Triticum aestivum* збудниками листових хвороб визначали за середнім показником ураження рослин пшениці м'якої озимої.

Висоту рослин визначали за довжиною головного стебла від поверхні землі до місця кріплення верхнього колоска (Андрющенко та інш., 2003).

Відхилення (K_c) показників стійкості проти збудників листових хвороб на видах *Aegilops* від показників *Triticum aestivum* розраховували за відношенням різниці між площею ураженої поверхні досліджуваного виду та *T. aestivum* до середнього квадратичного відхилення. Таким чином:

- якщо K_c знаходиться в межах від -1,0 до 1,0, то одержані показники ураження рослин виду *Aegilops* не

суттєво відрізняють від показників виду *T. aestivum*, тобто даний вид не варто рекомендувати в якості джерела стійкості проти досліджуваного збудника;

- якщо $K_c > 1,0$, то вид є більш сприйнятливим до ураження збудником досліджуваної хвороби, ніж вид *T. aestivum*, тобто сорт не можна рекомендувати в якості джерела стійкості проти досліджуваного збудника;

- якщо $K_c < -1,0$, то вид має вищі показники стійкості проти ураження збудниками досліджуваних хвороб, ніж вид *T. aestivum*, тобто даний вид можна розглядати в якості джерела досліджуваної ознаки.

Результати. Рослини дикорослої форми *Aegilops umbellulata* формували розлогі кущі, висота яких у період досліджень становила 38,4 см (табл. 1). Продуктивна кущистість – 8,8 шт. Колос, завдовжки 2,6 см, містив у середньому 4,1 колосок. У роки досліджень не спостерігали ураження збудниками борошнистої роси, септоріозу листя чи бурої іржі (рис. 2). Тому вид цілком можна вважати джерелом групової стійкості проти збудників досліджуваних хвороб. Після досягнення колосом повної стиглості, на його поверхні спостерігали значне ураження сапрофітними грибами (рис. 1 (1)), чому сприяла дощова погода у цей період.



Рис. 1. Дикорослі види роду *Aegilops*: 1 – *Aegilops umbellulata*, 2 – *Aegilops tauschii*, 3 – *Aegilops tetratauschii*, 4 – *Aegilops cylindrical*, 5 – *Aegilops biuncialis*, 6 – Амфідиплоїд Міоза (*T. durum/Aegilops comost*) Джерело (Шпакович & Ковалишина, 2023)

1. Висота і морфологічні параметри видів роду *Aegilops* та деяких амфідиплоїдів за досліджуваний період (2022-2023 рр.)

№	Зразок	Висота рослин, см	Кущистість, шт	Довжина колоса, см	Кількість колосків, шт
1	<i>Aegilops umbellulata</i>	38,4 ^e	8,8 ^c	2,6 ^f	4,1 ^e
2	<i>Aegilops tauschii</i>	38,1 ^e	2,8 ^g	8,2 ^d	8,3 ^d
3	<i>Aegilops tetratauschii</i>	42,2 ^e	3,1 ^{eg}	9,6 ^c	9,5 ^d
4	<i>Aegilops triaristata</i>	22,2 ^f	10,3 ^b	2,8 ^f	4,1 ^e
5	<i>Aegilops cylindrical</i>	67,8 ^c	2,2 ^g	8,0 ^d	8,3 ^d
6	<i>Aegilops biuncialis</i>	45,4 ^e	13,1 ^a	5,4 ^e	4,1 ^e
7	Амфідиплоїд Міоза (<i>T. durum/Aegilops comost</i>)	97,2 ^{bc}	2,9 ^f	7,8 ^d	14,4 ^c
8	Амфідиплоїд, <i>Triticum x palmovae</i> різновид <i>T. boeoticum-Ae. tauschii</i>	88,8 ^c	3,9 ^{df}	13,5 ^b	15,8 ^c
9	Амфідиплоїд, Рустамова AZE	71,6 ^d	4,1 ^{de}	8,0 ^d	17,9 ^b
10	Амфідиплоїд, Авротика, <i>Amblyopyrum tuitica</i>	113,6 ^a	3,0 ^f	15,8 ^a	24,2 ^a
11	Амфідиплоїд, <i>T. durum</i> Українака одеська - <i>Aegilops tauschii</i> (392)	104,2 ^{ab}	4,5 ^d	8,7 ^{cd}	17,9 ^b

*Примітка: Літери в стовпцях позначають істотну різницю між показниками за 5 %²⁰ рівня значущості.

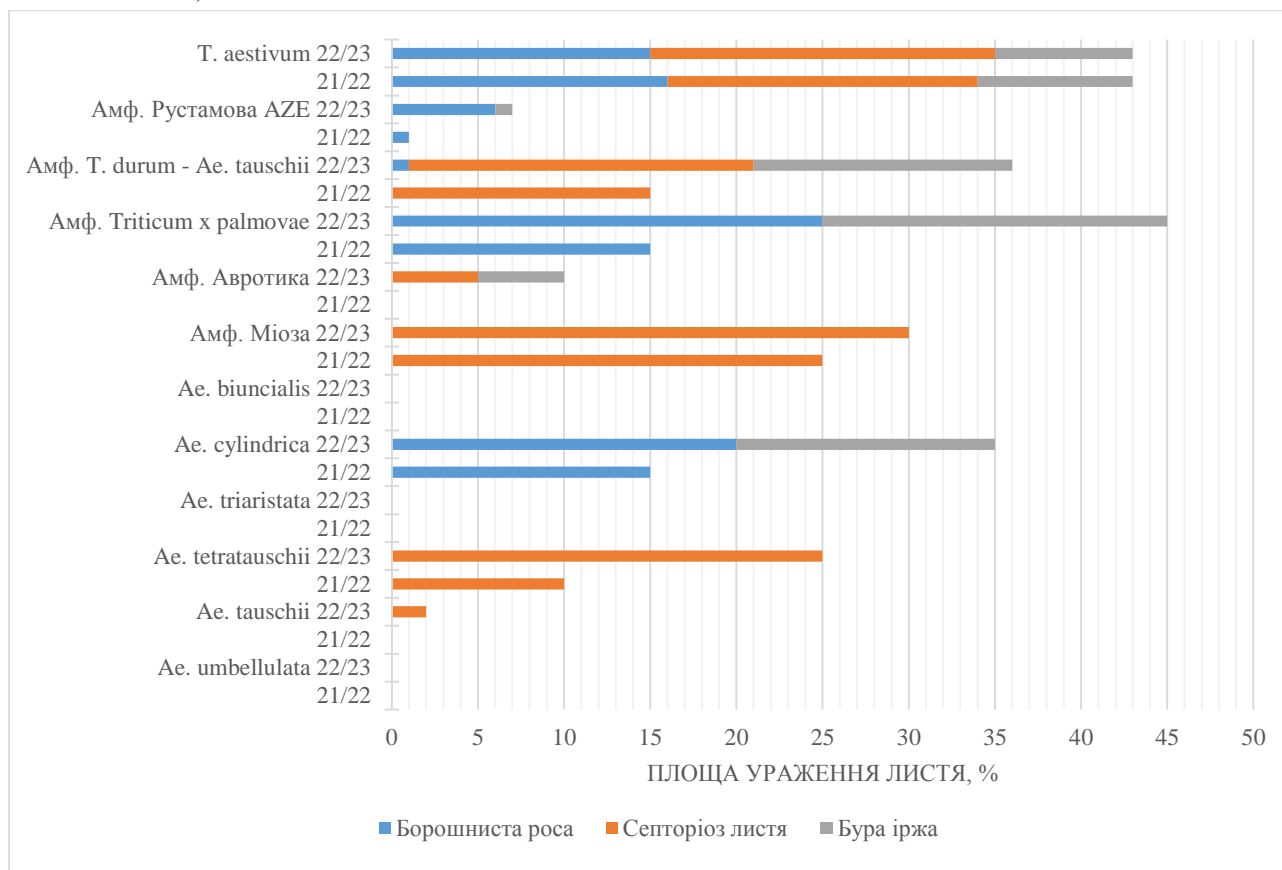


Рис. 2. Ураження видів роду *Aegilops* збудниками листкових хвороб у 2021/2022 – 2022/2023 рр.

Погодні умови у 2022/2023 вегетаційному році були сприятливішими для розвитку досліджуваних збудників хвороб, ніж у попередньому вегетаційному році (рис. 2).

Протягом років досліджень на рослинах *Aegilops tauschii* не було виявлено уражень збудниками борошнистої роси та бурої іржі (рис. 2). У 2023 р. зафіксовано ураження збудниками септоріозу листя (2,0 %), проте з суттєво нижчими показниками, ніж у стандарту *T. aestivum* (табл. 2). Середня висота рослин становила 38,1 см, а кущистість – 2,8 шт. Довжина колосу складала 8,2 см із середнім числом колосків у кожному колосі – 8,3 шт.

(табл. 1). Після повного досягання колос стає дуже ламким, розсипаючись на окремі колоски (рис. 1 (2), рис. 3 (ліворуч)).

На рослинах дикорослої форми *Aegilops tetratauschii* не відмічено уражень збудниками борошнистої роси та бурої іржі (табл. 1), проте у обидва роки спостерігали ураження збудником септоріозу листя (у 2022 р. – 10,0 %, у 2023 р. – 25,0 %). Показники ураження листової поверхні (рис. 2) не значно відрізнялися від стандарту *T. aestivum* (табл. 2). Рослини мали розлогий кущ із кущистістю 3,1 стебел і були схильні до вилягання (табл. 2). Також, як і *Ae. tauschii*, вони мали ламкий колос (рис. 1 (3), рис. 3 (праворуч)).

2. Відхилення (Кс) показників стійкості проти збудників листкових хвороб на видах *Aegilops* від показників *Triticum aestivum* (2022-2023 рр.)

№	Зразок	Борошниста роса	Септоріоз листя	Бура іржа
1	<i>Ae. umbellulata</i>	-2,07	-1,92	-2,21
2	<i>Ae. tauschii</i>	-2,07	-1,82	-2,21
3	<i>Ae. tetratauschii</i>	-2,07	-0,15	-2,21
4	<i>Ae. triaristata</i>	-2,07	-1,92	-2,21
5	<i>Ae. cylindrica</i>	0,27	-1,92	-0,26
6	<i>Ae. biuncialis</i>	-2,07	-1,92	-2,21
7	Амф. Міоза	-2,07	0,86	-2,21
8	Амф. Авротика	-2,07	-1,67	-1,56
9	Амф. <i>Triticum x palmovae</i>	0,60	-1,92	0,39
10	Амф. Українака одеська/ <i>Ae. tauschii</i>	-2,00	-0,15	-0,26
11	Амф. Рустамова AZE	-1,60	-1,92	-2,08



*Джерело власних досліджень

Рис. 3. Ліворуч *Aegilops tauschii* ($2n=14$), праворуч *Aegilops tetratauschii* (аутотетраплоїд, $2n=28$).

Рослини виду *Aegilops triaristata* (рис. 4) мали висоту 22,2 см. Протягом періоду досліджень не відмічено уражень збудниками листкових хвороб (див. табл. 1).

Середня куцистість рослин складала 10,3 стебел. Колос був завдовжки 2,8 см із кількістю колосків 4,1 шт. (табл. 1).

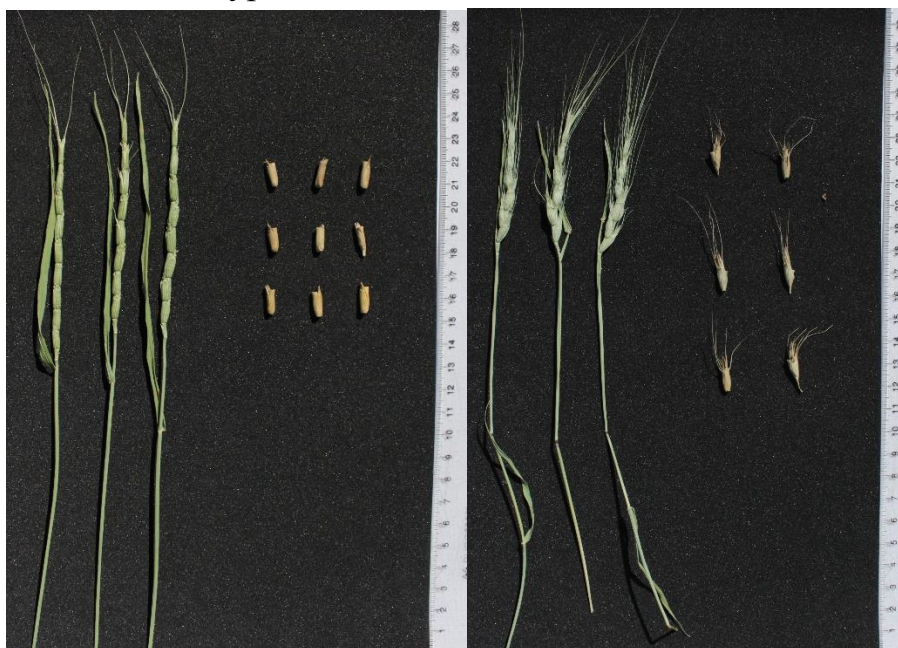


*Джерело власних досліджень

Рис. 4. *Aegilops tiaristata*. Ліворуч колос, праворуч зернівки.

У роки досліджень на рослинах виду *Aegilops cylindrica* (рис. 2) не відмічено ураження збудниками септоріозу листя. В обидва роки спостерігали ураження збудниками борошнистої роси (15,0 і 20,0 %, відповідно). У 2023 р. відмітили, що рослини цього виду були помірно сприйнятливими до ураження

збудником бурої іржі. *Ae. cylindrica* має дуже ламкий колос після повного досягання – розсипається на колоски (рис. 1 (4), рис. 5 (ліворуч)). Серед досліджуваних зразків виду *Aegilops* він є найвищим – 67,8 см (табл. 1). Колос довжиною 8,0 см містить в середньому 8,3 колоски.



*Джерело власних досліджень

Рис. 5. Ліворуч *Aegilops cylindrica*, праворуч *Aegilops biuncialis*.

На рослинах виду *Aegilops biuncialis* (рис. 1 (5), рис. 5 (праворуч) та рис. 6 (ліворуч)) у роки досліджень не спостерігали ураження збудниками листових хвороб (рис.

2). Для рослин, висотою в середньому 45,4 см, характерний розлогий кущ (табл. 1). Продуктивна кущистість – 13,1 шт. У колосі, довжиною 5,4 см, в середньому міститься 4,1 колоски.



*Джерело власних досліджень

Рис. 6. Ліворуч *Aegilops biuncialis*, праворуч Амфідиплоїд Міоза.

На рослинах амфідиплоїду Міоза (*T. durum/Aegilops comost*) (рис. 1 (б), рис. 6 (праворуч)) у роки досліджень не виявлено ураження борошнистою росою та бурю іржею, проте вид проявив середню стійкість проти ураження збудниками септоріозу листя (рис. 2). Кущ, висотою 97,2 см, формує 2,9 продуктивних стебел. Колос, довжиною 7,8 см, в середньому містить 14,4 колоски.

Рослини амфідиплоїду *Triticum palmovae* різновиду *T. boeoticum-Ae. tauschii* (рис. 7) мають середню висоту 88,8 см із куцистістю 3,9 шт. (табл. 1). Колос, довжиною 13,5 см, в середньому містить 15,8 колосків. У роки досліджень рослини цього вид проявили стійкість проти септоріозу листя, а в порівнянні з *T. aestivum* проявили не суттєву відмінність за стійкістю проти борошнистої роси та бурі іржі (рис. 2, табл. 2).



*Джерело власних досліджень

Рис. 7. Амфідиплоїд *T. boeoticum* / *Ae. tauschii*.

Рослини амфідиплоїду Рустамова AZE мають висоту 71,6 см, кущистість – 4,1 шт. (табл. 1). Колос, довжиною 8,0 см, містить в середньому 17,9 колосків. У роки досліджень на рослинах виду не спостережали ураження збудником септоріозу листя, проте в обидва роки на рослинах відмітили незначне ураження борошнистою росою, а в 2023 р. – незначні прояви бурої іржі. З огляду на показник коефіцієнту відхилення відсотку ураження листової поверхні виду *Aegilops* від виду *T. aestivum* перший може

слугувати джерелом стійкості для другого (табл. 2).

Рослини амфідиплоїду *T. durum* Українака одеська - *Aegilops tauschii* (рис. 8), висотою 104,2 см, сформували продуктивну кущистість на рівні 4,5 шт. Колос, довжиною 8,7 см, складався із 17,9 колосків (табл. 1). У роки досліджень на рослинах спостерігали ураження збудниками септоріозу листя та бурої іржі, які не мали суттєвої різниці з показниками на *T. aestivum* (табл. 2). У 2023 р. на рослинах спостерігали не значне ураження збудником борошнистої роси (рис. 2).



*Джерело власних досліджень

Рис. 8. Амфідиплоїд *T. durum* (Українка одеська) / *Aegilops tauschii*.

Рослини амфідиплоїду Авротика (*Amblyopyrum mutica*) виявилися найвищими серед досліджуваних зразків (113,6 см), в середньому з 3,0 продуктивними стеблами. Колос, довжиною 15,8 см, складався з 24,2 колосків. У 2022 р. на рослинах виду не спостерігали ураження збудниками хвороб. У 2023 р. відмічено незначне ураження збудниками септоріозу листя та бурої іржі (рис. 2), що суттєво нижче за показники на *T. aestivum* (рис. 2, табл. 2).

Висновки і перспективи.

У результаті аналізу літературних джерел можна стверджувати про високу ефективність використання роду *Aegilops* з метою розширення генетичного різноманіття пшениці. Дані, отримані в 2021/2022 – 2022/2023 вегетаційних роках підтверджують високі показники стійкості проти хвороб у

Список використаних джерел

1. Bertley A. Broken bread – avert global wheat crisis caused by invasion of

представників роду *Aegilops* у порівнянні зі стандартом *T. aestivum*.

Аналіз розрахунків коефіцієнтів суттєвості відхилення показників стійкості проти збудників листових хвороб на видах *Aegilops* від показників *Triticum aestivum* свідчить:

- джерелами стійкості проти збудників трьох досліджуваних хвороб можуть бути: *Ae. umbellulata*, *Ae. tauschii*, *Ae. biuncialis*, амфідиплоїди Авротика та Рустасова AZE;

- джерелами стійкості проти збудників борошнистої роси та бурої іржі можуть бути *Ae. tetratauschii* та амфідиплоїд Міоза;

- джерелом стійкості проти збудника борошнистої роси може бути амфідиплоїд Українака одеська/*Ae. tauschii*;

- джерелом стійкості проти збудника септоріозу листя можуть бути *Ae. cylindrica* та амфідиплоїд *Triticum x palmovae*.

Ukraine. Nature. 2022. Vol. 603. P. 551. doi:10.1038/d41586-022-00789-x.

2. Dvořák J., Edge M., Ross K.. On the evolution of the adaptation of *Lophopyrum*

Шпакович І. В., Ковалишина Г. М.

elongatum to growth in saline environments. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1988. Vol. 85. No. 11. P. 3805-3809. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.85.11.3805>

3. Ehdaie B., Whitkus R. W., Waines J. G. Root biomass, water- use efficiency, and performance of wheat-rye translocations of chromosomes 1 and 2 in spring bread wheat 'Pavon'. Crop Science. 2003. Vol. 42. No. 2. P. 710-717. doi: 10.2135/cropsci2003.7100.

4. Gorash A., Galaev A., Babayants O., Babayants L. Leaf rust resistance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines derived from interspecific crosses. Zemdirbyste-Agriculture. 2014. Vol. 101. No. 3. P. 295-302. doi: 10.13080/z-a.2014.101.038.

5. Haruntyunyan M., Dulloo M. E., Yeritsyan N., Danielyan A. Red List assessment of nine *Aegilops* species in Armenia. Genetic Resources and Crop Evolution. 2010. Vol. 57. No. 8. P. 1177-1189. doi: 10.1007/s10722-010-9558-4.

6. Hollins T. W., Lockley K. D., Blackman J. A., Scott P. R., Bingham J. Field performance of Rendezvous, a wheat cultivar with resistance to eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) derived from *Aegilops ventricosa*. Plant Pathology. 1988. Vol. 37. No. 2. P. 251-260. doi: 10.1111/j.1365-3059.1988.tb02070.x.

7. Kumar A., Kapoor P., Chunduri V., Sharma S., Garg M. Potential of *Aegilops* sp. for improvement of grain processing and nutritional quality in wheat (*Triticum aestivum*). Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. doi:10.3389/fpls.2019.00308

8. McDonald M. P., Galwey N. W., Ellneskog- Staam P., Colmer T. D. Evaluation of *Lophopyrum elongatum* as a source of genetic diversity to increase the waterlogging tolerance of hexaploid wheat (*Triticum aestivum*). New Phytologist. 2001. Vol. 151. No. 2. P. 369-380. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2001.00183.x>

9. McIntosh R. A., Yamazaki Y., Dubcovsky J., Rogers J., Morris R., Appels R., Xia X. C. Catalogue of gene symbols for wheat: 2013 supplement. KOMUGI-Integrated Wheat Science Database. (April 2016) URL: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/gen>

<es/macgene/2013/GeneCatalogueIntroduction.pdf>.

10. Pradhan G. P. Effects of drought and/or high temperature stress on wild wheat relatives (*AEGILOPS* species) and synthetic wheats : dissertation. 2011. URL: <http://hdl.handle.net/2097/11980>

11. Pradhan G. P., Prasad P. V., Fritz, A. K., Kirkham M. B., Gill B. S. Response of *Aegilops* species to drought stress during reproductive stages of development. Functional Plant Biology. 2011. Vol. 39. No. 1. P. 51-59. doi: 10.1071/fp11171.

12. Pradhan G. P., Prasad P. V., Fritz A. K., Kirkham M. B., Gill B. S. High Temperature Tolerance in *Aegilops* Species and Its Potential Transfer to Wheat. Crop Science. 2012. Vol. 52. No. 1. P. 292-304. doi: 10.2135/cropsci2011.04.0186.

13. Saufferer S. M. *Aegilops* / Eds. Clark L. G., Kellogg E. A. 2021. Vol. 24. URL: <http://floranorthamerica.org/Aegilops>

14. Terrell E. E., Peterson P. M. Caryopsis morphology and classification in the Triticeae (Pooideae: Poaceae). Washington : Smithsonian institution press, 1993. 25 p.

15. Zohary D., Feldman M. Hybridization Between Amphidiploids and the Evolution of Polyploids in the Wheat (*Aegilops-Triticum*) Group. Evolution. 1962. Vol. 16. No. 1. P. 44-61. doi: 10.2307/2406265

16. Андрющенко А. В., Бабік О. В., Богуславський Р. Л. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. 2003. Т. 2 (В. В. Волков, Ред.) Київ: Алефа.

17. Богуславский Р. Л., Голик О. В. Род *Aegilops* L. как генетический ресурс селекции. Харьков: Богуславский РЛ, Голик ОВ., 2004. 236 с.

18. Власенко В. А., Кочмарський В. С., Колючий В. Т., Коломієць Л. А., Хоменко С. О., Солоня В. Й. Селекційна еволюція миронівських пшениць. Миронівка: Мирон. ін-т пшениці ім. В.Л. Ремесла, 2012. 325 с.

19. Колюча Г. С., Юрченко Т. В., Вологдіна Г. Б., Муха Т. І., Правдзіва І. В., Близнюк Б. В. Селекційна цінність матеріалу, створеного шляхом інтрогресивних схрещувань пшениці з

Шпакович І. В., Ковалишина Г. М.

малопоширеними і дикорослими видами злаків. Миронівський вісник. 2016. Т. 3, сс. 94-107.

URL:

<http://mvis.mip.com.ua/article/view/119184>

20. Молоцький М. Я., Васильківський С. П., Князюк В. І., Власенко В. А. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин. К.: Вища освіта, 2006. 192 с.

21. Моргун В. В., Топчій Т. В. Значення стійких сортів озимої пшениці, вивчення джерел і донорів стійкості до шкідників та основних збудників хвороб. Физиология растений и генетика. 2018. Т. 50. № 3. С. 218–240.

22. Пшеница / под ред. Л. А. Животкова; сост. А. К. Медведовский. Киев: Урожай, 1989. 320 с.

23. Рябчун Н. І., Сльніков М. І., Звягін А. Ф., Голік В. С., Голік О. В., Діденко С. Ю., Маркова Т. Ю. Спеціальна селекція і насінництво польових культур. (В. В. Кириченко, Ред.). Харків: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України. 2010.

24. Трибель С. О., Гетьман М. В., Стригун О. О., Ковалишина Г. М., Андрищенко А. В. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб. Київ: Колобіг. 2010

25. Шпакович І.В., Ковалишина Г. М. Дикорослі види роду *Aegilops* як джерела цінних ознак для селекції пшениці озимої. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу", 2023. С. 123

References

1. Bentley, A. (2022). Broken bread — avert global wheat crisis caused by invasion of Ukraine. *Nature*(603), с. 551. doi:10.1038/d41586-022-00789-x

2. Dvořák, J., Edge, M., & Ross, K. (1988). On the evolution of the adaptation of *Lophopyrum elongatum* to growth in saline environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 85(11), 3805-3809. doi:https://doi.org/10.1073/pnas.85.11.3805

3. Ehdaie, B., Whitkus, R. W., & Waines, J. G. (2003). Root biomass, water-use efficiency, and performance of wheat-rye translocations of chromosomes 1 and 2 in

spring bread wheat 'Pavon'. *Crop Science*, 43(2), 710-717. doi:10.2135/cropsci2003.7100

4. Gorash, A., Galaev, A., Babayants, O., & Babayants, L. (2014). Leaf rust resistance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines derived from interspecific crosses. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101(3), 295-302. doi:10.13080/z-a.2014.101.038

5. Haruntyunyan, M., Dulloo, M. E., Yeritsyan, N., & Danielyan, A. (2010). Red List assessment of nine *Aegilops* species in Armenia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 57, 1177-1189. doi:10.1007/s10722-010-9558-4

6. Hollins, T. W., Lockley, K. D., Blackman, J. A., Scott, P. R., & Bingham, J. (1988). Field performance of *Rendezvous*, a wheat cultivar with resistance to eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) derived from *Aegilops ventricosa*. *Plant Pathology*, 37(2), 251-260. doi:10.1111/j.1365-3059.1988.tb02070.x

7. Kumar, A., Kapoor, P., Chunduri, V., Sharma, S., & Garg, M. (2019). Potential of *Aegilops* sp. for improvement of grain processing and nutritional quality in wheat (*Triticum aestivum*). *Frontiers in Plant Science*, 10. doi:10.3389/fpls.2019.00308

8. McDonald, M. P., Galwey, N. W., Ellneskog-Staam, P., & Colmer, T. D. (2001). Evaluation of *Lophopyrum elongatum* as a source of genetic diversity to increase the waterlogging tolerance of hexaploid wheat (*Triticum aestivum*). *New Phytologist*, 151(2), 369-380. doi:https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2001.00183.x

9. McIntosh, R. A., Yamazaki, Y., Dubcovsky, J., Rogers, J., Morris, R., Appels, R., & Xia, X. C. (2013). Catalogue of gene symbols for wheat. KOMUGI-Integrated Wheat Science Database. URL: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/gene/macgene/2013/GeneCatalogueIntroduction.pdf>

10. Pradhan, G. P. (2011). Effects of drought and/or high temperature stress on wild wheat relatives (*AEGILOPS* species) and synthetic wheats : dissertation. URL: <http://hdl.handle.net/2097/11980>

11. Pradhan, G. P., Prasad, P. V., Fritz, A. K., Kirkham, M. B., & Gill, B. S. (2012). Response of *Aegilops* species to drought stress

Шпакович І. В., Ковалишина Г. М.

during reproductive stages of development. *Functional Plant Biology*, 39(1), 51-59. doi:10.1071/FP11171

12. Pradhan, G. P., Prasad, P. V., Fritz, A. K., Kirkham, M. B., & Gill, B. S. (2012). High temperature tolerance in *Aegilops* species and its potential transfer to wheat. *Crop Science*, 52(1), 292-304. doi:10.2135/cropsci2011.04.0186

13. Saufferer, S. M. (2021). *Aegilops* (T. 24). (L. G. Clark, & E. A. Kellogg, Ред.) URL: <http://floranorthamerica.org/Aegilops>

14. Terrell, E. E., & Peterson, P. M. (1993). Caryopsis morphology and classification in the Triticeae (Pooideae: Poaceae). Washington: Smithsonian institution press. URL: <https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/7028/scb-0083.pdf>

15. Zohary, Zohary, D., & Feldman, M. (1962). Hybridization between amphidiploids and the evolution of polyploids in the wheat (*Aegilops-Triticum*) group. *Evolution*, 44-61. doi:10.2307/2406265

16. Andriushchenko, A. V., Babik, O. V., Bohuslavskiy, R. L., & ta insh. (2003). Metodyka provedennia ekspertyzy ta derzhavnoho vyprobuvannia sortiv roslyn zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh kultur (T. 2). (V. V. Volkov, Red.) Kyiv: Alefa.

17. Bohuslavskiy, R. L., & Holyk, O. V. (2004). Rod *Aegilops* L. kak henetycheskyi resurs selektsyy.

18. Vlasenko, V. A., Kochmarskyi, V. S., Koliuchy, V. T., Kolomiets, L. A., Khomenko, S. O., & Solona, V. Y. (2012). Seleksiina evoliutsiia myronivskykh pshenyts. Myronivka: Myronivskiy instytut pshenytsi im. V.L. Remesla.

19. Koliucha, H. S., Yurchenko, T. V., Volohdina, H. B., Mukha, T. I., Pravdziva, I. V., & Blyzniuk, B. V. (2016). Seleksiina

tsinnist materialu, stvorenoho shliakhom introhresyvnykh skhreshchuvan pshenytsi z maloposhyrenymy i dykoroslymy vydamy zlakiv. *Myronivskiy visnyk*, 3, ss. 94-107. URL:

<http://mvis.mip.com.ua/article/view/119184>

20. Molotskyi, M. Ya., Vasylykivskiy, S. P., Kniazuk, V. I., & Vlasenko, V. A. (2006). Seleksiia i nasinnytstvo silskohospodarskykh roslyn. K.: Vyshcha osvita, 192.

21. Morhun, V. V., & Topchii, T. V. (2018). Znachennia stiikykh sortiv ozymoi pshenytsi, vyvchennia dzherel i donoriv stiikosti do shkidnykiv ta osnovnykh zbudnykiv khvorob. *Fyzyolohyia rastenyi y henetyka*, 50(3), 218-240. URL:

http://nbuv.gov.ua/UJRN/FBKR_2018_50_3_4

22. Zhyvotkov, L. A., Byriukov, S. V., & Stepanenko, A. Ya. (1989). *Pshenytsa*. (L. A. Zhyvotkov, Red.) Kyiv: Urozhai.

23. Riabchun, N. I., Yelnikov, M. I., Zviahin, A. F., Holik, V. S., Holik, O. V., Didenko, S. Yu., . . . Markova, T. Yu. (2010). Spetsialna selektsiia nasinnytstvo polovykh kultur. (V. V. Kyrychenko, Red.) Kharkiv: Instytut roslynnytstva im. V.Ya. Yurieva NAAN Ukrainy.

24. Trybel, S. O., Hetman, M. V., Stryhun, O. O., Kovalyshyna, H. M., & Andriushchenko, A. V. (2010). Metodolohiia otsiniuvannia stiikosti sortiv pshenytsi proty shkidnykiv i zbudnykiv khvorob. Kyiv: Kolobih.

25. Shpakovych, I. V., & Kovalyshyna, H. M. (2023). Dykorosli vydy rodu *Aegilops* yak dzherela tsinnykh oznak dlia selektsii pshenytsi ozymoi. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Prodovolcha ta ekolohichna bezpeka v umovakh viiny ta povoiennoi vidbudovy: vyklyky dlia Ukrainy ta svitu"*.

AEGILOPS AS A SOURCE OF TRAITS FOR RESISTANCE AGAINST MAJOR FOLIAR PATHOGENS FOR THE BREEDING OF WINTER SOFT WHEAT I. V. Shpakovych, H. M. Kovalyshyna

Abstract. *The article presents the results of research on the resistance to foliar diseases of individual species of the genus *Aegilops* and amphidiploids, whose parental*

Шпакович І. В., Ковалишина Г. М.

forms are the genera Aegilops and Triticum. A comparison of plants from the genus Aegilops and Triticum aestivum species for resistance to powdery mildew, leaf septoria, and brown rust pathogens was conducted. The study was carried out during the 2021/2022–2022/2023 growing seasons at the collection nursery of the Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The assessment of resistance was conducted using commonly accepted methodologies, with calculations of the significance coefficient of deviation of resistance indicators. As a result, it was found that some species and amphidiploids exhibited higher resistance compared to T. aestivum, indicating the potential of the genus Aegilops in enhancing the genetic diversity and resistance of soft wheat to powdery mildew, septoria leaf spon, and brown rust. Certain species and amphidiploids were identified as promising sources of resistance to the pathogens of the studied diseases, which could contribute to their utilization in breeding programs aimed at improving yield and reducing losses from foliar disease infections. The conclusions of the study open up new possibilities for breeding programs in agriculture and promote further research in this direction.

Keywords: *wheat, plant height, bushiness, infection by pathogens, septoria leaf spon, powdery mildew, brown rust, coefficient of deviation significance*

**АДАПТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА СЕЛЕКЦІЙНА ЦІННІСТЬ
ГІБРИДНИХ КОМБІНАЦІЙ F₃ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА
ОЗНАКАМИ ПРОДУКТИВНОСТІ КОЛОСА**

Л. А. МУРАШКО, <http://orcid.org/0000-0002-0438-7682>

E-mail: murashko_liudmyla@ukr.net

О. В. ГУМЕНЮК, кандидат сільськогосподарських наук,

<http://orcid.org/0000-0002-1147-088X>

E-mail: alexgymenyk@ukr.net

В. В. КИРИЛЕНКО, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, <http://orcid.org/0000-0002-8096-4488>

E-mail: verakurulenko@ukr.net

Н. П. ЗАМЛІЛА, кандидат сільськогосподарських наук,

<http://orcid.org/0009-0003-8660-9115>

E-mail: ninazamlila@ukr.net

Ю. М. СУДДЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук,

<http://orcid.org/0000-0001-6586-1977>

E-mail: suddenko.j@gmail.com

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України

Н. В. НОВИЦЬКА, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0002-7645-4151>

E-mail: novictska@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.011](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.011)

***Анотація.** У ході досліджень оцінювали гібридні комбінації F₃ пшениці м'якої озимої за ознаками продуктивності колоса та визначали гомеостатичність і селекційну цінність за цими ознаками в 2022, 2023 рр. Об'єктом досліджень були 30 гібридних комбінацій гібридів F₃ пшениці м'якої озимої лабораторії селекції озимої пшениці Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН України.*

Встановлено суттєву різницю між гібридами як за рівнем розвитку ознак продуктивності колоса, так і за їх мінливістю в роки досліджень. Оцінку адаптивних властивостей гібридних комбінацій здійснювали шляхом визначення показників гомеостатичності (Нот) і селекційної цінності (Sc). Визначено, що гібридні комбінації F₃ пшениці м'якої озимої володіли різним рівнем гомеостатичності і селекційної цінності. Найбільш цінними є гібриди, в яких поєднується висока гомеостатичність і селекційна цінність з високим рівнем розвитку ознак продуктивності. Проаналізувавши дослідження за ознаками «довжина головного колоса», «кількість зерен із головного колоса» та «маса зерна з головного колоса» встановлено, що реципрокна комбінація МІП Фортуна

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

↔ (Донської простор / Славна) вирізнялась незначною варіацією (V) від 0 % до 0,2 % та високою селекційною цінністю. Вищий рівень гомеостатичності був характерний для оберненої комбінації (Донської простор / Славна) / МПП Фортуна та перевищував середнє по досліді для ознак – довжина колоса ($H_{ot} = 252$, середнє по досліді 170), кількість зерен із колоса ($H_{ot} = 577$, середнє по досліді 488,5). Ці генотипи можуть бути використані як джерела продуктивності колоса з високою їх гомеостатичністю.

Ключові слова: гібридна комбінація, гомеостатичність, фузаріоз, фони, коефіцієнт варіації, пшениця м'яка озима, селекційна цінність

Актуальність. Серед найважливіших завдань аграрної галузі України є суттєве збільшення з стабілізацією виробництва зерна озимих зернових культур. Стратегічне завдання сучасного селекційного процесу передбачає створення нових високоадаптивних сортів із високою якістю зерна та надійним генетичним потенціалом стійкості до несприятливих абіотичних та біотичних чинників (Moisienko, Nazarchuk, Ishchenko, 2020).

Селекційно-генетичний захист проти несприятливої дії біотичних чинників передбачає використання донорів із ефективними генами стійкості (Rybka, Kompaniets, Kulyk, 2018). Створити сорти стійкі до всіх лімітованих чинників оточуючого середовища практично неможливо, однак, якщо недооцінювати важливість хоча б однієї з ознак адаптивності, це може вплинути на непередбачувані наслідки (Diordieva, 2018). Тому оцінку реакції генотипів на зміну умов навколишнього середовища необхідно проводити на всіх етапах селекційного процесу.

Рівень прояву гомеостатичності часто використовують в селекційній практиці для визначення адаптивності генотипів пшениці, як при оцінці вихідного матеріалу, селекційних ліній та нових сортів (Lozinsky, 2018; Bilousova, 2018), так і для оцінки адаптивності сортів іншого екологогеографічного походження (Khomeenko, Fedorenko, I.V., Fedorenko, M.V. 2016). Це дає можливість селекціонерам з'ясувати природу адаптивних властивостей вихідного та селекційного матеріалу, а виробникам визначитися із сортами, що найбільш пристосовані до екологічних умов конкретного регіону.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Успішна селекція стійких проти хвороб рослин має ґрунтуватися на фундаментальних знаннях щодо генетичної природи стійкості рослини-хазяїна та вірулентності патогенів. Ураження зерна пшениці мікофлорою відбувається у різний час: у період вегетації, при зборі врожаю, особливо в умовах підвищеної вологості, під час обмолоту, в період зберігання насіння

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

з підвищеною вологістю. Мікофлора, що є на зерні, може бути сапрофітною (пеніцили, мукор, альтернарія, аспергіли та ін.) і патогенною (сажка, гельмінтоспоріоз, фузаріоз, септоріоз тощо) (Rozhkova, 2022).

До збудників хвороб, що уражують рослини пшениці озимої в ранні фази розвитку належать кореневі гнилі, зокрема, звичайна фузаріозна, офіобольозна, церкоспорельозна; хвороби періоду перезимівлі – снігова пліснява і склеротініоз; патогени, що виявляються й інтенсивно розвиваються в період від сходів до молочної стиглості зерна – борошниста роса, септоріоз; хвороби періоду фенофаз трубкування–молочно-воскова стиглість зерна – бура іржа; періоду цвітіння–молочно-воскова стиглість зерна – фузаріоз колосу, альтернаріоз, гельмінтоспоріоз, летюча і тверда сажки, оливкова пліснява, чорний плямистий і базальний бактеріоз (Nagerty, et al., 2023).

Між комплексу найбільш розповсюджених і шкідливих хвороб особливе місце посідає фузаріоз колосу, що спричиняється грибом роду *Fusarium*. Гриби роду *Fusarium* Link – це група надзвичайно різноманітних організмів, в якій на теперішній час описано понад 250 видів (Chen, Kistler, Ma, 2019; Abbas, & Yli-Mattila, 2022).

Фузаріоз колосу (*Fusarium graminearum* Schwabe (*F.*

graminearum) проявляється у фазу колосіння й розвивається до збирання врожаю. Хвороба розповсюджена всюди, особливої шкоди завдає в роки з вологою погодою та помірними температурами після фази колосіння.

Шкодочинність збудників фузаріїв значною мірою залежить від того, у якій фазі розвитку рослин пшениці відбувається ураження. Особливо небезпечна глибинна інфекція, коли збудник досягає зародку насінини за ураження колосся на ранніх фазах розвитку в період цвітіння й до молочної стиглості зерна. У цьому випадку грибниця повністю пронизує зерно, насіння втрачає схожість. У колосках, заражених у цей період, формуються щуплі білуваті зерна, часто з видимим нальотом грибниці на поверхні зернівки. Таке насіння майже повністю втрачає схожість (Tymoshchuk, et al. 2020).

За пізніх строків зараження уражені зернівки, як правило, зовні не відрізняються від здорових, але несуть приховану форму інфекції. Таке зерно залишається в партії товарного зерна і створює найбільшу загрозу, оскільки є джерелом інфекції для здорового насіння в період зберігання.

Ураження колоса впливає на інфікування зерна, у результаті чого недобір урожаю сягає 45–73%, погіршуються посівні якості насіння: енергія проростання і схожість можуть знижуватися на 24%, маса

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

1000 насінин – на 39–72%. Пустоколосість уражених колосків інколи досягає 60%.

В ураженому зерні погіршується щільність клейковини, зменшується кількість білка. За наявності фузаріозного зерна під час розмелу погіршується якість борошна, випечений хліб втрачає об'єм та пористість. У ньому появляються тріщини, а м'якуш має коричневий відтінок. Зерно, уражене такими збудниками, як *F. sporotrichiella* та *F. graminearum* виділяють сильні мікотоксини і можуть викликати отруєння людей та тварин (Dzham, & Mykhailenko, 2021; Sechniak, Miros, & Dovganiuk, 2019).

Мета. Основна мета науково-дослідної роботи – виявлення імунологічних властивостей у популяціях третього покоління і створення інфекційного матеріалу, фону патогена та проведення оцінювання гібридів F_3 пшениці м'якої озимої за стійкістю проти патогена *Fusarium graminearum* та елементами продуктивності колоса. Встановлення рівня гомеостатичності, селекційної цінності гібридів F_3 пшениці м'якої озимої за ознаками продуктивності колоса на фонах збудника фузаріозу.

Методи. Експериментальна частина досліджень виконана у 2022, 2023 рр. у селекційних сівозмінах на природньому фоні, штучному інфекційному та лабораторних умовах (мікологічний аналіз)

лабораторії селекції озимої пшениці МІП. Для максимальної реалізації елементів продуктивності та зручності добору і обліку застосовували розріджений спосіб посіву: відстань між рослинами в рядку 5 см, між рядками – 30 см, довжина рядка 1 м. Селекційний матеріал був висіяний у трьох повтореннях, одне з них слугувало як контроль, а два інших – інокулювали збудником *F. graminearum*.

Матеріалом для досліджень слугували 30 гібридів F_3 пшениці м'якої озимої лабораторії селекції озимої пшениці МІП. Дослідження проводили в умовах штучної інокуляції збудником хвороби у польовому інфекційному розсаднику. Для створення штучного інфекційного фону збудника хвороби та вивчення стійкості рослин використовували загальноприйняті методики (Geshele, 1971; Babayants, & Babayants, 2014) у лабораторних і польових інфекційних розсадниках.

Аналіз елементів продуктивності колоса здійснювали за ознаками: довжина головного колоса, кількість зерен із головного колоса та маса зерна з головного колоса. Проводили обчислення статистичних показників: середнього арифметичного (\bar{X}), коефіцієнта варіації (V, %) (Zamlila, 2021). Загальну гомеостатичність і селекційну цінність визначали за методикою В. О. Гопцій і Р. В. Криворученка (Hoptsi, & Kryvoruchenko, 2020). Розрахунки

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

гомеостатичності (Hom) та селекційної цінності (Sc) проводили за відповідними формулами:

$$Hom = \bar{X}^2 / S,$$

де \bar{X} – узагальнена за генотипом середня арифметична; S – середнє квадратичне відхилення.

$$Sc = \bar{X} (x_{lim} / x_{max}),$$

де x_{lim} – приймали найнижче значення ознаки досліджень (x_{min}), а за x_{opt} – відповідно найвище (x_{max}).

Для визначення мінливості та адаптивності ознак продуктивності головного колоса гібридів пшениці м'якої озимої нами була проведена оцінка даних метеорологічної станції – А Миронівка (2022/23 р.) (Weather in AS Myronivka 2022/23). Метеорологічні умови 2022/23 вегетаційного року були не сприятливими для розвитку збудників хвороб. Середня температура повітря у період «серпень 2022 р. – липень 2023 р.» становила 9,7 °С, що на 0,8 °С більше середньої багаторічної. У серпні та листопаді 2022 р. середньомісячні температури повітря перевищували середні багаторічні на 1,2 і 1,7 °С відповідно, а в вересні і жовтні – були нижчі на 1,6 і 0,5 °С відповідно. Рослини пшениці озимої в 2022 р. припинили свою вегетацію 15 листопада за середньодобової температури повітря +4,0 °С. У листопаді випало 80,9 мм опадів, що на 40,8 мм більше порівняно із середньобагаторічними.

Середньодобовий перехід через 0 °С до зниження температурного режиму

відмічали 18.11.22 р., 30.11.22 р., 13.12.22 р. та 18.12.22°р.

Підвищення температури повітря спостерігали у грудні 2022 р. (11.12 – плюс 8,6 °С) та січні 2023 р. (1.01 – плюс 9,5 °С; 18.01 – плюс 8,7 °С) при тому, що середні багаторічні значення відповідали -1,6 °С та -3,4 °С. Максимальне значення температури за зимовий період становило 11 °С (11.12.2022), 12,4 °С (01.01.2023) та 13,2 °С (20.01.2023).

Мінусові температури повітря відмічені 11 січня 2023 р. – мінус 10,4 °С та 9 лютого 2023 р. – мінус 11,7 °С із температурою на глибині залягання вузла кушіння -5,5°С. Відновлення вегетації рослин озимини в 2023 р. зафіксовано 21 березня за середньодобової температури повітря +9,0 °С.

У весняно-літній період вегетації пшениці показники середньомісячних температур були нижчі багаторічних на 0,5–0,2 °С, лише у червні вони були вищі на 0,4 °С.

У квітні відзначали надмірне вологозабезпечення, перевищення кількості опадів від норми становило 40,0 мм, а у подальшому впродовж періоду з травня по червень спостерігали досить гострий дефіцит опадів, особливо це відчутно було у травні – лише 21,0 мм (середньобагаторічний показник – 51,4 мм).

Весняний (квітень – червень) період не сприяв розвитку збудника *F. graminearum*. Відповідно рівень

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

гідротермічного коефіцієнта (ГТК) був низьким: квітень – 0,89, травень – 0,46, червень – 0,67, а інтенсивність ураження збудником фузаріозу колосу сягала від 1,0 до 10,4 % на штучно-інфекційному фоні, на природному – 1,0 – 3,1 %, що свідчить про незначне ураження рослин пшениці озимої.

Результати. У ході виконання селекційних програм часто визначають селекційну цінність генотипів. Так, за оцінкою параметрів гомеостатичності (Ном) і селекційної цінності (Sc) встановлено, що чим вищий рівень їх прояву, тим стабільнішим і значущим є сорт, зразок, лінія, гібрид у мінливих погодних умовах вегетаційного періоду [13].

Аналіз результатів вивчення гібридів F₃ пшениці м'якої озимої за ознакою «довжина головного колоса» на трьох фонах збудника (природньому, штучно-інфекційному, мікологічний аналіз) *F. graminearum* свідчить про існування незначної (двадцять дев'ять гібридів) ($V = 0 - 9,7 \%$) і середньої (один гібрид) ($V = 10,7 \%$) мінливості (табл. 1).

Виокремили 20 (66,6 %) гібридних комбінацій які перевищували за довжиною головного колоса середнє значення в досліді (10,4 см).

Найбільшу довжину головного колоса, в середньому на трьох фонах збудника, серед досліджуваних

гібридних комбінацій спостерігали у МІП Княжна / (Миронівська ранньостигла / CATALON) (13,8 см), (Донской простор / Славна) / МІП Вишиванка (11,6 см) та реципрокна комбінація МІП Вишиванка ↔ [(Мікон / ALMA) / Легенда Миронівська] (11,6 см, 11,7 см відповідно). При цьому для них був характерним відносно високий рівень гомеостатичності (Ном = 167, 355, 178 відповідно) і незначний коефіцієнт варіації – $V = 5,9 \%$, $V = 4,4 \%$ та $V = 6,8 \%$ відповідно. Селекційна цінність цих гібридів зафіксована вище середньої і становила відповідно Sc = 13,1, 12,9, 14,0.

Високий рівень гомеостатичності за ознакою «довжина головного колоса» спостерігали у комбінаціях (Донской простор / Славна) / МІП Фортуна (Ном = 252), (Миронівська ранньостигла / CATALON) / Аврора Миронівська (Ном = 250), (MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Княжна (Ном = 217).

Високою селекційною цінністю за довжиною колоса характеризували комбінації G6 – Донской простор / Славна) / МІП Вишиванка, G10 – (BILINMEVEN-49 / Наталка) / Подолянка, G28 – (Миронівська ранньостигла / CATALON) / Світанок Миронівський (Sc = 14,2, 14,1 14,0 відповідно). Низький коефіцієнт варіації виявили у реципрокній гібридній комбінації МІП Фортуна ↔

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

(Донской простор / Славна)

(відповідно $V = 0,1 \%$, 0%) (рис. 1).

1. Гомеостатичність та селекційна цінність гібридів F_3 пшениці м'якої озимої за довжиною головного колоса (три фони збудника *Fusarium graminearum*), 2023 р.

Генотип	Комбінація схрещування	\bar{X} , см	Ном	Sc	V, %
G1	МІП Княжна / (MV 20-88 / Смуглянка)	10,4	182	12,9	7,6
G2	(MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Княжна	5,2	217	11,3	4,6
G3	МІП Княжна / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	10,5	197	0,6	6,8
G4	(BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Княжна	10,5	109	12,5	6,6
G5	МІП Княжна / (Донской простор / Славна)	11,2	183	13,1	6,6
G6	(Донской простор / Славна) / МІП Княжна	10,1	207	11,6	6,9
G7	МІП Княжна / (МИР ранньостигла / CATALON)	13,8	167	13,1	5,9
G8	(МИР ранньостигла / CATALON) / МІП Княжна	10,0	118	11,9	8,9
G9	Подольянка / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	9,1	194	10,4	5,0
G10	(BILINMEVEN-49 / Наталка) / Подольянка	10,7	135	14,1	10,7
G11	Подольянка / (Донской простор / Славна)	9,8	154	11,8	6,3
G12	(Донской простор / Славна) / Подольянка	9,5	106	12,2	9,7
G13	Подольянка / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]	11,0	137	12,3	6,4
G14	[(Мікон / ALMA) / Легенда МИР] / Подольянка	10,2	160	12,2	7,0
G15	МІП Вишиванка / (MV 20-88 / Смуглянка)	10,8	121	13,6	9,4
G16	(MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Вишиванка	10,1	134	12,4	8,3
G17	МІП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	10,8	151	13,1	7,5
G18	(BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Вишиванка	10,5	149	12,8	7,1
G19	МІП Вишиванка / (Донской простор / Славна)	10,9	146	13,2	8,1
G20	(Донской простор / Славна) / МІП Вишиванка	11,6	167	14,2	7,1
G21	МІП Вишиванка / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]	11,6	355	12,9	4,4
G22	[(Мікон / ALMA) / Легенда МИР] / МІП Вишиванка	11,7	174	14,0	6,8
G23	МІП Фортуна / (Донской простор / Славна)	10,1	132	12,4	0,1
G24	(Донской простор / Славна) / МІП Фортуна	10,7	252	11,7	0
G25	МІП Фортуна / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]	10,8	148	13,4	8,3
G26	[(Мікон / ALMA) / Легенда МИР] / МІП Фортуна	10,8	158	13,0	7,4
G27	Світанок МИР / (МИР ранньостигла. / CATALON)	10,6	144	12,8	7,8
G28	(МИР ранньостигла / CATALON) / Світанок МИР	10,5	172	14,0	2,7
G29	Аврора МИР / (МИР ранньостигла / CATALON)	10,8	178	12,5	6,2
G30	(МИР ранньостигла / CATALON) / Аврора МИР	10,1	250	11,2	4,0
	Середнє по досліді	10,4	170	12,2	6,4
	<i>max</i>	13,8	355	14,2	10,7
	<i>min</i>	5,2	106	0,6	0

Примітки: 1 v – коефіцієнт варіації, 2 Sc – селекційна цінність, 3 Ном – гомеостатичність, 4. \bar{X} – середнє арифметичне, 5. МИР – Миронівська, Миронівський.

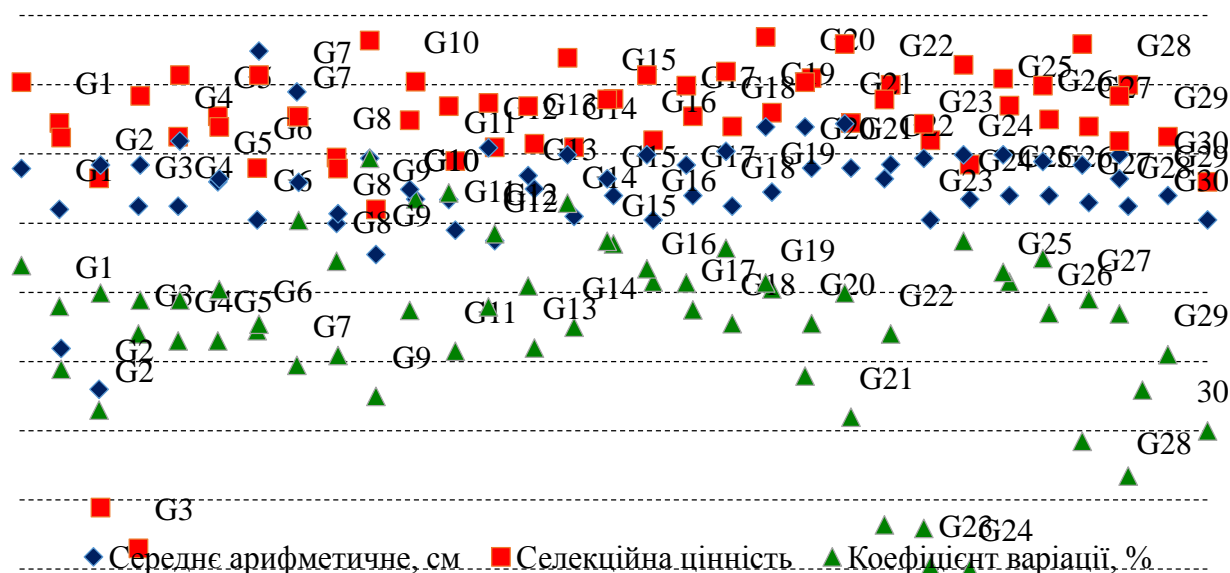


Рис. 1. Селекційна цінність гібридів F₃ пшениці м'якої озимої за довжиною головного колоса (три фони збудника *F. graminearum*), 2023 р.

Мінливість ознаки «кількість зерен із головного колоса» була незначною у 13 (43,3 %) гібридних комбінаціях, середньою у 17 (56,6 %) (табл. 2). Незначний коефіцієнт варіації виявили у реципрокній комбінації МІП Фортуна ↔ (Донской простор / Славна) $V = 0,1 \%$, 0%

відповідно, МІП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка) ($V = 4,6 \%$) та (MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Княжна ($V = 6,7 \%$). Коефіцієнт варіації розміщений в межах від 0,1 до 25,7 % при середньому по досліді – 10,5 %.

2. Гомеостатичність та селекційна цінність гібридів F₃ пшениці м'якої озимої за кількістю зерен із головного колоса (три фони збудника *Fusarium graminearum*), 2023^ор.

Гено тип	Комбінація схрещування	\bar{X} , шт.	Hom	Sc	V, %
G1	МІП Княжна / (MV 20-88 / Смуглянка)	62,6	539	85,4	12,0
G2	(MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Княжна	39,2	504	68,9	6,7
G3	МІП Княжна / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	61,6	472	5,8	11,3
G4	(BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Княжна	56,0	643	71,7	9,5
G5	МІП Княжна / (Донской простор / Славна)	60,8	454	75,6	8,8
G6	(Донской простор / Славна) / МІП Княжна	62,2	409	91,0	15,8
G7	МІП Княжна / (МИР ранньостигла / CATALON)	55,4	281	71,2	11,7
G8	(МИР ранньостигла / CATALON) / МІП Княжна	56,0	459	79,2	12,7
G9	Подольянка / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	52,4	620	67,0	8,9
G10	(BILINMEVEN-49 / Наталка) / Подольянка	57,7	482	87,6	16,7
G11	Подольянка / (Донской простор / Славна)	62,4	412	80,3	9,3
G12	(Донской простор / Славна) / Подольянка	58,5	674	72,4	9,3

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

G13	Подільянка / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]	64,1	532	79,9	12,3
G14	[(Мікон / ALMA) / Легенда МИР] / Подільянка	63,8	592	83,1	11,1
G15	МІП Вишиванка / (MV 20-88 / Смуглянка)	66,9	376	94,2	13,4
G16	(MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Вишиванка	59,8	409	75,4	8,8
G17	МІП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	66,2	145	74,4	4,6
G18	(BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Вишиванка	58,0	540	78,4	11,6
G19	МІП Вишиванка / (Донской простор / Славна)	55,8	219	113,8	25,7
G20	(Донской простор / Славна) / МІП Вишиванка	58,6	433	72,5	9,9
G21	МІП Вишиванка / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]	62,8	637	82,2	10,8
G22	[(Мікон / ALMA) / Легенда МИР] / МІП Вишиванка	64,2	603	84,1	10,6
G23	МІП Фортуна / (Донской простор / Славна)	56,3	327	89,5	0,2
G24	(Донской простор / Славна) / МІП Фортуна	64,1	577	82,9	0,1
G25	МІП Фортуна / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]	71,3	498	87,8	8,7
G26	[(Мікон / ALMA) / Легенда МИР] / МІП Фортуна	61,9	501	85,7	14,1
G27	Світанок МИР / (МИР ранньостигла / CATALON)	66,4	591	89,2	11,7
G28	(МИР ранньостигла / CATALON) / Світанок МИР	63,1	523	84,5	11,9
G29	Аврора МИР / (МИР ранньостигла / CATALON)	56,2	486	75,4	11,5
G30	(МИР ранньостигла / CATALON) / Аврора МИР	55,4	717	68,0	8,1
	Середнє по досліді	59,9	488,5	78,5	10,5
	<i>max</i>	71,3	717	94,2	25,7
	<i>min</i>	39,2	145	5,8	0,1

Примітки: 1 v – коефіцієнт варіації, 2 Sc – селекційна цінність, 3 $Ном$ – гомеостатичність, 4. \bar{X} – середнє арифметичне, 5. МИР – Миронівська, Миронівський

У результаті проведених досліджень за ознакою «кількість зерен із головного колоса» встановлено, що 17 (56,6 %) гібридних комбінацій мали значення, яке перевищувало середній показник у досліді – 59,9 шт. Найвищий прояв даної ознаки спостерігали у комбінаціях МІП Фортуна / [(Мікон / ALMA) / Легенда Миронівська] (71,3 шт.), МІП Вишиванка / (MV 20-88 / Смуглянка) (66,9 шт.) та Світанок Миронівський / (Миронівська ранньостигла / CATALON) (66,4 шт.). Для цих комбінацій характерний високий рівень гомеостатичності ($Ном = 498, 376, 591$, відповідно) та низький і середній коефіцієнти варіації (8,7 %, 13,4 %, 11,7 %

відповідно). 56,6 % комбінацій мали вищу гомеостатичність за середнє по досліді ($Ном = 488,5$). Високу гомеостатичність устанолено для гібридних комбінацій: (Миронівська ранньостигла / CATALON) / Аврора Миронівська ($Ном = 717$), (Донской простор / Славна) / Подільянка ($Ном = 674$), та (BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Княжна ($Ном = 643$), для них також була характерною висока селекційна цінність та незначний коефіцієнт варіації.

Високу селекційну цінність ($Sc = 113,8$) визначили у комбінації G19 – МІП Вишиванка / (Донской простор / Славна) при цьому коефіцієнт варіації у ній середній, G6 – (Донской простор / Славна) / МІП Княжна ($Sc = 91,0$),

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

G15 – МІП Вишиванка / (MV 20-88 /

Смуглянка) (Sc = 94.2) (рис. 2).

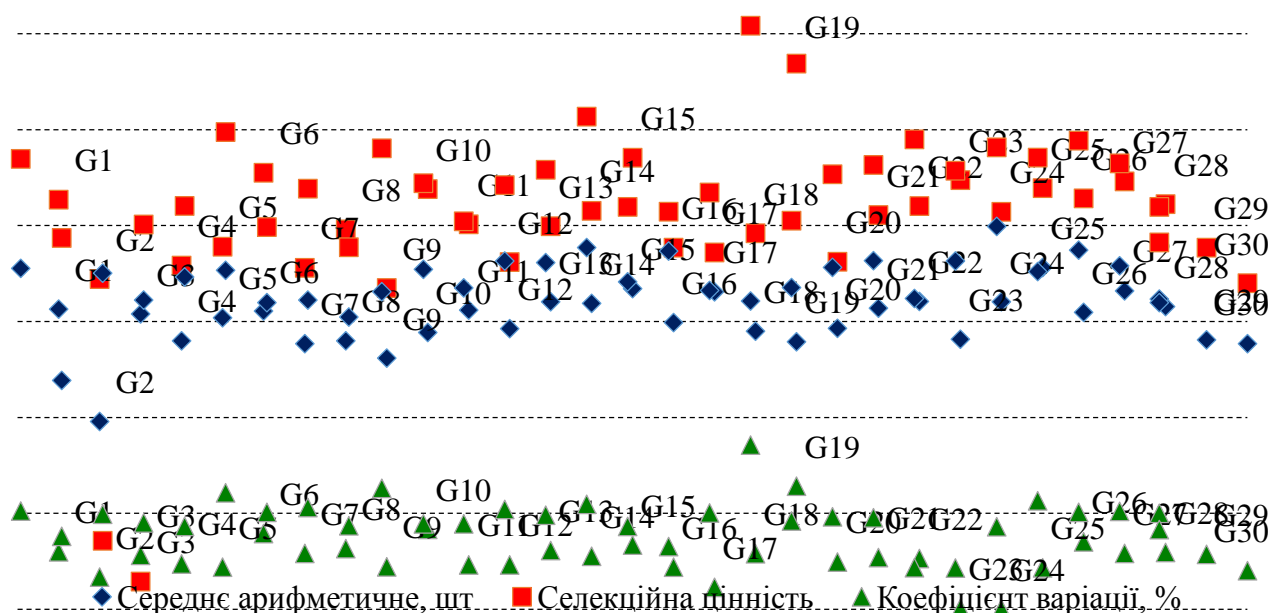


Рис. 2. Селекційна цінність гібридів F₃ пшениці м'якої озимої за кількістю зерен із головного колоса (три фони збудника *Fusarium graminearum*), 2023^oр.

Незначним варіювання, на трьох фонах збудника фузаріозу колосу, за ознакою «маса зерна з головного колоса» володіли 13,3 % досліджуваних гібридних комбінацій, а низькою – 90,0 % (табл. 3). Слід відзначити реципронку комбінацію схрещування G23, 24 МІП Фортуна ↔ (Донской простор / Славна) у якої коефіцієнт варіації найнижчий (V = 0,2 %, 0,1 % відповідно), також незначну мінливість виявили у гібридів (MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Княжна (V = 6,7 %), МІП Фортуна / [(Мікон / ALMA) / Легенда Миронівська] (V = 7,6 %).

Максимальний прояв ознаки 3,5 г спостерігали у комбінаціях схрещування МІП Вишиванка / [(Мікон / ALMA) / Легенда Миронівська], МІП Вишиванка / (MV 20-88 / Смуглянка) та (Донской простор / Славна) / МІП Фортуна для них також характерна висока селекційна цінність (відповідно Sc = 4,8, 5,9, 4,4). У результаті проведених досліджень за ознакою «маса зерна з головного колоса» встановлено, що 17 (65,6 %) комбінацій схрещування мали значення, яке перевищувало середній показник у досліді – 3,1 г.

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

3. Гомеостатичність та селекційна цінність гібридів F₃ пшениці м'якої озимої за масою зерна з головного колоса (три фони збудника *Fusarium graminearum*), 2023^р.

Генотип	Комбінація схрещування	\bar{X} , г	Ном	Sc	V, %
G1	МІП Княжна / (MV 20-88 / Смуглянка)	3,1	24,0	4,5	13,5
G2	(MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Княжна	3,1	76,6	3,6	6,7
G3	МІП Княжна / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	3,2	25,6	0,5	12,3
G4	(BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Княжна	2,9	28,6	3,9	10,7
G5	МІП Княжна / (Донской простор / Славна)	3,4	35,0	4,5	10,1
G6	(Донской простор / Славна) / МІП Княжна	3,1	30,6	4,2	11,6
G7	МІП Княжна / (МИР ранньостигла / CATALON)	2,8	27,6	3,8	13,2
G8	(МИР ранньостигла / CATALON) / МІП Княжна	2,9	22,3	4,3	14,0
G9	Подольянка / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	2,8	25,6	3,7	11,3
G10	(BILINMEVEN-49 / Наталка) / Подольянка	2,9	18,6	4,7	17,6
G11	Подольянка / (Донской простор / Славна)	3,2	36,0	4,2	10,4
G12	(Донской простор / Славна) / Подольянка	3,4	34,6	4,6	10,5
G13	Подольянка / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]	3,2	31,3	3,9	10,4
G14	[(Мікон / ALMA) / Легенда МИР] / Подольянка	3,4	26,6	4,7	12,9
G15	МІП Вишиванка / (MV 20-88 / Смуглянка)	3,5	7,0	5,9	16,5
G16	(MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Вишиванка	3,2	31,0	4,1	11,8
G17	МІП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	3,2	31,6	4,1	11,4
G18	(BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Вишиванка	2,9	27,6	3,9	11,3
G19	МІП Вишиванка / (Донской простор / Славна)	3,2	30,3	5,1	17,5
G20	(Донской простор / Славна) / МІП Вишиванка	3,1	22,6	4,3	13,9
G21	МІП Вишиванка / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]	3,5	18,0	4,8	12,1
G22	[(Мікон / ALMA) / Легенда МИР] / МІП Вишиванка	3,4	25,5	4,7	13,4
G23	МІП Фортуна / (Донской простор / Славна)	2,6	17,0	4,3	0,1
G24	(Донской простор / Славна) / МІП Фортуна	3,5	15,8	4,4	0
G25	МІП Фортуна / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]	3,2	54,6	4,0	7,6
G26	[(Мікон / ALMA) / Легенда МИР] / МІП Фортуна	3,2	24,3	4,7	14,7
G27	Світанок МИР / (МИР ранньостигла / CATALON)	2,7	27,6	3,7	11,9
G28	(МИР ранньостигла / CATALON) / Світанок МИР	3,3	28,0	4,7	13,1
G29	Аврора МИР / (МИР ранньостигла / CATALON)	3,3	20,0	5,2	18,2
G30	(МИР ранньостигла / CATALON) / Аврора МИР	2,7	28,6	3,8	11,4
	Середнє по досліді	3,1	28,4	4,2	11,6
	<i>max</i>	3,5	76,6	5,9	18,2
	<i>min</i>	2,6	7,0	0,5	0

Примітки: 1 v – коефіцієнт варіації, 2 Sc – селекційна цінність, 3 Ном – гомеостатичність, 4. \bar{X} – середнє арифметичне, 5. МИР – Миронівська, Миронівський

Високий рівень гомеостатичності за ознакою «маси зерна з головного колоса» установили у гібридних комбінаціях (MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Княжна (Ном = 76,6), МІП Фортуна / [(Мікон / ALMA) / Легенда Миронівська] (Ном = 54,6), Подольянка / (Донской простор / Славна) (Ном = 36,0) та МІП Княжна / (Донской простор / Славна) (Ном = 35,0). Варто зазначити, що у гібриду МІП Вишиванка / (MV 20-88 / Смуглянка) рівень гомеостатичність низький (Ном = 7), при цьому

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

селекційна цінність була високою ($S_c = 5,9$) і маса зерна з колоса перевищувала середнє по досліді (3,1 г) і становила 3,5 г.

Селекційна цінність за даною ознакою знаходилась в межах від $S_c = 0,5$ до 5,9. Кращими комбінаціями схрещування, за селекційною

цінністю, виявили G15 – МП Вишиванка / (MV 20-88 / Смуглянка), G29 – Аврора Миронівська / (Миронівська ранньостигла / CATALON), G20 – МП Вишиванка / (Донской простор / Славна) (відповідно $S_c = 5,9, 5,2, 5,1$) (рис. 3).

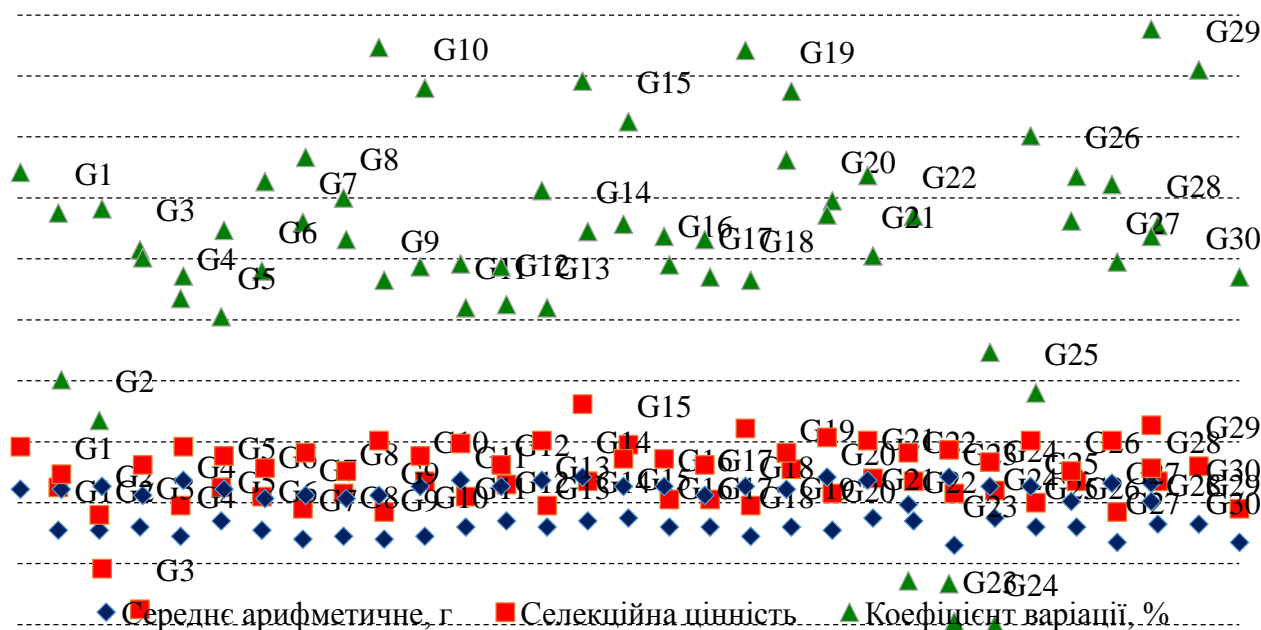


Рис. 3. Селекційна цінність гібридів F_3 пшениці м'якої озимої за масою зерна з головного колоса (три фони збудника *Fusarium graminearum*), 2023р.

Проаналізувавши дослідження за ознаками «довжина головного колоса», «кількість зерен із головного колоса» та «маса зерна з головного колоса» встановлено, що реципрочною комбінацією схрещування МП Фортуна ↔ (Донской простор / Славна) відзначили незначною варіацією (V) від 0 % до 0,2 % та високою селекційною цінністю. Вищий рівень гомеостатичності був характерний для зворотної комбінації (Донской простор / Славна) / МП Фортуна, який перевищував середнє

по досліді для ознак – «довжина головного колоса» ($Hom = 252$, середнє по досліді 170), «кількість зерен із головного колоса» ($Hom = 577$, середнє по досліді 488,5). За ознакою «маса зерна з головного колоса» рівень гомеостатичності був низьким.

Висновки і перспективи (Discussion). За результатами досліджень (на трьох фонах збудника *Fusarium graminearum*) проведено оцінку гомеостатичності і селекційної цінності гібридних комбінацій F_3

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

пшениці м'якої озимої за ознаками продуктивності колоса. Виявлено існування суттєвої диференціації гібридними комбінаціями за рівнем розвитку ознак продуктивності та гомеостатичності. Виділено ряд комбінацій пшениці, які можуть бути використані як джерела високої гомеостатичності і потенційної продуктивності колоса в комбінативній селекції (МПП Фортуна ↔ (Донской простор / Славна), МПП

Фортуна / [(Мікон / ALMA) / Легенда Миронівська], МПП Вишиванка / [(Мікон / ALMA) / Легенда Миронівська]) та інші.

Варто звернути увагу, при використанні в схрещуваннях, на генотипи в яких високий рівень розвитку комплексу ознак продуктивності поєднується з високою гомеостатичністю, селекційною цінністю та низьким коефіцієнтом варіації.

Список використаних джерел

1. Мойсієнко В. В., Назарчук О. П., Іщенко М. В. Підвищення врожайності та якості пшениці озимої за осіннього гербіцидного обробітку. *Наукові горизонти*. 2020. № 08 (93). С. 98–103. doi: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-98-103.

2. Рибка В., Компанієць В., Кулик А. Виробництво зерна у розрізі витрат. *Агробізнес сьогодні*. 2018. URL: <http://agrobusiness.com.ua/agro/ahron.-sohodni/item/101vyrobnytstvozernau-rozrizi-vytrat.html> (дата звернення: 15.04.2021).

3. Діордієва І. П. Адаптивні особливості сортозразків пшениці спельти за кількісними ознаками якості зерна. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 44–49.

4. Лозінський М. В. Адаптивність селекційних номерів пшениці озимої, отриманих від схрещування різних екотипів, за кількістю колосків в головному колосі. *Агробіологія*. 2018. 1. С. 233–243.

5. Білоусова З. В. Оцінка адаптивного потенціалу сортів пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) в умовах південного Степу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 3 (73). doi: 10.31548/dopovidi2018.03.013.

6. Хоменко С. О., Федоренко І. В., Федоренко М. В. Гомеостатичність та селекційна цінність колекційних зразків пшениці м'якої ярої для умов Лісостепу України. *Миронівський вісник*. 2016. № 3. С. 85–93. doi: 10.21498/2518-7910.0.2016.119180

7. Рожкова Т. О. Шкідливість *Fusarium* sp. з мікобіоти насіння пшениці озимої. *Вісник Сумського національного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2022. Вип. 1 (47). С. 119–124. doi: 10.32845/agrobio.2022.1.16

8. Hagerty C. H., Namdar G. F., Rivedal H. M., Wen N., Yin C. Diagnostic guide: *Fusarium* head blight of cereal grains. *Plant Health Progress*. 2023. Vol. 24, No. 2. P. 252–257. doi: 10.1094/PHP-10-22-0110-DG

9. Chen Y., Kistler H. C., Ma Z. *Fusarium* graminearum trichothecene mycotoxins: biosynthesis, regulation, and management. *Annual Review of Phytopathology*. 2019. 57. P. 15–39.

10. Abbas A., Yli-Mattila T. Biocontrol of *Fusarium graminearum*, a causal agent of *Fusarium* head blight of wheat, and deoxynivalenol accumulation: from *in vitro* to *in planta*. *Toxins (Basel)*. 2022. Vol. 14, No. 5. 299. doi: 10.3390/toxins14050299

11. Тимошук Т. М., Котельницька Г. М., Гурманчук О. В., Серба І. В., Юрчик Р. В., Шульга О. В. Контроль збудників фузаріозу колосу пшениці озимої за використання сучасних фунгіцидів. *Наукові горизонти*. 2020. № 08 (93). С. 112–118. doi: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-112-118.

12. Джам М. А., Михайленко С. В. Видовий склад роду *Fusarium* на пшениці озимій у зоні Правобережного Полісся України. *Захист і карантин рослин*. 2021. Вип. 67. С. 131–139. doi: 10.36495/1606-9773.2021.67.131-139

13. Січняк О. Л., Мірось С. Л., Довганюк К. О. Цитогенетичні ефекти *Fusarium graminearum* Schwabe на злакові культури. *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2019. Т. 24, вип. 1 (44). С. 65–74. doi: 10.18524/2077-1746.2019.1(44).167886

14. Гешеле Э. Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур. Одесса: ВСГИ, 1971. 180 с.

15. Бабаянц О. В., Бабаянц Л. Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней: научно-методическое издание. Одесса, 2014. 400 с.

16. Замліла Н. П. Особливості визначення адаптивності селекційних ліній пшениці м'якої озимої в умовах Центральної частини Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.05 / Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН. Центральне, 2021. 24 с.

17. Гопцій В. О., Криворученко Р. В. Адаптивні властивості та селекційна цінність колекційних генотипів пшениці м'якої озимої за ознаками продуктивності колосу. *Зернові культури*. 2020. Т. 4, № 2. С. 230–242. doi: 10.31867/2523-4544/0130

18. Погода в АС Миронівка 2022/23 р. URL: <https://meteo.ua/9144/tsentralnoe#2023-11-15--16-00> (дата звернення 16.01.2024).

References

1. Moisienko, V.V., Nazarchuk, O.P., & Ishchenko, M.V. (2020). Improving the yield and quality of winter wheat during autumn herbicide cultivation. *Scientific Horizons*, 08(93), 98-103. doi: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-98-103.

2. Rybka, V., Kompaniets, V., & Kulyk, A. (2018). Grain production in terms of costs. *Agribusiness Today*. Retrieved from <http://agrobusiness.com.ua/agro/ahron.-sohodni/item/101-vyrobnystvovzernau-rozrizi-vytrat.html>.

3. Diordieva, I.P. (2018). Adaptive features of *Triticum Spelta* L. variety samples by the quantitative characteristics of grain quality. *Feeds and Feed Production*, 86, 44-49.

4. Lozinsky, M.V. (2018). Adaptability of breeding numbers of winter wheat, gained from hybridization of different ecotypes, following

the number of spikelets in the main spike. *Agrobiology*, 1, 233-243.

5. Bilousova, Z. (2018). Evaluation of adaptive potential of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties in the conditions of Southern Steppe of Ukraine. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 3(73). doi: 10.31548/dopovidi2018.03.013.

6. Khomenko, S.O., Fedorenko, I.V., & Fedorenko, M.V. (2016). Homeostasis and selective value of collection accessions of bread spring wheat for conditions of Forest-steppe of Ukraine. *Myronivka Bulletin*, 3, 85-93. doi: 10.21498/2518-7910.0.2016.119180

7. Rozhkova, T.O. (2022). Harmfulness of *Fusarium* sp. from mycobiota of winter wheat seeds. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 47(1), 119-124. doi: 10.32845/agrobio.2022.1.16

8. Hagerty, C.H., Namdar, G.F., Rivedal, H.M., Wen, N., & Yin, C. (2023). Diagnostic guide: *Fusarium* head blight of cereal grains. *Plant Health Progress*, 24(2), 252-257. doi: 10.1094/PHP-10-22-0110-DG

9. Chen, Y., Kistler, H.C., & Ma, Z. (2019). *Fusarium graminearum* trichothecene mycotoxins: biosynthesis, regulation, and management. *Annual Review of Phytopathology*, 57, 15-39. doi: 10.3390/toxins14050299

10. Abbas, A., & Yli-Mattila, T. (2022). Biocontrol of *Fusarium graminearum*, a causal agent of *Fusarium* head blight of wheat, and deoxynivalenol accumulation: from *in vitro* to *in planta*. *Toxins*, 14(5), 299. doi: 10.3390/toxins14050299

11. Tymoshchuk, T., Kotelnyska, H., Gurmanchuk, O., Serba, I., Yurchyk, R., & Shchulga, O. (2020). Control of causative agents of *Fusarium* head blight of winter wheat in applying modern fungicides. *Scientific Horizons*, 8, 112-118. doi: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-112-118.

12. Dzham, M., & Mykhailenko, S. (2021). Species composition of *Fusarium* spp. on winter wheat in the Right Bank Polissya of Ukraine. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Plant Protection and Quarantine*, 67, 131-139. doi: 10.36495/1606-9773.2021.67.131-139

Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В.

13. Sechniak, A.L., Miros, S.L., & Dovganiuk, E.A. (2019). Cytogenetic effects of *Fusarium graminearum* Schwabe on cereal culturess. *Bulletin of Odessa National University. Biology*, 24(1 (44)), 65-74. doi: 10.18524/2077-1746.2019.1(44).167886

14. Geshele, E.E. (1971). Methodical guide to phytopathological evaluation of cereals. Odessa: All-Union Breeding and Genetic Institute.

15. Babayants, O.V., & Babayants, L.T. (2014). Fundamentals of breeding and methodology for assessing wheat resistance to pathogens. Odessa.

16. Zamlila, N.P. (2021). *Peculiarities in determining adaptability of winter bread*

wheat breeding lines under environmental conditions of the central part of Ukrainian Forest-Steppe (Doctoral thesis, the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat, NAAS of Ukraine, Tsentralne, Ukraine).

17. Hoptsii, V.O., & Kryvoruchenko, R.V. (2020). Adaptive properties and selection value of the collection genotypes of winter wheat by the features of ear productivity. *Grain Crops*, 4(2). 230-242. doi: 10.31867/2523-4544/0130

18. Weather in AS Myronivka 2022/23. Retrived from <https://meteo.ua/9144/tsentralnoe#2023-11-15-16-00>.

ADAPTIVE PROPERTIES AND BREEDING VALUE OF F₃ HYBRID COMBINATIONS OF WINTER BREAD WHEAT FOR SPIKE PRODUCTIVITY TRAITS

L. A. Murashko, O. V. Humeniuk, V. V. Kyrylenko, N. P. Zamlila, Yu. M. Suddenko, N. V. Novytska

Abstract. *In the course of the research, F₃ hybrid combinations of winter bread wheat were evaluated for spike productivity traits and homeostaticity and breeding value for these traits were determined in 2022 and 2023. 30 hybrid combinations of F₃ winter bread wheat hybrids created at the Winter Wheat Breeding Laboratory of the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine were the object of research.*

A significant difference between the hybrids was found both in the level of the spike productivity traits and in their variability during the years of the research. The adaptive properties of the hybrid combinations were evaluated by determining the indicators of homeostaticity (Hom) and breeding value (Sc). It was determined that F₃ hybrid combinations of winter bread wheat had different levels of homeostaticity and breeding value. The most valuable are the hybrids that combine high homeostaticity and breeding value with a high level of productivity traits. After analysing the results of study on the traits “length of the main spike”, “grain number per main spike” and “grain weight per main spike” it was found that the reciprocal combination of MIP Fortuna ↔ (Donskoy Prostor / Slavna) was characterised with low variation (V) from 0% to 0.2% and high breeding value. A higher level of homeostaticity was characteristic of the reverse combination (Donskoy Prostor / Slavna) / MIP Fortuna and exceeded the average for the following traits: spike length (Hom = 252, average 170), grain number per spike (Hom = 577, average 488.5). These genotypes can be used as sources of spike productivity with high homeostaticity.

Keywords: *hybrid combination, homeostaticity, Fusarium head blight, backgrounds, coefficient of variation, winter bread wheat, breeding value*

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН САЛАТУ ПОСІВНОГО ЗА ГІДРОПОННОГО ВИРОЩУВАННЯ

І. І. ПАЛАМАРЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

E-mail: palamar-inna86@ukr.net

Я. А. МИХАЛЬЧУК, студент

E-mail: yaroslavmukhalchuk@gmail.com

Вінницький національний аграрний університет

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.012](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.012)

Анотація. Дослідження присвячені вивченню сортименту салату посівного в умовах гідропоніки. Встановлено, що приживленість рослин салату посівного залежала від типу та сорту. Найвищий відсоток приживленості мали рослини листкового салату сорту Афіціон (контроль) – 98,1 %, що на 0,6 та 3,7 % більше порівняно з іншими варіантами досліджу. У салату ромен вищу приживленість мали рослини сорту Рафаель – 97,9 %, що на 1,4 % більше за контрольний варіант.

Сорт Максимус (контроль) мав більшу висоту рослин – 16,1 см та більший діаметр розетки – 25,2 см. У сортів салату листкового типу найбільшим діаметром розетки листків характеризувались рослини сорту Афіціон (тип батавія) – 28,3 см, що більше на 4,0 та 7,9 см інших досліджуваних варіантів досліджу. У салату ромен більшою масою надземної частини характеризувались рослини сорту Максимус – 210 г. Серед сортів салату листкового більшим даний показник був у сорту Кірінія – 200 г.

В умовах гідропонного вирощування сорти салату формують різні показники врожаю. Більшу урожайність мав салат ромен сорту Максимус – 37,0 кг/м², що на 14,1 кг/м² більше порівняно з сортом Рафаель. Серед листкового салату більшою врожайністю характеризувались рослини сорту Кірінія – 35,2 кг/м², де приріст відносно контролю становив 10,6 кг/м². Урожайність різних типів салату коливалась від 158,4 т/га до 369,6 т/га. Найбільшу врожайність отримано за вирощування сортів Максимус (тип ромен) – 369,6 т/га та Кірінія (тип дуболистий) – 352,0 т/га з приростом відносно контрольного варіанту 42,9 т/га.

Ключові слова: тип, сорт, вирощування, біометричні параметри, врожайність

Актуальність. Забезпечення населення продуктами харчування є найважливішим завданням сільського господарства. Важливими для людського організму є овочеві рослини, адже вони є не від'ємною

складовою в щоденному раціоні людини.

В умовах сьогодення Україна знаходиться у воєнному стані, значна частина території країни, зокрема землі сільськогосподарського

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.

призначення перебувають під тимчасовою окупацією. Це призвело до зменшення сільськогосподарських угідь, у тому числі і тих де вирощували овочеві культури. На сьогоднішній день виникає проблема у забезпеченні населення країни достатньою кількістю овочевих рослин. Одним із шляхів вирішення вище наведених проблем є використання гідропонного вирощування овочів.

Гідропоніка – це метод вирощування рослин на поживних розчинах, не використовуючи при цьому ґрунт. На заміну ґрунту можна використовувати субстрати, які будуть утримувати в собі поживний розчин та в яких буде розміщуватись коренева система рослин. Гідропоніка дає можливість: оптимально використовувати генетичний потенціал рослин, в повній мірі можливе регулювання мінерального живлення, помітно підвищується урожайність та якість продукції, більш ефективно використовувати простір, а також можливість отримання продукції в коротші строки за рахунок скорочення фаз росту та розвитку і зокрема у будь-який період за рахунок використання закритого ґрунту та можливості створення оптимальних умов в несезонний період і тим самим долаючи сезонне надходження овочів.

Варто відмітити, що гідропонне вирощування овочів не передбачає

використання гербіцидів, що дає можливість отримати більш екологічно чисту овочеву продукцію.

Важливим аспектом є те, що сьогодні постає проблема глобального потепління. В умовах України все більше територій охоплює зона не стійкого зволоження, що супроводжується підвищенням середньорічного температурного показника, зокрема температури під час вегетаційного періоду, також значно збільшується посушливий період. На ряду з цим постає проблема у водозабезпеченні рослин. Гідропоніка передбачає зменшення витрат води, а тому має місце до використання в умовах не стійкого зволоження. Гідропоніка дає можливість вирощувати овочі повсюдно, там де не має родючих ґрунтів.

На сьогоднішній день все більше країн широко використовують гідропоніку як метод вирощування рослин. Зокрема такі країни як: США, Нідерланди, Австралія, Канада, ряд азіатських країн та ін.

Отже, у результаті гідропоніка дозволяє регулювати умови вирощування рослин – створювати режим живлення для кореневої системи, який повністю забезпечує потреби рослин в поживних елементах. Використовуючи технологію гідропоніки в закритих приміщеннях можливо регулювати концентрацію вуглекислого газу в повітрі, сприятливу для фотосинтезу,

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.

регулювати вологість повітря, температуру повітря, а також тривалість і інтенсивність освітлення. Створення ідеальних умов для росту рослин забезпечує отримання максимальних врожаїв, кращої якості і за більш короткий термін, що є досить актуальним. Для подолання проблеми сезонного вирощування овочів у тому числі і салату посівного його вирощують в спорудах закритого і відкритого ґрунту. В останні роки все більшої уваги приділяють гідропонному вирощуванню рослин, оскільки вони дають можливість в більш повній мірі регулювати режими живлення рослин та в цілому умови мікроклімату, зникає така потреба як пропарювання ґрунту, що є досить енергозатратним у ґрунтових теплицях. Вивчення особливостей вирощування зеленних овочевих культур в умовах гідропоніки в нашій країні ще не достатньо вивчене, тому дослідження є актуальними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Серед великої кількості овочевих рослин у світі велику увагу приділяють тим, які дають ранню продукцію. До таких рослин відносяться різні види салату посівного. Салат є досить цінною овочевою рослиною, яка має багатий хімічний склад завдяки наявності вітамінів та мінеральних речовин. Норма споживання даного овочу має складати 5 кг в рік. Проте, відомо, що в середньому українець споживає в

рік 1 кг салату, а це у 5 разів менше річної норми. Таку нестачу пов'язують з сезонним вирощуванням культури (Khareba, et al. 2021).

Салат посівний (*Lactuca sativa* L.) є одним з найбільш поширених та найбільш врожайних зеленних овочевих рослин, що вирощуються в умовах відкритого та закритого ґрунту в Україні. На сьогоднішній день споживання зеленних забезпечується не в повній мірі, але збільшення посівних площ постійно відбувається за рахунок вирощування у відкритому та закритому ґрунті (Korniienko, et al, 2017; (Miller, Langenhoven, Nemali, 2020).

Асортимент салату для споживання у свіжому вигляді не достатній, порівнюючи з основними овочевими культурами. Правильно підібраний сорт та вид салату дасть можливість збільшити врожайність, поліпшити його якість та подовжити строки надходження до споживачів і в цілому підвищити загальний вихід продукції (Khareba, et al, 2021). Важливу роль відіграє і вибір різновиду салату.

За даними досліджень Ковальова М.М., Звездуна О.М. згідно розробленою технологією гідропонної системи було отримано сталі врожаї рослин салату ромен сортів Максимус та Кармесіна за різних типів природних та штучних субстратів. Вивчено ефективність поживних розчинів в результаті чого виявлено позитивну їх дію на

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.

розвиток кореневої системи та надземної частини у досліджуваних сортів салату ромен (Kovalov, & Zviezdun, 2021).

За аналізом ринку зеленних овочевих культур Рудь В.П. ринок даного сегменту знаходиться на початковому етапі розвитку. Основні фактори, що впливають на його розвиток це якість продукції, вартість, упаковка.

Важливим фактором є також свідомість людей щодо споживання свіжих овочів у тому числі зеленних, які є джерелом вітамінів, антиоксидантів та мінералів. Подальший розвиток ринку зеленних рослин в Україні потрібно спрямувати на організацію високоінтенсивного виробництва на основі впровадження сучасних технологій, нових високопродуктивних сортів і гібридів (Rud, 2021).

Проведені дослідження морфологічних особливостей та урожайності салату листового показали, що досить продуктивними є сорти Експлор і Кітонія, які забезпечили урожайність на рівні 42,7 та 37,4 т/га відповідно, з приростом відносно контролю на 8,7 та 3,4 т/га. Загальна оцінка продуктивності сортів салату посівного свідчить про те, що вони придатні для вирощування в умовах відкритого ґрунту (Kutovenko, Kostenko, Lytvyn, 2017).

Рядом досліджень встановлено, що у вирощуванні салату значну роль відіграє сорт, вплив якого у зростанні валового збору складає 30-50 %. Сорти відрізняються різною пластичністю до умов вирощування, вони мають різну реакцію на умови зовнішнього середовища та мікроклімату в спорудах закритого ґрунту. Для отримання найвищих показників врожаю потрібно підбирати найбільш продуктивні сорти та гібриди.

Гідропоніка – це інноваційний та ефективний спосіб вирощування рослин без ґрунту. При вирощуванні гідропонним методом, рослини живляться поживним розчином в якому знаходиться їх коренева система. Водне середовище де ростуть рослини, достатньо насичене киснем сильно аероване, а середовище з твердого субстрату є досить пористим, що сприяє диханню коренів, і потребує порівняно частого поливу живильним розчином.

Гідропонне вирощування рослин дає можливість значно економити воду. Враховуючи зміни клімату, зменшення родючих земель і надмірне використання пестицидів, вирощування овочевих рослин значно ускладнилось. Також, проблемою є збудники хвороб та шкідників, які зберігаються у ґрунті тривалий час. Тому досить актуальним є використання гідропонного вирощування в овочівництві

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.
(Lytvynenko, & Mikhieienko, 2021;
Huang, Yuan, Liu, 2021).

Науковці усіх країн шукають шляхи економного використання водних ресурсів (Boretti, & Rosa, 2019; Islam, 2019; Germer, 2023; Majid, 2021). На сьогоднішній день гідропонна технологія отримала всесвітнє визнання і широко поширилася в багатьох країнах світу. За даними Литвиненко Р.В. та ін. рослини вирощені в умовах гідропоніки мають підвищений вміст мінеральних солей та довший період зберігання. При застосуванні гідропонного вирощування значно подовжується період надходження продукції. При тій же кількості виробленої продукції порівняно з традиційним методом зменшення споживання води становить 70 – 80 % (Lytvynenko, & Mikhieienko, 2021).

На овочеві культури у тому числі і салат посівний попит є круглорічно. Саме тому з точки зору збуту, дані культури є досить вигідними у вирощуванні. Також салат посівний забезпечує досить високі показники врожаю. Існує економія у добривах, засобах захисту рослин, воді, підготовці ґрунту. Вирощувати овочі гідропонним методом можна в будь-якій місцевості.

Мета. Вивчення особливостей росту та розвитку різних типів салату посівного за гідропонного вирощування.

Методи. Дослідження з вивчення особливостей росту та

розвитку різних типів салату посівного проводили в умовах гідропонної установки у 2022-2023 рр. Дослід однофакторний включав шість варіантів. Варіантами досліді були сорти салату: ромен – Максимус (контроль) та Рафаель, а також батавія – Афіціон (контроль), Орбітал; маслянистий (сортотип саланова) – Клі; дуболистий – Кірінія. Технологія вирощування салату була рекомендованою для умов закритого ґрунту. Класифікація сортів врахована згідно методики (Methodology of examination of plant).

В якості субстрату використовували мінеральну агровату. Підживлення та полив рослин здійснювали за рекомендованими нормами та за потреби методом проточної гідропоніки. Салат посівний висівали у декілька строків: 20.09, 22.09, 27.09, 29.09. Насіння висівали у кубики з мінеральної агровати по одній насінині у кубик. Спочатку насіння пророщували, а після появи сходів рослини переміщували у відділення вирощування, де рослини розкладали за схемою (0,15x0,15 м (444 тис. шт/га)). Рослини розміщували на стелажах 4-х-ярусної стелажної гідропонної установки.

Повторність досліді триразова. При проведенні експериментальної роботи було використано статистичний і лабораторний методи досліджень. Облік проводили на 10 рослинах кожного повторення.

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.

Зокрема, здійснювали фенологічні спостереження, біометричні вимірювання рослин, облік врожаю. Облік врожаю проводили в технічній стиглості розеток з кожної ділянки окремо методом зважування згідно вимог діючого стандарту (DSTU 8107:2015, 2017). Одержані в досліді показники обробляли статистично, методом дисперсійного та кореляційного аналізів (Rozhkov, et al., 2016).

Результати. Схожість рослин салату посівного залежала від типу та сорту, а також в певній мірі різнилась по строках висіву (табл. 1). У рослин салату листового висіяного за строку сівби 20.09 найбільшу схожість мали рослини типу маслянистий сорт Клі та типу батавія сорт Афіціон (контроль), що становила 100 %. Найменшу схожість мали рослини салату

листового типу дуболистий сорту Кірінія – 90,0 %, що менше за контрольний варіант на 10,0 %. У салатів типу ромен сортів Максимум та Рафаель даний показник був на рівні 97,7 та 99,0 %. В подальшому по строках схожість рослин була різною і за даними таблиці 1 видно, що не залежала від строку сівби. В середньому по сортах найвищий відсоток схожості мали рослини сорту листового салату Афіціон (контроль) – 98,1 %, що на 0,6 та 3,7 % більше порівняно з іншими варіантами досліді. У салату ромен вищу схожість мали рослини сорту Рафаель – 97,9 %, що на 1,4 % більше за контрольний варіант. В цілому, схожість рослин усіх типів салатів була високою, що пов'язано з оптимальними умовами закритого ґрунту.

1. Схожість рослин салату посівного залежно від типу та сорту за гідропонного вирощування, %

Варіант досліді		Строки висіву				Середнє
тип	сорт	20.09	22.09	27.09	29.09	
Ромен	Максимум (контроль)	99,0	96,0	96,0	95,0	96,5
	Рафаель	97,7	98,3	97,3	98,3	97,9
Батавія	Афіціон (контроль)	100	95,0	97,5	100	98,1
	Орбітал	95,0	97,5	100	95,0	96,9
Маслянистий	Клі	100	95,0	92,5	90,0	94,4
Дуболистий	Кірінія	90,0	100	100	100	97,5

Для кращого вивчення рослин в умовах гідропоніки було особливостей росту та розвитку проведено біометричні вимірювання

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.

рослин салату посівного різних сортів. У сортів салату ромен більшу висоту мали рослини сорту Максимус (контроль) – 16,1 см, що більше сорту Рафаель на 3,8 см (табл. 2). Порівнюючи рослини листового салату, то найбільшу висоту відмічено у сорту Афіціон (контроль) – 13,3 см, що більше за інші досліджувані варіанти на 0,9 та 1,8 см.

Сорти салату різнилися також за діаметром розетки. У салату ромен більший діаметр розетки відмічено у сорту Максимус – 25,2 см, що на 9,1 см більше відносно сорту Рафаель. У сортів салату листового типу найбільшим діаметром розетки листків характеризувались рослини сорту Афіціон (тип батавія) – 28,3 см, що більше на 4,0 та 7,9 см інших досліджуваних варіантів досліду.

Найменший діаметр розетки зафіксовано у сорту Клі – 20,4 см, що на 7,9 см менше за контрольний варіант.

Важливим показником, що впливає на врожайність салату є маса. У салату ромен більшою масою надземної частини характеризувались рослини сорту Максимус – 210 г, що більше за сорт Рафаель на 80,0 г. Серед сортів салату листового виду більшим даний був у сорту Кірінія – 200 г, що більше за контрольний варіант на 60,0 г. Найменша маса розетки листків була відмічена у сорту Орбітал – 90,0 г, що менше контрольного варіанту на 50,0 г. Істотність даної різниці підтверджено результатами дисперсійного аналізу. Доведено середній прямий зв'язок між діаметром розетки листків та масою розетки ($r=0,50$).

2. Біометричні показники рослин салату посівного залежно від типу та сорту за гідропонного вирощування

Варіант досліду		Висота рослин, см	Діаметр розетки листків, см	Маса розетки, г	Кількість листків, шт/рослину
тип	сорт				
Ромен	Максимус (контроль)	16,1	25,2	210	32,3
	Рафаель	12,3	16,1	130	22,2
Батавія	Афіціон (контроль)	13,3	28,3	140	14,2
	Орбітал	11,5	20,6	90	14,6
Маслянистий	Клі	12,4	20,4	105	56,1
Дуболистий	Кірінія	11,5	24,3	200	25,5
НІР _{0,5}		1,1	1,6	6,3	2,8

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.

Дослідженнями встановлено, що на кількість листків у розетці здійснювали вплив сортові особливості та тип салату. Так, у салату ромен більшу кількість листків відмічено у сорту Максимус – 32,3 шт./рослину, що на 10,1 шт./рослину більше відносно сорту Рафаель. Найбільшу кількість листків сформували рослини салату типу маслянистий сорту Клі – 56,1 шт./рослину, що більше контрольного варіанту на 41,9 шт./рослину. Істотність даної різниці підтверджено результатами дисперсійного аналізу.

Найважливішим показником в оцінці сортів салату посівного є його

врожайність.

Проведеними дослідженнями виявлено, що в умовах гідропонного вирощування сорти салату формують різні показники врожаю. За даними таблиці 3 більшу урожайність мав салат ромен сорту Максимус – 9,3 кг/м² та в перерахунку на ярусність – 37,0 кг/м² що на 14,1 кг/м² більше порівняно з сортом Рафаель. Серед листового виду салату більшою врожайністю характеризувались рослини сорту Кірінія – 8,8 кг/м², в перерахунку на ярусність – 35,2 кг/м², де приріст відносно контролю становив 10,6 кг/м².

3. Урожайність рослин салату посівного залежно від типу та сорту за гідропонного вирощування з 4-х-ярусної стележної установки

Варіант досліджу		Урожайність, кг/м ²	Урожайність, кг/м ² (4-х ярусів)	Урожайність, т/га (з врахуванням ярусності)	Відхилення від контролю			
тип	сорт				кг/м ²	%	т/га	%
Ромен	Максимус (контроль)	9,3	37,0	369,6	0	0	0	0
	Рафаель	5,7	22,9	228,8	-14,1	-37,8	-140,8	-38,1
Батавія	Афіціон (контроль)	6,2	24,6	246,4	0	0	0	0
	Орбітал	4,0	15,8	158,4	-8,8	-35,8	-88	-35,7
Маслянистий	Клі	4,6	18,5	184,8	-6,1	-24,8	-61,6	-25,0
Дуболистий	Кірінія	8,8	35,2	352,0	+10,6	+43,1	105,6	+42,9
НІР _{0,5}		0,5	1,7	24,3	-			

Дослідженнями встановлено, що вирощування салату посівного в

стележній гідропонній теплиці забезпечує досить високі показники

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.

врожаю, що значно перевищують врожайність салату з закритого ґрунту за ґрунтового вирощування враховуючи середньостатистичні показники. Так, урожайність різних типів салату коливалась від 158,4 т/га до 369,6 т/га з врахуванням ярусності стелажів. Найбільшу врожайність з врахуванням ярусності стелажів отримано за вирощування сортів Максимус (тип ромен) – 369,6 т/га та Кірінія (тип дуболистий) – 352,0 т/га з приростом відносно контрольного варіанту 42,9 т/га. Інші варіанти забезпечили також високі показники врожаю, проте дещо нижчі відносно зазначеного сортименту. Істотність даної різниці підтверджено результатами дисперсійного аналізу. Доведено повний зв'язок між масою розетки листків та врожайністю ($r=1,0$). Доведено середній прямий зв'язок між висотою рослин та врожайністю ($r=0,55$).

За даними досліджень Somen A., Kaushal K., Nisha SH., Vivek K. et al. (2021) гідропонне вирощування рослин салату та шпинату забезпечило економію води на 70-80 % порівняно з вирощуванням у ґрунті. В умовах гідропоніки за рахунок оптимального поживного режиму отримано кращі біометричні показники та більшу врожайність рослин (Somen et al., 2021).

Дослідження Frasetya B, Harisman K and Ramdaniah N A H (2021) по вивченню гідропонних методів вирощування показало

позитивний результат за вирощування салату. Відмічено збільшення висоти рослин, кількості листків, маси рослин, а також збільшення продуктивності (Frasetya, et al., 2021).

Важливу роль при вирощуванні салату в умовах гідропоніки відіграє баланс поживних речовин. Основні елементи живлення відіграють важливу роль у збільшенні надземної частини рослин та в цілому врожайності. Дослідженнями Abdel Razzaq Al-Tawaha, Ghazi Al-Karaki, Abdel Rahman Al-Tawaha et al. (2018) встановлено, що врожайність змінюється від різних концентрацій макро- та мікроелементів (Abdel Razzaq Al-Tawaha, et al, 2018).

Висновки. 1. Вирощування салату посівного в умовах гідропоніки забезпечує високу приживленість рослин в усіх типів та сортів. Найвищий відсоток приживленості мали рослини сорту Афіціон (контроль) – 98,1 %, що на 0,6 та 3,7 % більше порівняно з іншими варіантами досліду та сорту Рафаель – 97,9 %, що на 1,4 % більше за контрольний варіант. 2. Виявлено, що найбільшу розетку листків сформували сорти Максимус (тип ромен) – 25,2 см та Афіціон (тип батавія) – 28,3 см, що більше на 4,0 та 7,9 см інших досліджуваних варіантів досліду. 3. Більшою масою надземної частини характеризувались рослини сорту Максимус – 210 г, сорт Кірінія – 200 г, що більше за контрольний

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.

варіант на 60,0 г. В умовах гідропонного вирощування найбільшу врожайність отримано за вирощування сортів Максимус (тип

ромен) – 369,6 т/га та Кірінія (тип дуболистий) – 352,0 т/га з приростом відносно контрольного варіанту 42,9 т/га.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 8107:2015 Салат свіжий. Технічні умови. Інститут овочівництва і баштанництва Української академії аграрних наук (ІОБ УААН). 2017.

2. Ковальова М.М., Звездуна О.М. Вирощування найпоширеніших сортів салату ромен на різних типах субстратів в NFT системах. *Водні біоресурси та аквакультура*. С. 27-36. DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.3>

3. Корнієнко С.І., Хареба О.В., Кондратенко С.І., Повлін І.Є., Горова Т.К. Мінливість біологічних і морфологічних ознак однорічних малопоширених видів овочевих рослин родини айстрові (*Asteraceae dumort.*). *Селекція і насінництво*. 2017. Випуск 112. С. 171-182

4. Кутовенко В.Б., Костенко Н.П., Литвин І.В. Морфологічні особливості та продуктивність сортів салату посівного листкового (*Lactuca sativa L. var. secalina*) голландської селекції в умовах північної частини Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and protection*. 2017, Vol. 13, No 4. С. 403-408. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.4.2017.117749>

5. Литвиненко Р. В., Міхєєнко В. М. Перспективи використання гідропоніки в Україні для вирощування салатів та овочів. Матеріали ХХІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство». 2021. <https://doi.org/10.20535/EHS.2021.232888>

6. Методика проведення експертизи сортів рослин групи овочевих та грибів на відмінність, однорідність і стабільність. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth_DUS/2023/Method_vegetable.pdf

7. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. (2016) Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи. Х.: Майдан, 316 с.

8. Рудь В.П. Ринок зеленних овочевих культур в Україні. Національна економіка. Інтелект ХХІ № 4. 2021. С. 23-31. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8801/2021-4.5>

9. Хареба В.В., Хареба О.В., Лещук Н.В., Мельник С.І., Ткачик С.О., Киенко З.Б., Дидів О.Й., Позняк О.В. Салат посівний: морфологія, біологія, технологія. Монографія. Вінниця. ТОВ Твори, 2021. 126 с.

10. Abdel Razzaq Al-Tawaha, Ghazi Al-Karaki, Abdel Rahman Al-Tawaha et all. Effect of water flow rate on quantity and quality of lettuce (*Lactuca sativa L.*) in nutrient film technique (NFT) under hydroponics conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24 (№ 5) 2018, 793–800

11. Alexander Miller, Petrus Langenhoven, and Krishna Nemali aximizing Productivity of Greenhouse-grown Hydroponic Lettuce during Winter. *HORTSCIENCE* 55(12):1963–1969. 2020. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15351-20>

12. Boretti, A.; Rosa, L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. *NPJ Clean Water* 2019, 2, 15.

13. Frasetya B, Harisman K and Ramdaniah N A H The effect of hydroponics systems on the growth of lettuce. *The 5th Annual Applied Science and Engineering Conference (AASEC 2020)*. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2021. 042115. p. 1-6. doi:10.1088/1757-899X/1098/4/042115

14. Huang, Z.; Yuan, X.; Liu, X. The key drivers for the changes in global water scarcity: Water withdrawal versus water availability. *J. Hydrol.* 2021, 601, 126658.

15. Islam, S.M.F. World's Demand for Food and Water: The Consequences of Climate Change. In *Desalination-Challenges and Opportunities*; Farahami, M.H.D.A., Vatanpour, V., Taheri, A.H., Eds.; IntechOpen: Rijeka, Croatia, 2019; Chapter 4, ISBN 978-1-78984-739-0.

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.

16. Jörn Germer, Christian Brandt, Frank Rasche, Thomas Dockhorn and Alexa Bliedung Growth of Lettuce in Hydroponics Fed with Aerobic- and Anaerobic-Aerobic-Treated Domestic Wastewater. *Agriculture* 2023, 13, 1529.

<https://doi.org/10.3390/agriculture13081529>

17. Luis M. I. Aires, Kirill Ispolnov, Tomás R. Luz, Helena Pala and Judite S. Vieira Optimization of an Indoor DWC Hydroponic Lettuce Production. System to Generate a Low N and P Content Wastewater. *Processes* 2023, 11, 365. <https://doi.org/10.3390/pr11020365>

18. Majid, M.; Khan, J.N.; Ahmad Shah, Q.M.; Masoodi, K.Z.; Afroza, B.; Parvaze, S. Evaluation of hydroponic systems for the cultivation of Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Longifolia) and comparison with protected soil-based cultivation. *Agric. Water Manag.* 2021, 245, 106572.

19. Somen A., Kaushal K., Nisha SH., Vivek K. et al. Yield and quality attributes of lettuce and spinach grown in different hydroponic systems. *Journal of Soil and Water Conservation*. 20 (3): 342-349, July-September 2021. DOI: 10.5958/2455-7145.2021.00043.6

References

1. DSTU 8107:2015 (2017) The salad is fresh. Specifications. *Institute of vegetable growing and melon growing of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences (IOB of the Ukrainian Academy of Agricultural Sciences)*. [in Ukrainian].

2. Kovalov M.M., Zvezdun O.M. (2021) Cultivation of the most common varieties of romaine lettuce on different types of substrates in NFT systems. *Aquatic bioresources and aquaculture*. S. 27-36. DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.3> [in Ukrainian].

3. Korniienko S.I., Khareba O.V., Kondratenko S.I., Povlin I.Ie., Horova T.K. (2017) Variability of biological and morphological characteristics of annual rare species of vegetable plants of the aster family (*Asteraceae* dumort.) *Breeding and seed production*. Vypusk 112. S. 171-182. [in Ukrainian].

4. Kutovenko V.B., Kostenko N.P., Lytvyn I.V. (2017) Morphological features and productivity of varieties of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *secalina*) of Dutch selection in the

conditions of the northern part of the Forest Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and protection*. Vol. 13, No 4. S. 403-408. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.4.2017.117749> [in Ukrainian].

5. Lytvynenko R. V., Mikhieienko V. M. (2021) Prospects of using hydroponics in Ukraine for growing salads and vegetables. *Materials of the 22nd International Scientific and Practical Conference "Ecology. Man. Society"*. <https://doi.org/10.20535/EHS.2021.232888> [in Ukrainian].

6. Methodology of examination of plant varieties of the vegetable and mushroom group for distinction, homogeneity and stability. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth_DUS/2023/Method_vegetable.pdf [in Ukrainian].

7. Rozhkov A. O., Puzik V. K., Kalenska S. M. et al. (2016) Research case in agronomy: teaching. manual: in 2 books Book 1. Theoretical aspects of the research case. Kh.: Maidan, 316 s. [in Ukrainian].

8. Rud V.P. (2021) Market of green vegetable crops in Ukraine. *National economy. Intelekt KhKhI № 4*. S. 23-31. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8801/2021-4.5> [in Ukrainian].

9. Khareba V.V., Khareba O.V., Leshchuk N.V., Melnyk S.I., Tkachyk S.O., Kyienko Z.B., Dydiv O.I., Pozniak O.V. (2021) Sown lettuce: morphology, biology, technology. *Monohrafiia. Vinnytsia. TOV Tvory*. 126 s. [in Ukrainian].

10. Abdel Razzaq Al-Tawaha, Ghazi Al-Karaki, Abdel Rahman Al-Tawaha et al. (2018) Effect of water flow rate on quantity and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in nutrient film technique (NFT) under hydroponics conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24 (№ 5) 2018, 793–800

11. Alexander Miller, Petrus Langenhoven, and Krishna Nemali aximizing (2020) Productivity of Greenhouse-grown Hydroponic Lettuce during Winter. *HORTSCIENCE* 55(12):1963–1969. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15351-20>

12. Boretti, A.; Rosa, L. (2019) Reassessing the projections of the World Water Development Report. *NPJ Clean Water*, 2, 15.

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.

13. Frasetya B, Harisman K and Ramdaniah N A H (2021) The effect of hydroponics systems on the growth of lettuce. The 5th Annual Applied Science and Engineering Conference (AASEC 2020). IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 1098 042115. p. 1-6. doi:10.1088/1757-899X/1098/4/042115

14. Huang, Z.; Yuan, X.; Liu, X. (2021) The key drivers for the changes in global water scarcity: Water withdrawal versus water availability. *J. Hydrol.* 601, 126658.

15. Islam, S.M.F. (2019) World's Demand for Food and Water: The Consequences of Climate Change. In *Desalination-Challenges and Opportunities*; Farahami, M.H.D.A., Vatanpour, V., Taheri, A.H., Eds.; IntechOpen: Rijeka, Croatia; Chapter 4, ISBN 978-1-78984-739-0.

16. Jörn Germer, Christian Brandt, Frank Rasche, Thomas Dockhorn and Alexa Bliedung (2023) Growth of Lettuce in Hydroponics Fed with Aerobic- and Anaerobic–Aerobic-Treated

Domestic Wastewater. *Agriculture*, 13, 1529. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081529>

17. Luis M. I. Aires, Kirill Ispolnov, Tomás R. Luz, Helena Pala and Judite S. (2023) Vieira Optimization of an Indoor DWC Hydroponic Lettuce Production. System to Generate a Low N and P Content Wastewater. *Processes*, 11, 365. <https://doi.org/10.3390/pr11020365>

18. Majid, M.; Khan, J.N.; Ahmad Shah, Q.M.; Masoodi, K.Z.; Afroza, B.; Parvaze, S. (2021) Evaluation of hydroponic systems for the cultivation of Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Longifolia) and comparison with protected soil-based cultivation. *Agric. Water Manag.* 245, 106572.

19. Somen A., Kaushal K., Nisha SH., Vivek K. et al. (2021) Yield and quality attributes of lettuce and spinach grown in different hydroponic systems. *Journal of Soil and Water Conservation*. 20(3): 342-349, July-September 2021. DOI: 10.5958/2455-7145.00043.6

FEATURES OF THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF LETTUCE PLANTS SOWED UNDER HYDROPONIC GROWING

I. I. Palamarchuk, Y. Mikhalchuk

Abstract. *Research is devoted to the study of the assortment of lettuce seeded under hydroponics conditions. The survival rate of lettuce plants depended on the type and variety, and also differed to a certain extent by the terms of sowing. Plants of the Aficion variety of leaf lettuce (control) had the highest percentage of engraftment - 98.1%, which is 0.6 and 3.7% more compared to other variants of the experiment. Plants of the Raphael variety had a higher survival rate in romaine lettuce – 97.9%, which is 1.4% more than the control variant.*

Among the varieties of romaine lettuce, plants of the Maximus variety (control) had a higher height – 16.1 cm, which is 3.8 cm more than the Raphael variety. Comparing leaf lettuce plants, the highest height was noted in the Aficion variety (control) – 13.3 cm, which is 0.9 and 1.8 cm more than the other tested variants. In romaine lettuce, a larger diameter of the rosette was noted in the Maximus variety – 25.2 cm, which is 9.1 cm more than the Raphael variety. Among the leaf-type lettuce varieties, the largest diameter of the rosette of leaves was characterized by plants of the Aficion variety (Batavia type) – 28.3 cm, which is 4.0 and 7.9 cm more than the other studied variants of the experiment. In romaine lettuce, plants of the Maximus variety were characterized by a greater mass of the above-ground part – 210 g, which is 80.0 g more than the Raphael variety. Among the varieties of leaf lettuce, the Kirinia variety had the largest mass – 200 g, which is 60.0 more than the control variant. Mr.

Паламарчук І. І., Михальчук Я. А.

Maximus variety romaine lettuce had the highest yield – 9.3 kg/m², and in terms of rows – 37.0 kg/m², which is 14.1 kg/m² more than the Raphael variety. Among the leafy types of lettuce, plants of the Kirinia variety were characterized by a higher yield – 8.8 kg/m², in terms of rows – 35.2 kg/m², where the increase compared to the control was 10.6 kg/m². The yield of different types of lettuce ranged from 158.4 t/ha to 369.6 t/ha, taking into account the rows of racks. The highest yield, taking into account the tiering of racks, was obtained by growing Maximus (romaine type) – 369.6 t/ha and Kirinia (oak type) – 352.0 t/ha with an increase of 42.9 t/ha compared to the control variant.

Key words: *type, variety, cultivation, biometric parameters, yield*

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

УДК 631.527.5:631.81:633.85

**БІОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ РОСЛИН ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ЗА
ВПЛИВУ УМОВ ЖИВЛЕННЯ ТА РЕТАРДАНТУ**

Л. А. ГАРБАР, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-4249-0434>В. І. АВРАМЧУК, аспірант, <https://orcid.org/0000-0002-0506-0542>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: garbarl@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.013](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.013)

Анотація. Управління продуктивністю посівів спрямоване на формування оптимальних параметрів посівів, які б забезпечували максимальні можливості у діяльності фотосинтетично активної поверхні рослин, сприяючи асиміляції та накопиченню сухої речовини. Діяльність посіву культури визначається не тільки показниками площі листової поверхні, а й параметрами листків, їх кількістю, ярусністю, висотою рослини.

Кореляційний аналіз між показниками висоти рослин та діаметром стебла свідчить про пряму позитивну кореляційну залежність, з коефіцієнтами кореляції залежно від гібриду 0,947-0,976. Між висотою рослин та кількістю листків на рослині існує пряма кореляційна залежність, за якої коефіцієнти кореляції складають 0,756-0,791.

Максимальні значення біометричних показників (висота рослин, діаметр стебла, кількість листків на рослині) було отримано на варіантах гібриду РЖТ Волльф за внесення $N_{120}P_{80}K_{180}$. Зі зростанням доз добрив спостерігалось зростання біометричних параметрів рослин соняшнику. Різниця у показниках між варіантами удобрення $N_{120}P_{80}K_{180}$ та $N_{100}P_{65}K_{150}$ була незначною. Застосування ретарданту Сетар забезпечувало зменшення висоти рослин та сприяло зростанню кількості листків на рослині та діаметра стебла.

Ключові слова: добрива, Сетар, висота рослин, кількість листів, діаметр стебла

Актуальність. Соняшник у агропромисловому виробництві України займає лідируючу позицію в групі технічних культур. Інтенсивне нарощування площ вирощування соняшнику у світі та в Україні обумовлене можливістю використання його гібридів як на харчові цілі, так і для переробки на біодизель.

Статистичні показники виробництва соняшнику свідчать про їх стабільність і динаміку до зростання. Зростання площ під посівами соняшнику спостерігається за рахунок збільшення їх у центральних і просування у північні регіони та збільшенню попиту на олію на світовому ринку. Для нарощування виробництва культури необхідне визначення норматив

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

витрат певних виробничих ресурсів з урахуванням чинників, що визначають показники якості врожаю та забезпечують отримання екологічно чистої продукції. Варто враховувати, що технологічні прийоми, що використовуються не мають нести негативний вплив на навколишнє середовище.

Потенційна урожайність нових сортів та гібридів соняшнику, яка визначається на генетичному рівні, реалізується не повністю, що пов'язано з невідповідністю до проведення окремих технологічних прийомів. Тому сьогодні багато уваги приділяється розробленню нових та удосконаленню існуючих технологій вирощування соняшнику, які б забезпечували високу стабільну врожайність культури з відповідними показниками якості.

Сучасні технології вирощування соняшнику передбачають застосування комплексу препаратів, зокрема, протруйників, інсектицидів, фунгіцидів, регуляторів росту, нанопрепаратів, різних видів мінеральних добрив. Проте, необґрунтоване та неконтрольоване їх використання є економічне не вигідним та екологічно небезпечним. Оптимізація підходів до застосування цих препаратів та пошук нових альтернативних засобів, які б мали позитивний вплив на формування продуктивності культури, зокрема, господарської

частини врожаю набуває особливої актуальності (Kocira, et al., 2020).

Під час застосування препаратів, які мають різне походження, спостерігається зменшення мутагенної дії препаратів та інших антропогенних чинників. Регуляторним механізмом притаманне підсилення ростових процесів у рослин: поділ клітин, мембранні процеси, фотосинтез, живлення та дихання, робота ферментних систем, активізація розвитку кореневої системи, посилення поглинальної здатності.

Завдяки обробці насіння проявляється підвищення господарської ефективності рослинництва, спостерігається зниження нітратів та концентрації важких металів у основній продукції (Di Filippo-Herrera, et al., 2018; Anishyn, 2002; Pokoptseva L. 2011).

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Формування продуктивності культури варто розглядати як цілісний процес, що відбувається на основі всіх етапів у рості та розвитку рослин і завершується у момент досягання врожаю. Рослини соняшнику на різних етапах свого росту та розвитку мають різні потреби до чинників навколишнього середовища. Тому тривалість окремих етапів росту та розвитку визначається саме погодними чинниками, притаманними конкретному вегетаційному року. Поряд з цим,

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

саме тривалість окремих періодів росту та розвитку рослин, як і вегетаційного періоду в цілому, впливає на вегетацію культури. Тому, коли мова йде про оптимізацію сільськогосподарського виробництва, акцентують увагу на прийомах вирощування культури, які б були здатні забезпечити зменшення негативного впливу погодних чинників (Melnyk, 2013; Bazalii, Domaratskyi, Dobrovolskyi, 2016; Kuriata, & Polyvani, 2019; Kushnir, & Kuriata, 2018; Kuryata, Poprotska, Rogach, 2017; Chena, et al., 2021; Caruso, et al. 2019).

Управління продуктивністю посівів, перш за все, спрямоване на формування оптимальних параметрів посівів, які б забезпечували максимальні можливості у діяльності фотосинтетично активної поверхні рослин, сприяючи асиміляції та накопиченню сухої речовини. Діяльність посіву культури визначається не тільки показниками площі листової поверхні, а й параметрами листків, їх кількістю та ярусністю (Zhatova, Yatsenko, Kolosok, 2021). Вирішення даної задачі можливе шляхом селекційного добору та через вплив на ряд вагомих прийомів за вирощування культури. Зокрема, удосконалення умов живлення та застосування ріст регулюючих речовин (Trotsenko et al. 2021).

Умови живлення впродовж усієї вегетації мають вагоме значення у

формуванні продуктивності соняшнику. Проте, до уваги слід приймати та враховувати критичні періоди у потребі того чи іншого макро- чи мікроелемента. За створення збалансованого живлення та достатньої забезпеченості вологою можливою стає максимальна реалізація генетичного потенціалу того чи іншого гібриду соняшника.

Важливе значення у перебігу біохімічних реакцій у рослинному організмі відіграють препарати різного походження, зокрема, антистресові, рістрегулюючі, нанопрепарати, приймаючи пряму або опосередковану участь (Rohach, Poprotska, Kuriata, 2016; Kuriata, & Polyvani, 2012).

Як свідчать результати попередніх досліджень, на різних культурах ретарданти за уніфікованого механізму дії, забезпечуючи інгібування гіберелінів, проявляють різний вплив на рослини. Це відображається на комплексі анатомічних і фізіологічних особливостей рослин. До них належить: будова провідних тканин, співвідношення між їх компонентами, динаміка росту стебла на окремих етапах росту та розвитку рослин. Під час застосування ретардантів ураховують рівень їх впливу на продуктивність культури, що пов'язано з тим, що зміна габітусу має комплексний характер, впливаючи на всю рослину, включно з генеративними органами. Попередні

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

результати досліджень вказують, що концентрація ретарданту та строк його внесення, доза, кратність обробок у більшості культур, впливаючи на зміну габітусу не зменшують їх урожайність. В окремих випадках відмічають зростання показників якості врожаю (Rohach, Poprotska, Kuriata, 2016; Kuriata, & Polyvani, 2012; Rohach, & Kuriata, 2018; Trotsenko, 2001; Kalenska, et al. 2021).

На окремих етапах росту та розвитку рослин ретарданти можуть мобілізувати потенційні можливості рослинного організму, що спричиняє підвищення урожайності культури (Kalenska, Harbar, Horbatiuk, 2020; Musatenko, 2009).

Актуальним нині залишається вивчення дії ретардантів за внесення їх на посівах високорослих рослин, зокрема соняшнику. Це пов'язано з тим, що високорослим рослинам притаманний низький рівень саморегуляції густоти посіву. Водночас вивчення впливу ретарданту спрямоване переважно на вивчення урожайності та якості отриманого врожаю.

Завдяки дії ретардантів та прояву істотних морфологічних змін у рослинному організмі виникає можливість вивчення ролі анатомо-морфологічних і мезоструктурних змін і впливу їх на оптимізацію продукційного процесу. Регуляція морфогенезу рослин олійних культур визначається гормональною

системою рослин. Фізіологічний ефект за таких умов залежить як від концентрації конкретних фітогормонів, так і від їх співвідношення. Співвідношення між кількістю фітогормонів впливають на ростові процеси, визначають особливості формування вегетативних та генеративних органів (Rohach, Poprotska, Kuriata, 2016). В умовах штучного обмеження росту вегетативних органів (застосування ретардантів) відмічають перерозподіл синтезованих речовин з перевагою у бік генеративних органів (Rohach, 2009).

Метою досліджень було виявлення впливу умов живлення, застосування ретарданту Сетар на біометричні показники гібридів соняшнику в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали і методи дослідження. Польові дослідження були проведені в умовах відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція». Ґрунти дослідного поля – чорноземи типові мало гумусні. Уміст гумусу – 4,32 %. Ґрунт характеризувався низькою забезпеченістю азотом, середньою – калієм та фосфором.

Погодні умови років досліджень суттєво різнилися за показниками та чинили вплив на ріст, розвиток та формування продуктивності рослин

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

гібридів соняшнику. Аналіз погодних умов періоду вегетації культури свідчить про зростання середніх добових значень температурних показників повітря, що було характерним для всіх років досліджень. Впродовж періоду вегетації соняшнику опади розподілялися нерівномірно та їх кількість була недостатньою для створення оптимальних умов для розвитку культури та максимальної реалізації генетичного потенціалу гібридів, які ми вивчали. Кількість опадів за періоди вегетації культури суттєво різнилася за роками та становила у 2021 році 301,8 мм, у 2022 – 300,5 мм та у 2023 – 441,6 мм, що мало відображення у сформованій рослинами продуктивності.

Дослід – трифакторний. Фактор А – гібриди соняшнику (РЖТ Волльф, Альзан, ЕС Белла, Лайм); фактор В – удобрення (розрахунок на планові урожайності балансовим методом); фактор С – застосування ретарданту Сетар (ВВСН 30-32, 0,5 л/га).

Дослід складається із чотирьох повторень. Площа посівної ділянки становила 56 м², облікової – 42 м². Попередник – пшениця озима. Густота рослин соняшнику на період збирання урожаю складала 55 тис. рослин на га. Добрива вносили, відповідно до схеми досліджу: азотні – під передпосівну культивуацію, фосфорні та калійні – під основний обробіток.

Біометричні спостереження проводили у період, що відповідав 64-68 мікростадії ВВСН. Під час спостережень підраховували кількість зелених та сухих листків на кожній з 10 рослин. Висоту рослин та діаметр стебла визначали шляхом вимірювання в 10 рослин у кожному з варіантів (Rozhkov, Puzik, Kalenskaya, 2016a; Rozhkov, Puzik, Kalenskaya, 2016b).

Результати дослідження та їх обговорення. Підвищення продуктивності культури визначається рядом регульованих, нерегульованих і малорегульованих чинників, завдяки їх впливу на процеси життєдіяльності рослин, їх ріст і розвиток.

Результати проведених упродовж 2021–2023 рр. досліджень показали, що з ростом і розвитком рослин соняшнику спостерігалася динаміка у показниках біометричних параметрів.

Висота рослин є одним з параметрів, який впливає на формування продуктивності рослин. Проте, єдиної думки щодо оптимальних показників рослин соняшнику на сьогодні не існує. Варто зазначити, що висота рослин є морфобіологічною ознакою, яка визначається адаптивністю рослин до зміни умов навколишнього середовища. У рослин соняшнику період цвітіння вважається одним із найважливіших етапів їх розвитку. Саме на зазначений період припадає

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

формування найбільшої висоти рослин, як і накопичення ними сухої речовини. Як свідчать попередні дослідження, висота рослин впливає на ефективність засвоєння сонячної радіації, сприяючи активності процесу фотосинтезу. Високорослі рослини, у результаті затінення нижніх листків, забезпечують меншу активність фотосинтезу, і, як результат, накопичення меншої кількості сухої речовини (Rohach, Poprotska, Kuriata, 2016; Rohach, 2009).

Висоту рослин у соняшнику враховують і за потреби проведення заходів захисту та збирання врожаю культури. Рослини, які мають меншу висоту, відповідно, синтезують меншу кількість сухої речовини, споживаючи меншу кількість елементів живлення із ґрунту. Проте,

1. Висота рослин соняшнику за впливу умов живлення та ретарданту, середнє за 2021–2023 рр., см

Варіанти удобрення	РЖТ Волльф		Альзан		ЕС Белла		Лайм	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
N ₄₀ P ₂₀ K ₆₀	150,7	137,1	145,6	132,5	145,9	132,7	136,1	122,7
N ₆₀ P ₃₅ K ₉₀	153,1	138,7	148,3	134,5	148,5	134,9	141,7	127,0
N ₈₀ P ₅₀ K ₁₂₀	161,3	145,1	156,2	140,9	156,5	139,8	149,8	133,6
N ₁₀₀ P ₆₅ K ₁₅₀	164,9	147,1	159,6	141,9	159,9	141,9	153,4	135,4
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₈₀	175,2	154,2	169,6	150,1	169,9	149,5	163,5	144,6
$\bar{X} \pm S_x$	161,0± 4,4	144,4± 3,1	155,9± 4,3	140,0± 3,1	156,1± 4,3	139,8± 2,9	148,9± 4,7	132,7± 3,8
V, %	6,10	4,77	6,13	4,96	6,13	4,70	7,12	6,33

*Примітка: 1 – обробка водою ; 2 – обробка ретардантом Сетар

Застосування добрив також мало суттєвий ефект на вказаний параметр. Так, у гібрид у РЖТ Волльф зі збільшеннями дози добрив висота змінювалася у бік зростання від 150,7 до 175,2 см, Альзан – 145,6–169,6, ЕС Белла – 145,9–169,9, Лайм – 136,1–

у рослин із більшою висотою, за рахунок формування більшої кількості листків на рослині, зростає площа асимілюючої поверхні. Такі рослини характеризуються вищою потенційною урожайністю.

Варто пам'ятати і про те, що висота є генетичною ознакою сорту чи гібриду. Хоча вплив умов вирощування, які характеризуються як природними чинниками, так і елементами технології, здатен суттєво збільшувати діапазон у динаміці показників їх висоти.

Результати досліджень показали, що збільшення доз внесення добрив забезпечувало збільшення висоти рослин гібридів соняшнику (табл. 1). Варто зазначити, що висота рослин суттєво різнилася через генетичні особливості гібридів, які ми вивчали.

163,8 см. Висота гібридів ЕС Белла та Альзан мала дуже близькі параметри на всіх варіантах удобрення, що можна пояснити подібними генетичними особливостями рослин. Гібрид Лайм характеризувався найнижчими рослинами.

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

Обробка посівів ретардантом Сетар забезпечила зменшення висоти рослин гібридів соняшнику, які ми вивчали на 13,1–21,0 см залежно від особливостей гібриду та варіанту удобрення. Зі збільшенням дози внесення добрив зростала різниця у показниках висоти – у бік їх зниження.

Висота рослин на варіантах із обробкою Сетаром залежно від удобрення змінювалася у гібриду РЖТ Волльф від 137,1 до 154,2 см, Альзан – 132,5–150,1, ЕС Белла – 132,7–149,5 см, Лайм – 122,7–144,6 см.

Зміна кількості фітогормонів у рослинному організмі визначає хід протікання ростових процесів, впливаючи на морфогенез рослин. Модифікаторами гормонального комплексу рослинного організму є ретарданти, які здатні зменшувати концентрацію та активність фітогормонів у рослині. Ретарданти мають вплив на диференціацію анатомічної будови меристем органів рослин та їх функції. Рослини за

надмірної висоти, завищених норм удобрення, достатнього зволоження можуть вилягати. Ретарданти забезпечують збільшення механічної міцності стебла, завдяки його потовщенню та зниженню висоти. Стебло соняшнику за дії ретарданту потовщується за рахунок потовщення кори та у результаті розростання склеренхіми та коленхіми. Тобто відбувається кращий розвиток механічних тканин через зміну диференціації меристем. Застосування добрив мало позитивний вплив на показники діаметра стебла.

Результати досліджень показали, що діаметр стебла рослин соняшнику змінювався за роками досліджень, під впливом генетичних особливостей гібридів, умов живлення та дії ретарданту (табл. 2). Найбільший діаметр стебла було отримано в усіх гібридів соняшнику, які ми вивчали, у варіанті із внесенням максимальної дози добрив – $N_{120}P_{80}K_{180}$ з показниками, які варіювали від 3,13 до 3,26 см.

2. Діаметр стебла рослин соняшнику за впливу умов живлення та обробки ретардантом, середнє за 2021–2023 рр., см

Варіанти удобрення	РЖТ Волльф		Альзан		ЕС Белла		Лайм	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
$N_{40}P_{20}K_{60}$	2,82	2,95	2,83	2,91	2,75	2,82	2,77	2,84
$N_{60}P_{35}K_{90}$	2,92	3,02	2,91	3,03	2,84	2,91	2,85	2,93
$N_{80}P_{50}K_{120}$	3,04	3,17	3,04	3,18	2,90	3,02	2,93	3,13
$N_{100}P_{65}K_{150}$	3,16	3,30	3,14	3,22	3,01	3,19	3,05	3,12
$N_{120}P_{80}K_{180}$	3,26	3,45	3,24	3,30	3,13	3,22	3,17	3,23
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	$3,04 \pm 0,08$	$3,18 \pm 0,09$	$3,03 \pm 0,07$	$3,13 \pm 0,07$	$2,93 \pm 0,07$	$3,03 \pm 0,08$	$2,95 \pm 0,07$	$3,05 \pm 0,07$
V, %	5,83	6,41	5,49	5,00	5,06	5,72	5,38	5,24

*Примітка: 1 – обробка водою; 2 – обробка ретардантом Сетар

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

У варіантах без застосування ретарданту показники варіювали у розрізі варіантів удобрення та особливостей гібридів від 2,75–3,16 см.

Застосування ретарданту Сетар забезпечило зростання діаметра стебла у рослин: у гібриду РЖТ Волльф до 2,95 до 3,45 см, Альзан – 2,91–3,30, ЕС Белла – 2,82–3,22, Лайм – 2,84–3,23 см.

Максимальними значеннями діаметру стебла характеризувалися рослини соняшнику у період їх цвітіння, після чого спостерігалось його зменшення до періоду досягання.

У рослин гібриду РЖТ Волльф були отримані найбільші діаметри стебла. Реалізація генетичного потенціалу рослин, формування їх продуктивності залежить від показників листової поверхні. Між урожайністю рослин та асимілюючою поверхнею існує кореляційна залежність. Позитивний вплив на

збільшення листової поверхні чинить оптимізація умов живлення культур. Застосування ретардантів, яке спричиняє інгібування апікального домінування, здатне викликати галуження стебла, закладання більшої кількості листків та генеративних органів (квіток, плодів). Передчасне усихання листків через посуху, або інші шкодочинні чи несприятливі фактори негативно впливають на виповненість насіння.

Результати досліджень свідчать про позитивну дію добрив на закладання кількості листків на рослинах соняшнику. Показник визначався як чинниками, які ми вивчали, так і показниками нерегульованих чинників навколишнього середовища (табл. 3). Найбільшу кількість листків формували рослини гібриду РЖТ Волльф, яка за впливу варіантів удобрення зростала від 19,8 до 26,7 штуки, Альзан – 18,5–24,9, ЕС Белла – 18,1–24,0, Лайм – 17,8–23,5 шт.

3. Кількість листків на рослинах соняшнику за впливу умов живлення та обробки ретардантом, середнє за 2021–2023 рр., ВВСН 64-68, штук

Варіанти удобрення	РЖТ Волльф		Альзан		ЕС Белла		Лайм	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
N ₄₀ P ₂₀ K ₆₀	19,8	22,3	18,5	20,3	18,1	20,3	17,8	19,6
N ₆₀ P ₃₅ K ₉₀	21,9	24,7	20,2	22,5	20,1	22,0	19,9	21,8
N ₈₀ P ₅₀ K ₁₂₀	23,4	26,1	21,9	23,6	21,4	23,6	21,0	22,8
N ₁₀₀ P ₆₅ K ₁₅₀	24,1	26,5	22,5	24,7	22,1	23,8	21,8	23,7
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₈₀	24,2	26,7	22,6	24,9	22,3	24,0	22,1	23,5
$\bar{X} \pm Sx$	22,7± 0,8	25,3± 0,8	21,1± 0,8	23,2± 0,8	20,8± 0,8	22,7± 0,7	20,5± 0,8	22,3± 0,7
V, %	8,17	7,24	8,33	8,12	8,35	6,94	8,49	7,51

*Примітка: 1 – обробка водою; 2 – обробка ретардантом Сетар

Застосування ретарданту Сетар забезпечило зростання цих

показників у гібриду РЖТ Волльф до 22,3–26,7 шт., Альзан – 20,3–24,9, ЕС

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

Белла – 20,3–24,0, Лайм – 19,6– 23,5 шт.

Максимальні значення було отримано на варіантах гібриду РЖТ Волльф за внесення $N_{120}P_{80}K_{180}$. Зі зростанням доз добрив спостерігалось зростання кількості листків на рослинах соняшнику. Варто зазначити, що різниця у показниках між варіантами удобрення $N_{120}P_{80}K_{180}$ та $N_{100}P_{65}K_{150}$ була незначною.

Кореляційний аналіз між показниками висоти рослин і діаметром стебла свідчить про пряму позитивну кореляційну залежність, з коефіцієнтами кореляції залежно від гібриду 0,947-0,976. Між висотою рослин та кількістю листків на рослині існує пряма кореляційна

Список використаних джерел

1. Kocira S., Hara P., Szparaga A. et al. Evaluation of the Effectiveness of the Use of Biopreparations as Seed Dressings. Agriculture. 2020. Vol. 10 (4). P. 1–9. doi: 10.3390/agriculture10040090

2. Di Filippo-Herrera D.A., Mucoz-Ochoa M., Hernandez-Herrera R.M., Hernandez-Carmona G. Biostimulant activity of individual and blended sea-weed extracts on the germination and growth of the mung bean. Journal of Applied Phycology. 2018. 31 (3). P. 2025–2037. doi: 10.1007/s10811-018-1680-2

3. Анішин Л. Регулятори росту рослин: сумніви і факти. Пропозиція. 2002. № 5. С. 64–65.

4. Покопцева Л. Регулятори росту для соняшнику. TheukranianFarmer. Київ : ТОВ «АГП Медіа», 2011. № 2. С. 28–29.

5. Мельник А.В. Агробіологічні основи формування врожаю соняшнику та ріпаку ярого в лівобережному лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук.

залежність, за якої коефіцієнти кореляції складають 0,756-0,791.

Висновки і перспективи.

Параметри біометричних показників рослин соняшнику залежали від варіантів застосування добрив, генетичних особливостей гібридів, які ми вивчали та дії ретарданту. Максимальні біометричні параметри (висота, діаметр стебла, кількість листків на рослині, ВВСН 64-68) було отримано за вирощування гібриду РЖТ Волльф. Максимальні значення біометричних показників у розрізі гібридів було отримано на варіанті за внесення $N_{120}P_{80}K_{180}$. Застосування ретарданту Сетар забезпечувало зменшення висоти рослин та сприяло зростанню кількості листків на рослині та діаметра стебла.

ступеня д-ра с.-г. наук: 06.01.09. Київ, 2013. 43 с.

6. Базалій В.В., Домарацький Є.О., Добровольський А.В. Агротехнічний спосіб пролонгації фотосинтетичної діяльності рослин соняшнику. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв, 2016. № 4 (92). С. 77–84.

7. Кур'ята В.Г., Попроцька І.В. Фізіолого-біохімічні основи застосування ретардантів в рослинництві. Вінниця: ТОВ «Твори», 2019. 98 с.

8. Кушнір О.В., Кур'ята В.Г. Фізіологічні основи застосування фітогормонів та антигіберелінових препаратів в рослинництві. Сучасні проблеми біологічної науки та методика її викладання у закладах вищої освіти. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2018. С. 244–261.

9. Kuryata V.G., Poprotska I.V., & Rogach T.I. The impact of growth stimulators and retardants on the utilization of reserve lipids by sunflower seedlings. Regulatory

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

Mechanisms in Biosystems. 2017. Vol. 8(3). P. 317–322.

10. Chena L., Hub W., Long C., & Wang D. Exogenous plant growth regulator alleviate the ad-verse effects of U and Cd stress in sunflower (*Helianthus annuus L.*) and improve the efficacy of U and Cd remediation. *Chemosphere*. 2021. Vol. 262. 127809. doi: [10.1016/j.chemosphere.2020.127809](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127809)

11. Caruso G., De Pascale S., Cozzolino E. et al. Protein Hydrolysate or Plant Extract-based Biostimulants Enhanced Yield and Quality Performances of Greenhouse Perennial Wall Rock-et Grown in Different Seasons. *Plants*. 2019. Vol. 8 (7). P. 1–18. doi: [10.3390/plants8070208](https://doi.org/10.3390/plants8070208)

12. Жатова Г., Яценко В., Колос І. Реакція гібридів соняшнику на застосування ретардантів. *Danish scientific journal*. 2021. Vol. 2, № 54. P. 3–8.

13. Вплив ретардантів на ріст рослин та структуру урожайності соняшнику / В.І. Троценко та ін. *Вісник Сумського НАУ*. 2021. Вип. 1 (43). С. 55–64.

14. Рогач В.В., Попроцька І.В., Кур'ята В.Г. Дія гібереліну та ретардантів на морфогенез, фотосинтетичний апарат і продуктивність картоплі. *Вісник Дніпропетровського університету*. 2016. Т. 24(2). С. 416–420.

15. Кур'ята В.Г., Поливаний С.В. Дія антигіберелінового препарату хлормекватхлориду на структуру урожаю і якісні характеристики олії маку олійного. *Сільськогосподарські науки: Збірник наукових праць ВНАУ*. Вінниця, 2012. Вип. 1 (57). С. 90–93.

16. Рогач Т.І., Кур'ята В.Г. Фізіологічні основи регуляції морфогенезу та продуктивності соняшнику за допомогою хлормекватхлориду і трептолему. *Вінниця: ТОВ «ТВОРИ»*, 2018. С. 140.

17. Троценко В.І. Соняшник: селекція, насінництво, технологія вирощування: монографія. Суми: Університетська книга, 2001. С. 184.

18. Kalenska S., Novytska N., Stolyarchuk T. et al. Nanopreparations in technologies of plants growing. *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19. Iss. 1. P. 795–808. doi: [10.15159/AR.21.017](https://doi.org/10.15159/AR.21.017)

19. Каленська С.М., Гарбар Л.А., Горбатюк Е.М. Роль регламентів сівби у формуванні фітометричних показників соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 49–55. doi: [10.32851/2226-0099.2020.113.7](https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.7)

20. Мусатенко Л.І. Фітогормони і фізіологічно активні речовини в регуляції росту і розвитку рослин. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; голов. ред. В.В. Моргун*. Київ: Логос, 2009. Т. 1. С. 508–536.

21. Рогач Т.І. Особливості морфогенезу і продуктивність соняшнику за дії трептолему // *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку*. Т. 1 / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; голов. ред. В.В. Моргун. Київ: Логос, 2009. С. 680–686.

22. Дослідна справа в агрономії : навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016а. 316 с.

23. Дослідна справа в агрономії : навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 2. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016б. 341 с.

References

1. Kocira, S., Hara P., Szparaga, A. et al. (2020). Evaluation of the Effectiveness of the Use of Biopreparations as Seed Dressings. *Agriculture*, 10 (4), 1-9. doi : [10.3390/agriculture10040090](https://doi.org/10.3390/agriculture10040090)

2. Di Filippo-Herrera, D.A., Mucoz-Ochoa, M., Hernandez-Herrera, R.M., Hernandez-Carmona, G. (2018). Biostimulant activity of individual and blended sea-weed extracts on the germination and growth of the mung bean. *Journal of Applied Phycology*, 31, 2025–2037. doi : [10.1007/s10811-018-1680-2](https://doi.org/10.1007/s10811-018-1680-2)

3. Anishyn, L.A. (2002). Plant growth regulators: doubts and facts. *Propozytsiya*, 5, 64–65.

4. Pokoptseva L. (2011). Growth regulators for sunflower. *TheukranianFarmer*. K : TOV «AGP Media», 2, 28-29.

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

5. Melnyk A.V. (2013). Agrobiological bases of sunflower and spring rape crop formation in the left-bank forest-steppe of Ukraine. (Extended Abstract of Dr. Agric. Sci. Diss.). National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, Ukraine.
6. Bazalii V.V., Domaratskyi Ye.O., & Dobrovolskyi A.V. (2016). Agrotechnical method of prolonging the photosynthetic activity of sunflower plants. *Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 4 (92), 77-84.
7. Kuriata, V.H., & Polyvanyi, S.V. (2019). Physiological and biochemical basis of the use of retardants in crop production. Vinnytsia: TOV «TVORY».
8. Kushnir O.V., & Kuriata, V.H., (2018). Physiological basis of the use of phytohormones and antigibberellin drugs in crop production. Modern problems of biological science and methods of its teaching in institutions of higher education. Vinnytsia: TOV «Nilan-LTD».
9. Kuryata, V.G., Poprotska, I.V., & Rogach, T.I. (2017). The impact of growth stimulators and retardants on the utilization of reserve lipids by sunflower seedlings. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(3), 317–322.
10. Chena, L., Hub, W., Long, C., & Wang, D. (2021). Exogenous plant growth regulator alleviate the ad-verse effects of U and Cd stress in sunflower (*Helianthus annuus L.*) and improve the efficacy of U and Cd remediation. *Chemosphere*, 262, 127809. doi : [10.1016/j.chemosphere.2020.127809](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127809)
11. Caruso, G., De Pascale, S., Cozzolino, E. et al. (2019). Protein Hydrolysate or Plant Extract-based Biostimulants Enhanced Yield and Quality Performances of Greenhouse Perennial Wall Rock-et Grown in Different Seasons. *Plants*, 8 (7), 1-18. doi: [10.3390/plants8070208](https://doi.org/10.3390/plants8070208)
12. Zhatova, H., Yatsenko, V., & Kolosok, I. (2021). Reactions of sunflower hybrids for the retardant application. *Danish scientific journal*, 2(54), 3-8.
13. Trotsenko V.I. et.al. (2021). Effect of retardants on plant growth and yield structure of sunflower. *Bulletin of the Sumy NAU*, 1 (43), 55-64.
14. Rohach, V. V. Poprotska, I. V., & Kuriata, V. H. (2016). Effect of gibberellin and retardants on morphogenesis, photosynthetic apparatus and productivity of potatoes. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu*, 24(2), 416-420.
15. Kuriata, V. H., & Polyvanyi, S. V. (2012). The effect of the antigibberellin drug chlormequat chloride on the structure of the crop and qualitative characteristics of oil poppy. *Silskohospodarski nauky: Zbirnyk naukovykh prats VNAU*, 1(57), 90-93.
16. Rohach, T.I., & Kuriata, V.H. (2018). Physiological basis of regulation of sunflower morphogenesis and productivity with the help of chlormequat chloride and treptolem. Vinnytsia: TOV «TVORY».
17. Trotsenko, V.I. (2001). Sunflower: selection, seed production, growing technology. Sumy: Universytetska knyha.
18. Kalenska, S., Novytska, N., Stolyarchuk, T. et al. (2021). Nanopreparations in technologies of plants growing. *Agronomy Research*, 19(1), 795-808. doi : [10.15159/AR.21.017](https://doi.org/10.15159/AR.21.017)
19. Kalenska, S.M., Harbar, L.A., & Horbatiuk, E.M. (2020). The role of sowing regulations in the formation of phytometric parameters of sunflower. *Taurian Scientific Bulletin*, 113, 49-55. doi : [10.32851/2226-0099.2020.113.7](https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.7).
20. Musatenko, L.I. (2009). Phytohormones and physiologically active substances in the regulation of plant growth and development. *Fiziolohiia roslyn: problemy ta perspektyvy rozvytku / NAN Ukrainy, In-t fiziolohii roslyn i henetyky, Ukr. t-vo fiziolohiv roslyn*; holov. red. V.V. Morhun. (Vol. 1). Kyiv: Lohos.
21. Rohach T.I. (2009). Features of morphogenesis and productivity of sunflower under the action of treptolem. *Fiziolohiia roslyn: problemy ta perspektyvy rozvytku / NAN Ukrainy, In-t fiziolohii roslyn i henetyky, Ukr. t-vo fiziolohiv roslyn*; holov. red. V.V. Morhun. (Vol. 1). Kyiv: Lohos.
22. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., & Kalenskaya, S.M. (2016a). Research in agronomy: textbook. manual: in 2 books. - Book 1. *Theoretical aspects of research*. For order. A. O. Rozhkova. Kharkiv: Maidan.

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І.

23. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenskaya, S.M. (2016b). Research in agronomy: textbook. manual: in 2 books. -

Book 2. *Theoretical aspects of research*. For order. A. O. Rozhkova. Kharkiv: Maidan.

BIOMETRIC PARAMETERS OF SUNFLOWER HYBRID PLANTS UNDER THE INFLUENCE OF FEEDING CONDITIONS AND RETARDANT

L. A. Harbar, V. I. Avramchuk

Abstract. *Crop productivity management is aimed at forming optimal crop parameters that would provide maximum opportunities in the activity of the photosynthetically active surface of plants, contributing to the assimilation and accumulation of dry matter. The activity of crop is determined not only by the indicators of the leaf surface area, but also by the parameters of the leaves, their quantity, tiering, and the height of the plant.*

Correlation analysis between plant height and stem diameter shows a direct positive correlation dependence, with correlation coefficients depending on the hybrid of 0.947-0.976. There is a direct correlation between plant height and the number of leaves on a plant, with correlation coefficients of 0.756-0.791.

The maximum values of biometric parameters (plant height, stem diameter, number of leaves on a plant) were obtained on the variants of the RGT Wollf hybrid with the application of $N_{120}P_{80}K_{180}$. Increase in biometric parameters of sunflower plants was observed according to increasing doses of fertilizers. The difference in these indicators between the variants $N_{120}P_{80}K_{180}$ and $N_{100}P_{65}K_{150}$ was insignificant. The use of the Setar retardant ensured a decrease in the height of the plants and contributed to an increase in the number of leaves on the plant and the diameter of the stem.

Key words: *biometric indicators, hybrid, fertilizers, retardant, sunflower, feeding conditions*

**ВПЛИВ ЗАМІНИ В КОМБІКОРМІ РИБНОГО БОРОШНА
ФЕРМЕНТОВАНИМ СОЄВИМ ШРОТОМ НА
МОРФОЛОГІЧНИЙ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ТІЛА МОЛОДІ
КЛАРІЄВОГО СОМА (CLARIAS GARIEPINUS)**

Р. Р. ВОЗНЮК, аспірант, <https://orcid.org/0000-0003-4710-5371>

E-mail: roman_vz@ukr.net

М. Ю. СИЧОВ, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0002-6319-9876>

E-mail: sychov@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.014](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.014)

***Анотація.** У статті висвітлені питання впливу згодовування комбікормів з різним рівнем заміни рибного борошна ферментованим соєвим шротом на морфологічний та хімічний склад тіла молоді кларієвого сома (*Clarias gariepinus*). Експериментальні дослідження проводились в умовах експериментальної бази проблемної науково-дослідної лабораторії кормових добавок кафедри годівлі тварин та технології кормів ім. П. Д. Пшеничного Національного університету біоресурсів і природокористування України. Було проведено науково-господарський дослід за методом груп-аналогів тривалістю 56 днів, який був поділений на 4 підперіоди тривалістю 14 днів кожний.*

Для досліджу було відібрано 600 екземпляр молоді кларієвого сома середньою масою 25 грам та сформовано за методом аналогів шість груп по 100 екземплярів в кожній – контрольну та 5 дослідних. Годівлю молоді кларієвого сома здійснювали комбікормами, які відрізнялися рівнями введенням ферментованого соєвого шроту. Так, комбікорм контрольної групи в своєму складі мав 36 % рибного борошна без додавання ферментованого соєвого шроту EP500, тоді як в комбікормі 2 групи вміст рибного борошна був знижений до 26 % та додано 10 % ферментованого соєвого шроту EP500.

У комбікормі для 3 групи рівень рибного борошна знизився до 21 % та збільшено рівень ферментованого соєвого шроту EP500 до 15 %. Вміст рибного борошна у комбікормах 4, 5 та 6 груп становив 16 %, 11 % та 0 %, тоді як ферментованого соєвого шроту EP500 в цих групах було відповідно 20 %, 25 % та 36 %.

У кінці досліджу визначали морфологічний і хімічний склад тіла на 10 екземплярах найтипівіших за масою риб. Для вивчення хімічного складу використовували м'язову тканину риб без шкіри. До аналізу всі зразки зберігалися у холодильнику.

Було встановлено, що використання в годівлі молоді кларієвого сома комбікормів з заміною рибного борошна та введення ферментованого соєвого шроту до його складу на рівні 25 – 36 % призвело до збільшення: маси патраної риби з головою на 3,69 ($p \leq 0,05$) – 4,12 % ($p \leq 0,01$); маси тушки на 4,10 – 4,67

Вознюк Р. Р., Сичов М. Ю.

($p \leq 0,01$); маси м'язової тканини на 3,99 – 4,98 ($p \leq 0,01$) порівняно з контрольною групою.

При цьому слід зазначити, що згодовування комбікормів з різним рівнем ферментованого соєвого шроту не мала помітного впливу на хімічний склад м'язової тканини молоді кларієвого сома.

Ключові слова: молодь кларієвого сома (*Clarias gariepinus*), комбікорм, ферментований соєвий шрот, рибне борошно, патрана тушка, хімічний склад

Актуальність. У сфері світового виробництва харчових продуктів вирощування риби в аквакультурі є сектором що розвивається найбільш динамічно. Цей сектор вже забезпечує майже половину світового попиту на рибні продукти та за прогнозами зросте до 60 – 70 % до 2030 року (Subasinghe et al., 2009). Одним із перспективних видів риб, що відносно нещодавно почав розводитись в Україні є кларієвий сом (*Clarias gariepinus*), родини сомових. Це прісноводна, теплолюбна, всеїдна риба, що може дихати атмосферним повітрям. У багатьох країнах кларієвий сом має досить важливе економічне значення через швидкий темп росту, витривалість, всеїдність, здатність розмножуватися у штучних умовах та витримувати надщільні посадки, не вибагливість до якісних показників води. Він має високу потребу у протеїні, джерелом якого у комбікормах є переважно рибне борошно. Вартість рибного борошна постійно зростає через збільшення частки аквакультури в процесі виробництва рибної продукції та обмеженості ресурсів (Tacon et al., 2011; Slawski et al., 2011).

Для зменшення частки рибного борошна в структурі комбікормів, для риб в цілому та кларієвого сома зокрема, актуальними постають питання пошуку більш дешевих, але біологічно повноцінних джерел протеїну. Заміна високовартісних кормів тваринного походження рослинною сировиною, зокрема відходами олійного виробництва, зумовлює значне зниження собівартості отримуваної продукції (Elesho et al., 2021; Hoffman et al., 1997; Jia et al., 2021; Fontainhas-Fernandes et al., 1999).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вченими було проведено ряд досліджень стосовно можливості використання рослинних кормів, які можуть бути включені до складу комбікормів у якості альтернативи рибному борошному (Gatlin et al., 2007). Альтернативні корми рослинного походження можна поділити на три групи залежно від їхнього походження та використання. Перша група – має регіональне значення, вирощуються та використовуються в певних регіонах через їх доступність та придатність для місцевих умов. Друга група – традиційні корми, які широко

Вознюк Р. Р., Сичов М. Ю.

розповсюджені у виробництві комбікормів та мають встановлену роль у годівлі риб. Третя група – нетрадиційні корми, які можуть включати в себе нові види рослин або спеціально оброблені кормові культури.

Серед розглянутих видів рослинних компонентів комбікорму є насіння олійних культур, бобові та злакові, які традиційно використовувалися як протеїнові або енергетичні концентрати, а також нові альтернативні продукти, розроблені за допомогою різних технологій переробки.

Група дослідників на чолі з А. Е. Igarog вивчали вплив ряски (*Lemna minor*) на ріст кларієвого сома та встановили, що заміна 40 % рибного борошна на висушену ряску призвела до збільшення росту риби та не чинила негативного впливу на здоров'я об'єкту дослідження (Igarog et al., 2021).

Ці дослідження довели можливість заміни рибного борошна на рослинні компоненти, але інгредієнти, які вивчались, більше підходять для регіонального виробництва кормів через їх дефіцит поза регіоном їх виробництва.

Тому також були дослідженні рослинні компоненти, які виробляються у промислових масштабах.

Дослідження вчених, які замінювали рибне борошно ферментованим соєвим шротом,

показали позитивні результати. Так, Hang Yang та ін. продемонстрували, що соєвий ферментований шрот може замінити до 30 % рибного борошна без змін у показниках живої маси та коефіцієнта конверсії корму для великоротого окуня (*Micropterus salmoides*) (H. Yang et al., 2020).

Інші дослідження показали, що соєвий шрот, ферментований спочатку *Bacillus subtilis*, а потім *Lactobacillus* і *Saccharomyces cerevisiae*, може замінити до 30 % рибного борошна у раціонах для великоротого окуня (*Micropterus salmoides*), без негативного впливу на показники росту та здоров'я риби (He et al., 2020).

Такі самі результати отримав Н. М. Azarm та ін. у вивченні росту молоді далекосхідного морського карася (*Acanthopagrus schlegeli*), де вони показали, що за рахунок використання соєвого шроту, ферментованого *Bacillus subtilis* із додаванням синтетичного метіоніну, лізину та таурину, можна замінити до 40 % рибного борошна без впливу на кінцеву живу масу та швидкість росту риби (Azarm and Lee, 2012).

Проведені дослідження на японському сібасі (*Lateolabrax japonicus*) підтвердили, що ферментований соєвий шрот, з додаванням мікробних штамів, може замінити 25 % рибного борошна в комбікормі, при цьому кількість антипоживних речовин після ферментації у порівнянні зі

Вознюк Р. Р., Сичов М. Ю.

звичайним соєвим шротом є меншою. Крім того, встановлено, що з часом сібас пристосовується до споживання корму, в якому замінено 50 % рибного борошна на соєвий ферментований шрот (Liang et al., 2017).

Дослідження Shiu, Y. L. та ін. показали, що соєвий шрот, ферментований бактеріями *Bacillus subtilis* E20, може успішно замінити до 29 % рибного борошна у раціонах для оранжево-плямистого окуня (*Epinephelus coioides*), зберігаючи при цьому позитивний вплив на гістоморфологічні зміни в печінці та активність травних ферментів, що покращує засвоюваність поживних речовин (Shiu et al., 2013).

Інші дослідження підтвердили позитивний вплив ферментації соєвого шроту на різноманітні аспекти розвитку риб. Наприклад, Wang та інші визначили, що соєвий шрот, ферментований *Lactobacillus plantarum* P8, може успішно замінити до 45 % рибного борошна, не маючи негативного впливу на ріст і здоров'я молоді калкана. Крім того, звичайний шрот замінив рибне борошно лише на 30 %, без негативного впливу на ріст риби (Wang et al., 2016).

Дослідження Z. A. Kari та інших встановило, що заміна 50 % рибного борошна на соєвий шрот, який був ферментований кисломолочними бактеріями *Lactobacillus acidophilus*, призвела до значного покращення приросту маси та стану здоров'я кларієвого сома. При цьому риба мала

найбільшу живу масу в кінці досліду, а перетравність протеїну становила високий рівень понад 92 % (Kari et al., 2022).

Додатково, дослідження Zakaria та інших виявило, що заміна рибного борошна на ферментований соєвий шрот, ферментований бактеріями *Staphylococcus succinus*, призвела до покращення росту, здоров'я та морфології печінки кларієвого сома. Включення ферментованого соєвого шроту також сприяло розвитку мікробіоти кишківника риби та покращенню показників крові. Однак зауважено зниження показників росту, коли рівень введення ферментованого соєвого шроту перевищував 40 % (Zakaria et al., 2022).

Мета – встановити вплив згодовування комбікорму зі заміною рибного борошна ферментованим соєвим шротом на морфологічний та хімічний склад тіла молоді кларієвого сома.

Методи. Дослідження проводилися в умовах експериментальної бази проблемної науково-дослідної лабораторії кормових добавок кафедри годівлі тварин та технології кормів ім. П. Д. Пшеничного Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Матеріалом для першого науково-господарського досліду була молодь кларієвого сома (табл. 1).

1. Схема першого науково-господарського досліджу

Група	Кількість риб, екз.	Досліджуваний фактор
1 - контроль	100	Базовий комбікорм (БК)*
Дослідні: 2	100	РБ - 26%, (ФСШ) - 10%
3	100	РБ - 21%, (ФСШ) - 15%
4	100	РБ - 16%, (ФСШ) - 20%
5	100	РБ - 11%, (ФСШ) - 25%
6	100	РБ - 0%, (ФСШ) - 36%

* вміст рибного борошна (РБ) – 36 %, вміст ферментованого соєвого шроту (ФСШ) – 0 %

Відповідно до схеми досліджу було відібрано 600 екземплярів молоді кларієвого сома, з яких за принципом груп сформовано 6 груп – контрольну та 5 дослідних по 100 екземплярів у кожній. При відборі враховувались такі показники: маса тіла, походження та вік.

Риб утримували у акваріумах об'ємом 100 л. Акваріуми були оснащені зовнішніми фільтрами для механічної та біологічної очистки води Eheim Professional 3 1200XL та ультрафіолетовими стерилізаторами зовнішнього типу Resun UV - 08 24 Вт. Насичення води киснем проводилось компресорами радіаторного типу Resun АСО - 001. Температура води підтримувалась за рахунок нагрівачів зовнішнього типу JBL ProTemp e500 потужністю 500 Вт та коливалась в межах 27,9 – 28,1 °С. Якість води та щільність посадки риб відповідали рекомендаціям по вирощуванню кларієвого сома (Necht, 1988, Кононенко та ін., 2016).

Годівлю риби проводили два рази на добу (зранку і ввечері) в ручну. Контроль за поїданням корму проводився візуально.

У кінці досліджу визначали морфологічний і хімічний склад тіла на 10 екземплярах найтипівіших за масою риб. Для вивчення хімічного складу використовували м'язову тканину риб без шкірою. До аналізу всі зразки зберігалися у холодильнику.

При оцінці хімічного складу м'язевих тканин тіла риб, визначали такі показники: вміст вологи, сирого жиру, сирого протеїну, сирого золи згідно чинних ДСТУ (Держспоживстандарт України, 2005, Держспоживстандарт України, 2010, Держстандарт України, 2006а, Держстандарт України, 2006b), БЕР розраховували за різницею між масовою часткою сухої речовини та суми масових часток сирих золи, жиру та протеїну.

При оцінці морфологічного складу тіла визначали такі показники (Smith & De Beer, 1988):

- маса нерозібраної риби – риба в цілому вигляді;

- маса патраної риби з головою – риба розрізана по черевцю між грудними плавниками від калтичка до анального отвору, з видаленими нутрощами, ікрою чи молоками, зачищеними згустками крові;

Вознюк Р. Р., Сичов М. Ю.

- маса тушки без голови – риба обезголовлена патрана без хвостового плавника;

- маса м'ясних частин риби – половина розрізаної повздовж обезголовленої патраної риби з видаленим хребтом, плавниками, чорною плівкою;

- маса голови, шкіри, серця, печінки, кісток, шлунку, кишечника, внутрішнього жиру

Масу частин тіла риб визначали за допомогою електронних ваг ВТД - 3/0,1ФД «Днепровес» з точність вимірювання 0,1 г та максимальним порогом зважування в 3 кг.

2. Рецепт повнораціонних комбікормів для молоді кларієвого сома (*Clarias gariepinus*)

Компоненти комбвкорму,%	Вміст,%					
	1 - контроль	дослідні				
		2	3	4	5	6
Рибне борошно СП 71%	36,00	26,00	21,00	16,00	11,00	-
Ферментований соєвий шрот ЕР 500	-	10,00	15,00	20,00	25,00	36,00
М'ясокісткове борошно СП 65%	9,33	14,29	16,76	19,24	21,94	2,37
Кров'яне борошно СП 90%	-	-	-	-	-	17,68
Пшениця	31,05	24,99	21,96	18,95	17,92	21,02
Висівки пшеничні	7,00	7,00	7,00	7,00	4,73	-
Рибний жир	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Соєве масло	5,31	5,30	5,30	5,29	5,32	7,80
Лізин хлорид 78,5%	2,71	2,87	2,95	3,03	3,12	2,27
Метіонін	2,36	2,46	2,51	2,56	2,61	2,78
Триптофан	2,18	2,18	2,19	2,19	2,20	2,05
Треонін	0,61	0,64	0,66	0,67	0,69	0,57
Вапняк Са 36%	0,21	1,03	1,43	1,83	2,23	3,48
Монокальцій фосфат	-	-	-	-	-	0,74
Премікс	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Усього	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Статичну обробку даних проводили за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням вбудованих статистичних функцій. Для показників критерію вірогідності (р) були використані такі рівні значущості: $p < 0,05$; 0,01 і 0,001.

Результати дослідження та їх обговорення. Під час проведення науково-господарського дослідження молодь кларієвого сома усіх груп годували повнораціонними комбікормами, збалансованими за усіма поживними речовинами згідно рекомендацій ФАО (табл. 2, та 3).

3. Хімічний склад комбікормів молоді кларієвого сома (*Clarias gariepinus*)

Показник	Поживність, %					
	1 - контроль	дослідні				
		2	3	4	5	6
ОЕ,МДж	15,61	15,63	15,65	15,65	15,69	15,73
Сирий протеїн	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
Сирий жир	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Сира клітковина	2,58	2,63	2,52	2,67	2,06	1,70
Кальцій	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Фосфор	1,05	0,87	0,80	0,73	0,65	0,50
Метіонін	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
Лізін	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Триптофан	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Треонін	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

Хімічний склад комбікормів для контрольної та дослідних груп був майже однаковим, але відрізнялись за вмістом рибного борошна, ферментованого соєвого шроту EP500. Рецепти комбікормів також відрізнялись кількістю м'ясокісткового борошна, пшениці та соєвого масла. Комбікорми для п'ятої та шостої групи мали в своєму складі кров'яне борошно, на відміну від інших рецептів. У комбікормах 1, 2, 3 та 4 групи вміст висівок пшеничних був однаковий, але в 5 групі кількість висівок була нижчою, а в 6 вони взагалі були відсутні. Все це було зроблено з метою збалансувати комбікорми за енергетичною цінністю та вмістом основних

поживних речовин. Комбікорми згодовували в сухому гранульованому вигляді.

Аналізуючи результати забою риби, було встановлено вплив згодовування комбікормів з різним вмістом ферментованого соєвого шроту на морфологічний склад тіла кларієвого сома (табл. 4).

Для морфологічного аналізу була відібрана риба, маса тіла якої максимально відповідала середнім показникам у групі. Проте, маса тіла риб 2-ї групи перевищувала контроль на 4,90 г або 1,63 %, 3-ї – на 7,49 г або 2,50 %; 4-ї – на 9,76 г або 3,26 % ($p \leq 0,05$); 5-ї – на 10,50 г або 3,50 % ($p \leq 0,01$) і 6-ї – на 11,68 г або 3,90 % ($p \leq 0,01$).

4. Морфологічний склад тіла молоді кларієвого сома, г (n=10)

Параметр	Група					
	1	2	3	4	5	6
Маса риби	299,71± 1,37	304,61± 2,745	307,20± 3,045	309,47± 3,276*	310,21± 2,998**	311,39± 3,067**
Патрана з головою	260,39± 1,467	264,80± 2,337	267,14± 2,574	269,13± 2,606*	269,98± 2,821*	271,11± 2,252**
Голова	71,47± 0,746	72,18± 0,898	72,45± 0,661	72,73± 0,753	72,87± 0,708	73,16± 0,576
Тушка	183,49± 0,595	186,84± 1,771	188,56± 1,989	190,09± 2,226*	191,02± 1,986**	192,06± 1,863**
М'язова тканина	124,17± 0,519	126,27± 1,126	127,40± 1,268	128,62± 1,379*	129,13± 1,297**	130,35± 1,461**
Шкіра	21,46± 0,215	21,79± 0,196	21,15± 0,215	21,58± 0,225	21,95± 0,357	21,28± 0,332
Кістки	36,94± 0,297	37,12± 0,345	37,33± 0,376	37,53± 0,360	37,68± 0,338	37,82± 0,342
Серце	2,73± 0,028	2,75± 0,032	2,74± 0,022	2,75± 0,032	2,72± 0,022	2,73± 0,035
Печінка	3,39± 0,041	3,38± 0,044	3,39± 0,044	3,40± 0,047	3,39± 0,054	3,38± 0,051
Шлунок	2,92± 0,028	2,90± 0,035	2,91± 0,032	2,89± 0,044	2,91± 0,047	2,90± 0,035
Кишечник	0,75± 0,025	0,76± 0,038	0,78± 0,047	0,78± 0,038	0,80± 0,032	0,81± 0,035
Внутрішній жир	10,49± 0,073	10,51± 0,079	10,48± 0,079	10,49± 0,101	10,50± 0,108	10,52± 0,060

Примітка. * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$ порівняно з контрольною групою

Схожі результати були отримані, при дослідженні повної заміни рибного борошна на необроблений та ферментований за різними технологіями соєвий шрот у комбікормі на продуктивність райдужної форелі показали, що продукт ферментації соєвого шроту кисломолочними бактеріями (*Bacillus*) за вологості 45 % протягом 10 годин, може повністю замінити рибне борошно без втрати інтенсивності росту (Yamamoto et al., 2010).

Подібні результати при дослідженні на молоді кижуча (*O. kisutch*), отримали Zhang та інші, так заміна рибного борошна у комбікормах соєвим шротом, який був ферментований *B. cereus* у кількості 9–18 % призвело до посилення росту риби (Zhang et al., 2023). Схожі результати встановили Li та інші, що при використанні соєвого шроту ферментованого *B. natto* в комбікормах для тилапії нільської (*Oreochromis niloticus*) на рівні 5 % покращило показники маси

Вознюк Р. Р., Сичов М. Ю.

тіла риби на 18 % порівняно із контролем (Li et al., 2022).

За масою патраної риби з головою аналоги 2-ї групи переважали даний показник контрольної на 4,41 г або 1,69 %; 3-ї – 6,75 г або 2,59 %; 4-ї – 8,74 г або 3,38 % ($p \leq 0,05$); 5-ї – 9,59 г або 3,69 % ($p \leq 0,05$) і 6-ї – на 10,72 г або 4,12 % ($p \leq 0,01$).

За масою тушки молодь кларієвого сома 2-ї групи переважала контроль на 3,35 г або 1,83 %; 3-ї – 5,07 г або 2,76 %; 4-ї – 6,06 г або 3,60 % ($p \leq 0,05$); 5-ї – 7,53 г або 4,10 % ($p \leq 0,01$) та 6-ї – на 8,57 г або 4,67 % ($p \leq 0,01$).

Важливим показником за оцінювання якості туш риб є маса

5. Хімічний склад м'язової тканини молоді кларієвого сома, % (n=10)

Показник	Група					
	1	2	3	4	5	6
Волога	77,79± 0,120	77,71± 0,120	77,56± 0,092	77,60± 0,108	77,69± 0,098	77,57± 0,136
Органічна речовина	21,03± 0,126	21,10± 0,114	21,25± 0,092	21,20± 0,108	21,12± 0,104	21,25± 0,142
Сирий протеїн	17,20± 0,035	17,21± 0,035	17,24± 0,025	17,26± 0,044	17,28± 0,032	17,29± 0,038
Сирий жир	2,84± 0,016	2,86± 0,022	2,87± 0,016	2,86± 0,016	2,85± 0,013	2,85± 0,016
Сира зола	1,18± 0,009	1,19± 0,009	1,19± 0,019	1,20± 0,022	1,19± 0,013	1,18± 0,016
БЕР	0,99± 0,149	1,03± 0,142	1,11± 0,098	1,06± 0,089	1,02± 0,114	1,11± 0,145

Аналіз хімічного складу м'язової тканини кларієвого сома показав, що вміст вологи у ньому коливався в межах від 77,56 % до 77,79 %. Порівнюючи вміст вологи у м'язовій тканині, за згодовування комбікормів з ферментованим соєвим шротом, не

м'язової тканини. За цим показником молодь кларієвого сома 2 – 6-ї груп перевищувала контрольних аналогів відповідно на 2,10 г або 1,69 %; 3,23 г або 2,60 %; 4,45 г або 3,58 % ($p \leq 0,05$); 4,96 г або 3,99 % ($p \leq 0,01$) та 6,18 г або 4,98 % ($p \leq 0,01$).

Філе кларієвого сома – цінний харчовий продукт, який широко використовують у кулінарії, адже воно не містить великих кісток, що проходять уздовж хребців. Хімічний склад м'язової тканини молоді кларієвого сома за використання комбікормів з різним вмістом ферментованого соєвого шроту наведений в таблиці 5.

виявили статистично вірогідну міжгрупову різницю.

Аналогічна закономірність була і за вмістом органічної речовини, сирого протеїну, сирого жиру, сирого золи та БЕР.

Висновки і перспективи.

Використання в годівлі молоді кларієвого сома комбікормів з заміною рибного борошна та введення ферментованого соєвого шроту до його складу на рівні 25 – 36 % призвело до збільшення: маси патраної риби з головою на 3,69 ($p \leq 0,05$) – 4,12 % ($p \leq 0,01$); маси тушки на 4,10 – 4,67 ($p \leq 0,01$); маси м'язової тканини на 3,99 – 4,98 ($p \leq 0,01$) порівняно з контрольною групою.

Список використаних джерел

1. An evaluation of replacing fish meal with fermented soybean meal in the diets of largemouth bass (*Micropterus salmoides*): Growth, nutrition utilization and intestinal histology / M. He et al. *Aquaculture Research*. 2020. Vol. 51, no. 10. P. 4302–4314.

2. Azarm H. M., Lee S.-M. Effects of partial substitution of dietary fish meal by fermented soybean meal on growth performance, amino acid and biochemical parameters of juvenile black sea bream *Acanthopagrus schlegeli*. *Aquaculture research*. 2012. Vol. 45, no. 6. P. 994–1003.

3. Co-occurrence network of microbes linking growth and immunity parameters with the gut microbiota in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after feeding with fermented soybean meal / L. Li et al. *Aquaculture reports*. 2022. Vol. 26.

4. Duckweed (*Lemna minor*) meal as partial replacement for fish meal in catfish (*Clarias gariepinus*) juvenile diets / A. E. Irabor et al. *Livestock research for rural development*. 2022. Vol. 1, no. 34.

5. Effect of feeding level on the digestibility of alternative protein-rich ingredients for African catfish (*Clarias gariepinus*) / F. E. Elesho et al. *Aquaculture*. 2021. Vol. 544. P.

6. Effect of fish meal substitution with fermented soy pulp on growth performance, digestive enzyme, amino acid profile, and immune-related gene expression of African

При цьому слід зазначити, що згодовування комбікормів з різним рівнем ферментованого соєвого шроту не мала помітного впливу на хімічний склад м'язової тканини молоді кларієвого сома.

Перспектива подальших досліджень полягає у вивченні ефективності згодовування комбікормів з різними рівнями ферментованого соєвого шроту при вирощуванні кларієвого сому до товарної живої маси.

catfish (*Clarias gariepinus*) / Z. A. Kari et al. *Aquaculture*. 2022. Vol. 546. P. 737418.

7. Effects of replacing fish meal with fermented soybean meal on the growth performance, intestinal microbiota, morphology and disease resistance of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) / H. Yang et al. *Aquaculture reports*. 2022. Vol. 22. P. 100954.

8. Effects of soybean meal fermentation by *Lactobacillus plantarum* P8 on growth, immune responses, and intestinal morphology in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) / L. Wang et al. *Aquaculture*. 2016. Vol. 464. P. 87–94.

9. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review / D. M. Gatlin et al. *Aquaculture research*. 2007. Vol. 38, no. 6. P. 551–579.

10. Fermented soybean meal (FSBM) in african catfish (*Clarias gariepinus*) diets: effects on growth performance, fish gut microbiota analysis, blood haematology, and liver morphology / M. K. Zakaria et al. *Life*. 2022. Vol. 12, no. 11. P. 1851.

11. Growth performance, antioxidant and immunity capacity were significantly affected by feeding fermented soybean meal in juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) / Q. Zhang et al. *Animals*. 2023. Vol. 13, no. 5. P. 945.

12. Hecht T. The culture of sharptooth catfish, *Clarias gariepinus*, in southern africa. Foundation for Research Development, CSIR, 1988. 133 p.

13. Hoffman L. C., Prinsloo J. F., Rukan G. Partial replacement of fish meal with either soybean meal, brewers yeast or tomato meal in the diets of African sharptooth catfish *Clarias gariepinus*. *Water SA*. 1997. Vol. 2, no. 23. P. 181–186.

14. Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* / T. Yamamoto et al. *Aquaculture*. 2010. Vol. 309, no. 1-4.

15. Protein-Sourced feedstuffs for aquatic animals in nutrition research and aquaculture / S. Jia et al. *Advances in experimental medicine and biology*. Cham, 2021. P. 237–261.

16. Replacement of Fish Meal by Plant Proteins in the Diet of Nile Tilapia: Digestibility and Growth Performance / A. Fontainhas-Fernandes et al. *Aquaculture International*. 1999. Vol. 7, no. 1. P. 57–67.

17. Smith G. A., De Beer K. Processing of *clarias gariepinus* and product presentation/. *The culture of sharptooth Catfish*. 1988. P. 73–80.

18. Subasinghe R., Soto D., Jia J. Global aquaculture and its role in sustainable development. *Reviews in aquaculture*. 2009. Vol. 1, no. 1. P. 2–9.

19. Substitution of fish meal by fermented soybean meal affects the growth performance and flesh quality of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) / X. F. Liang et al. *Animal feed science and technology*. 2017. Vol. 229. P. 1–12.

20. Tacon, A.G.J.; Hasan, M.R.; Metian, M. Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects.. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 564*. FAO, 2011.

21. Total fish meal replacement with rapeseed protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) / H. Slawski et al. *Aquaculture international*. 2011. Vol. 20, no. 3. P. 443–453.

22. Using *Bacillus subtilis*E20-fermented soybean meal as replacement for fish meal in the diet of orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*, Hamilton) / Y.-L. Shiu et al. *Aquaculture research*. 2013. Vol. 46, no. 6. P. 1403–1416.

23. ДСТУ ISO 5985:2004 Корми для тварин. Визначення вмісту сирової золи, нерозчинної в соляній кислоті (ISO 5985:2002, IDT). Чинний від 01.01.2006. Київ: Держстандарт України, 2006. 16 с.

24. ДСТУ ISO 6496:2005 Корми для тварин. Визначення вмісту вологи та інших летких речовин. Чинний від 01.07.2006. Київ: Держстандарт України, 2006. 16 с.

25. ДСТУ 7169:2010 Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначання вмісту азоту й сирового протеїну. Чинний від 01.07.2011. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 16 с.

26. ДСТУ ISO 6492:2003 Корми для тварин. Визначення вмісту жиру (ISO 6492:1999, IDT). Чинний від 01.07.2005. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 16 с.

27. Інтенсивні технології в аквакультурі / Р. В. Кононенко та ін. Київ: Центр учб. літ., 2016. 410 с.

References

1. Azarm, H. M., & Lee, S.-M. (2012). Effects of partial substitution of dietary fish meal by fermented soybean meal on growth performance, amino acid and biochemical parameters of juvenile black sea bream *Acanthopagrus schlegelii*. *Aquaculture Research*, 45(6), 994–1003. <https://doi.org/10.1111/are.12040>

2. Elesh, F. E., Kröckel, S., Sutter, D. A. H., Nuraini, R., Chen, I. J., Verreth, J. A. J., & Schrama, J. W. (2021). Effect of feeding level on the digestibility of alternative protein-rich ingredients for African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture*, 544, 737108. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737108>

3. Fontainhas-Fernandes, A., Gomes, E., Reis-Henriques, M. A., & Coimbra, J. (1999). Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of Nile tilapia: digestibility and growth performance. *Aquaculture international*, 7, 57–67.

4. Gatlin, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., J Souza, E., Stone, D., Wilson, R., & Wurtele, E. (2007).

Вознюк Р. Р., Сичов М. Ю.

Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: A review. *Aquaculture Research*, 38(6), 551–579.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x>

5. He, M., Yu, Y., Li, X., Poolsawat, L., Yang, P., Bian, Y., Guo, Z., & Leng, X. (2020). An evaluation of replacing fish meal with fermented soybean meal in the diets of largemouth bass (*Micropterus salmoides*): Growth, nutrition utilization and intestinal histology. *Aquaculture Research*, 51(10), 4302–4314. <https://doi.org/10.1111/are.14774>

6. Hecht, T. (1988). The culture of sharptooth catfish, *clarias gariepinus*, in southern africa. Foundation for Research Development, CSIR.

7. Hoffman, L. C., Prinsloo, J. F., & Rukan, G. (1997). Partial replacement of fish meal with either soybean meal, brewers yeast or tomato meal in the diets of African sharptooth catfish *Clarias gariepinus*. *Water SA*, 23(2), 181–186

8. Irabor, A. E., Obakanurhie, O., Nwachi, F. O., Ekokotu, P. A., Ekelemu, J. K., Awhefeada, O. K., ... & Adagha, O. (2022). Duckweed (*Lemna minor*) meal as partial replacement for fish meal in catfish (*Clarias gariepinus*) juvenile diets. *Livestock Research for Rural Development*, 34(1).

9. Jia, S., Li, X., He, W., & Wu, G. (2021). Protein-Sourced feedstuffs for aquatic animals in nutrition research and aquaculture. *Y Advances in experimental medicine and biology* (c. 237–261). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85686-1_12

10. Kari, Z. A., Kabir, M. A., Dawood, M. A. O., Razab, M. K. A. A., Ariff, N. S. N. A., Sarkar, T., Pati, S., Edinur, H. A., Mat, K., Ismail, T. A., & Wei, L. S. (2022). Effect of fish meal substitution with fermented soy pulp on growth performance, digestive enzyme, amino acid profile, and immune-related gene expression of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture*, 546, 737418. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737418>

11. Li, L., Song, J., Peng, C., Yang, Z., Wang, L., Lin, J., Li, L., Huang, Z., & Gong, B. (2022). Co-occurrence network of microbes

linking growth and immunity parameters with the gut microbiota in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after feeding with fermented soybean meal. *Aquaculture Reports*, 26, 101280.

<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101280>

12. Liang, X. F., Hu, L., Dong, Y. C., Wu, X. F., Qin, Y. C., Zheng, Y. H., Shi, D. D., Xue, M., & Liang, X. F. (2017). Substitution of fish meal by fermented soybean meal affects the growth performance and flesh quality of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Animal Feed Science and Technology*, 229, 1–12.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.03.006>

13. Shiu, Y.-L., Wong, S.-L., Guei, W.-C., Shin, Y.-C., & Liu, C.-H. (2013). Increase in the plant protein ratio in the diet of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), using *Bacillus subtilis*E20-fermented soybean meal as a replacement. *Aquaculture Research*, 46(2), 382–394. <https://doi.org/10.1111/are.12186>

14. Slawski, H., Adem, H., Tressel, R. P., Wysujack, K., Koops, U., Kotzamanis, Y., Wuertz, S., & Schulz, C. (2011). Total fish meal replacement with rapeseed protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquaculture International*, 20(3), 443–453. <https://doi.org/10.1007/s10499-011-9476-2>

15. Smith, G. A., & De Beer, K. (1988). Processing of *clarias gariepinus* and product presentation/. *Y The culture of sharptooth Catfish* (c. 73–80). Foundation for Research Development, CSIR.

16. Subasinghe, R., Soto, D., & Jia, J. (2009). Global aquaculture and its role in sustainable development. *Reviews in Aquaculture*, 1(1), 2–9. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01002.x>

17. Tacon, A. G., Hasan, M. R., & Metian, M. (2011). Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects. *FAO Fisheries and Aquaculture technical paper*, (564), I.

18. Wang, L., Zhou, H., He, R., Xu, W., Mai, K., & He, G. (2016). Effects of soybean meal fermentation by *Lactobacillus plantarum* P8 on growth, immune responses, and intestinal morphology in juvenile turbot (*scophthalmus*

Вознюк Р. Р., Сичов М. Ю.

maximus L.). *Aquaculture*, 464, 87–94.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.026>

19. Yamamoto, T., Iwashita, Y., Matsunari, H., Sugita, T., Furuita, H., Akimoto, A., Okamatsu, K., & Suzuki, N. (2010). Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 309(1-4), 173–180.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.021>

20. Yang, H., Bian, Y., Huang, L., Lan, Q., Ma, L., Li, X., & Leng, X. (2022). Effects of replacing fish meal with fermented soybean meal on the growth performance, intestinal microbiota, morphology and disease resistance of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture Reports*, 22, 100954.
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100954>

21. Zakaria, M. K., Kari, Z. A., Van Doan, H., Kabir, M. A., Che Harun, H., Mohamad Sukri, S. A., Goh, K. W., Wee, W., Khoo, M. I., & Wei, L. S. (2022). Fermented soybean meal (FSBM) in african catfish (*clarias gariepinus*) diets: Effects on growth performance, fish gut microbiota analysis, blood haematology, and liver morphology. *Life*, 12(11), 1851.
<https://doi.org/10.3390/life12111851>

28.

THE EFFECT OF REPLACEMENT OF FISH MEAL WITH FERMENTED SOYBEAN MEAL IN THE COMBINED FEED ON THE MORPHOLOGICAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE BODY OF YOUNG CLARIAS GARIEPINUS (*CLARIAS GARIEPINUS*)

R. R. Vozniuk, M. Yu. Sychov

Abstract. *The article examines the impact of feeding compound feed with different levels of fishmeal replacement with fermented soybean meal on the morphological and chemical composition of the body of young clary catfish (*Clarias gariepinus*). Experimental studies were carried out in the conditions of the experimental base of the problematic research laboratory of feed additives of the Department of Animal Feeding and Feed Technology, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. A scientific and economic experiment was conducted using the method of groups of analogues lasting 56 days, which was divided into four subperiods of 14 days each.*

For the experiment, 600 heads of young clary catfish with an average weight of 25 grams were selected, and six groups of 100 heads each—a control group and 5

22. Zhang, Q., Li, F., Guo, M., Qin, M., Wang, J., Yu, H., Xu, J., Liu, Y., & Tong, T. (2023). Growth performance, antioxidant and immunity capacity were significantly affected by feeding fermented soybean meal in juvenile coho salmon (*oncorhynchus kisutch*). *Animals*, 13(5), 945.
<https://doi.org/10.3390/ani13050945>

23. State consumer standard of Ukraine. (2005). Fodder for animals. Determination of fat content (ISO 6492:1999, IDT) (DSTU ISO 6492:2003).

24. State consumer standard of Ukraine. (2010). Fodder, compound feed, compound feed raw materials. Methods for determining nitrogen and crude protein content (DSTU 7169:2010).

25. State Standard of Ukraine. (2006a). Fodder for animals. determination of moisture content and other volatile substances. (DSTU ISO 6496:2005).

26. State Standard of Ukraine. (2006b). Fodder for animals. determination of raw ash insoluble in hydrochloric acid (ISO 5985:2002, IDT). (23. DSTU ISO 5985:2004).

27. Kononenko, R. V., Shevchenko, P. G., Kondratyuk, V. M., & Kononenko, I. S. (2016). Intensive technologies in aquaculture. Center of educational literature.

experimental ones—were formed by the analogue method. Young clary catfish were fed compound feed, which differed in the level of the introduction of fermented soybean meal.

Thus, the combined feed of the control group contained 36% fish meal without the addition of fermented soybean meal EP500, while in the combined feed of group 2, the content of fish meal was reduced to 26% and 10% fermented soybean meal EP500 was added.

In compound feed for group 3, the level of fish meal continued to decrease to 21%, and the level of fermented soybean meal EP500 was increased to 15%. Focusing on 100% replacement of fishmeal, the compound feed of groups 4, 5, and 6 was characterised by a 16%, 11%, and 0% content of this ingredient, while fermented soybean meal EP500 in these groups was 20%, 25%, and 36%, respectively.

At the end of the experiment, the morphological and chemical composition of the body was determined by weight on ten specimens of the most typical fish. The muscle tissue of skinless fish was used to study the chemical composition. Before analysis, all samples were stored in a refrigerator.

It was established that the use of compound feed with the replacement of fish meal in the feeding of young clary catfish and the introduction of fermented soybean meal into its composition at the level of 25-36% led to an increase in the weight of the carcass of the cartridge by 3.69 ($p \leq 0.05$) - 4, 12% ($p \leq 0.01$); carcass weight by 4.10 – 4.67 ($p \leq 0.01$); muscle tissue mass by 3.99 - 4.98 ($p \leq 0.01$) compared to the control group.

At the same time, it should be noted that feeding compound feed with different levels of fermented soybean meal had no probable effect on the chemical composition of young clary catfish muscle tissue.

Keywords: *juvenile clary catfish (*Clarias gariepinus*), compound feed, fermented soybean meal, fish meal, ground meat, chemical composition*

РОЛЬ ДРІЖДЖОВИХ ГРИБІВ У ЕТІОЛОГІЇ ОТИТУ У СОБАК

М. Ф. ТУЯХОВ

Національний університет біоресурсів та природокористування

E-mail: vetmeddpss@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.015](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.015)

Анотація. У статті наведені результати вивчення видового складу мікробіоти поверхні шкіри слухового каналу за отиту у собак, зокрема результати дослідження грибової мікробіоти та частоти виникнення асоціацій дріжджових грибів зі збудниками бактеріальної природи.

Мета роботи. Дослідження мікробіоти вуха собак за отитів з метою виявлення її видового складу та встановлення можливої ролі патогенних грибів і їх асоціацій з патогенними стафілококами.

Матеріали і методи. Дослідними тваринами були собаки із симптомами отиту віком від 6 місяців до 10 років. За період 2018-2020 було досліджено 30 собак масою 5-60 кг різних порід, обох статевих груп. Під час дослідження проводився відбір клінічного матеріалу у хворих тварин, виділення культур збудників на живильних середовищах, вивчення їх культуральних властивостей та визначення чутливості до відповідних препаратів.

Результати досліджень. Як показали результати досліджень, серед представників дріжджових грибів у матеріалі, виділеному від собак з отитом, найчастіше визначити *Malassezia pachydermatis* – 9 випадків (30 %).

Представники *Candida albicans* були виділені лише у 1 випадку (3,3 %), тож їх клінічне значення потребує подальшого вивчення. Дані гриби могли бути сторонніми контамінантами.

Слід зазначити, що у 9 випадках (30 %) виділили золотистий стафілокок спостерігалися асоціації *Staphylococcus aureus* з грибами *Malassezia pachydermatis*, у 6 випадках (20 %) спостерігалися асоціації *Staphylococcus pseudintermedius* із з грибами *M. pachydermatis*; у 5 випадках (16,7 %) – асоціації *S. aureus* із грам-негативними *Proteus spp.*

Висновки. 1. Серед представників дріжджових грибів у матеріалі, виділеному від собак з отитом, найчастіше виділяли *M. pachydermatis* – 9 випадків (30 %).

2. Представники *C. albicans* були виділені лише у 1 випадку (3,3 %), тож їх клінічне значення потребує подальшого вивчення. Дані гриби могли бути сторонніми контамінантами.

3. Слід зазначити, що у 9 випадках (30 % від кількості випадків виділення золотистого стафілококу) спостерігалися асоціації *S. aureus* з грибами *M. pachydermatis*, у 6 випадках (20 %) спостерігалися асоціації *S. pseudintermedius* із з грибами *M. pachydermatis*; у 5 випадках (16,7 %) – асоціації *S. aureus* із грам-негативними *Proteus spp.*

Тухов М. Ф.

Ключові слова: собаки, мікробіологічні дослідження, живильні середовища, мікробіота шкіри, дріжджові гриби, отит, грибово-мікробні асоціації, стафілококи, чутливість

Вступ. *Malassezia* spp., рід грибів, що часто реєструється у якості коменсального організму шкіри, слухових проходів, носових ходів, поверхні ротової порожнини, періанальних ділянок, а також піхви здорових собак і кішок (Miller, Griffin, Campbell, 2013; Mauldin, *et al.*, 1997; Scott, 1992). Найпоширенішим видом *Malassezia*, виділених у собак, є *M. pachydermatis*. Цей неміцеліальний організм належить до ліпофільних сапротрофних дріжджів, які розмножуються безстатевим шляхом – брунькуванням.

Фактори, які можуть сприяти набуттю *M. pachydermatis* патогенності, можуть включати будь-який із наступних: підвищена вологість, шкірні складки, ендокринні захворювання, порушення кератинізації, генетична схильність, імунологічні порушення, реакції гіперчутливості та підвищена кількість симбіотичних стафілококів (Bond, & Lloyd, 1995; Bugden, 2013). За даними літератури, *M. pachydermatis* може мати симбіотичні стосунки з коменсальними видами стафілококів, хоча припущення про те, що маласезійний отит пов'язаний з попередньою антибіотикотерапією, не підтверджені (Berger, *et al.*, 2012; Greene, 2006; Nardoni, & Corazza,

2008). Зазначені групи організмів продукують фактори росту та змінюють мікросередовище, що є взаємовигідними; таким чином, спостерігається підвищена кількість *S. pseudintermedius* або *S. aureus* у собак з одночасним надмірним розмноженням дріжджових грибів. У 40% собак із надлишковою популяцією грибів *Malassezia* spp. діагностують стафілококову піодермію і/або отит через симбіотичну взаємодію (Guillot, *et al.*, 1998; Bond, & Lloyd, 1998; Guillot, *et al.*, 2003; Petrov *et al.*, 2013).

Зважаючи на поширеність отиту у собак, та, нерідко, недостатню ефективність лікування останніх, перехід захворювання у хронічну форму, в тому числі проліферативну із подальшим розвитком анатомічних дефектів, вивчення ролі коменсальних та патогенних грибів, особливо за їх асоціацій з мікроорганізмами є дуже актуальною.

Мета роботи. Дослідження мікробіоти вуха собак за отитів з метою виявлення її видового складу та вивчення ролі дріжджових грибів за їх асоціацій з мікроорганізмами.

Матеріали і методи. Дослідними тваринами були собаки віком від 6 місяців до 10 років. За період 2018-2020 було досліджено 30 собак різних порід масою 5-60 кг,

Тухов М. Ф.

обох статевих груп, із симптомами отиту. Тварини були вакцинованими проти інфекційних хвороб, як стерилізовані, так і нестерилізовані. Дослідження проводили у лабораторії Маріупольської державної районної клініки ветеринарної медицини, у ветеринарних клініках Київської області «Animal Health» та «5-й елемент».

Мікробіологічні дослідження проводили на базі кафедри епізоотології, мікробіології і вірусології НУБіП України.

Собак включали в дослідження, якщо у них було діагностовано односторонній або двосторонній клінічний зовнішній отит, обґрунтований наявністю більш ніж одного з наступних клінічних ознак: дискомфорт, еритема вушного каналу, набряк або наявність ексудату, спричиненого патологією. У дослідження не включали тварин, якщо впродовж попередніх 5 днів вони отримували кортикостероїди короткотривалої або помірно короткотривалої дії, антибіотики і/або протигрибкові препарати, будь-який довготривалий системний кортикостероїд протягом попередніх 4 тижнів, або будь-який системний антибіотик чи протигрибковий препарат протягом попередніх 7 днів. Іншими причинами для виключення було: наявність новоутворень або інших факторів, що спричиняли закупорювання вушного каналу або розрив барабанної перетинки.

Діагноз (попередній та остаточний) ставили на підставі вивченого симптомокомплексу та результатів лабораторних аналізів.

Відбір проб для досліджень проводили за допомогою стерильного тампону – з уражених ділянок шкіри відбирали матеріал у спеціальні мікробіологічні контейнери із транспортним середовищем AMIES. Також відбирали ексудат у стерильні шприци. Десквамований епітелій у вигляді кірочок і лусочок, волосся відбирали у стерильні сухі культуральні пробірки. Також виготовляли мазки-відбитки із ексудату і зіскоби шкіри.

Після фіксації мазків, їх фарбували мазки за Грамом та за методом Романовського-Гімза, досліджували з використанням імерсійної системи світлового мікроскопу Vetscan HD microscope. Мікроскопічне дослідження зіскобів шкіри проводили за стандартною методикою, препарати проглядали під малим та середнім збільшенням мікроскопа.

Висіви проводили за допомогою стерильних пастерівських піпеток, бактеріологічних петель чи тампонів із контейнерів з патматеріалом на тверді та рідкі живильні середовища: МПА, кров'яний МПА, МПБ, МПЖ, агар Ендо і агар Сабуро у стерильні пластикові чашки Петрі та культуральні пробірки. Крім того, застосовували селективні середовища для стафілококів (кров'яний МПА із

Тухов М. Ф.

8-10 % хлористого натрію і 3,5 % МПА із кристалічним фіолетовим). Культивування проводили за різних температурних режимів (25-37°C) у термостаті. Культури проглядали через 12, 24, 48 і т.д. годин. При появі колоній виготовляли мазки, які фарбували вказаними вище методами (Bugden, 2013; Nardoni, & Corazza, 2008).

Визначення чутливості ізолятів до протигрибкових препаратів здійснювали методом дифузії в агар (методом дисків). Для цього у стерильні чашки Петрі наливали по 15-20 мл живильного середовища. Після його затвердіння вносили 1 мл змиву культури досліджуваного гриба, рівномірно розподіляючи рідину по її поверхні. Після підсушування чашок з вмістом у термостаті протягом 15-20 хв. на поверхні агару стерильним пінцетом розкладали стандартні, просочені антифунгальними препаратами диски на відстані 2 см від краю чашки і 3 см – один від одного. Чашки на 24-72 год. ставили догори дном у термостат і враховували результат. Кожну пробу висівали на чашки Петрі у трьох повторях. Для цього за допомогою міліметрової шкали вимірювали діаметр зон пригнічення росту культури збудника. Оцінку чутливості збудника до протигрибкового препарату робили залежно від розміру зони пригнічення згідно стандартної шкали (Bond, & Lloyd, 1995; Zamankhan, et al., 2010)

якщо зона пригнічення росту не перевищувала 15 мм, збудника вважали слабо чутливим; 15-24 мм – чутливим; 25 і більше – високочутливим; за умови відсутності зони пригнічення росту ізолят вважали нечутливим до даного препарату.

Результати досліджень та їх обговорення. Серед представників дріжджових грибів найчастіше виділяли *M. pachydermatis* – 9 випадків (30 %). На середовищі Сабуро ріст колоній спостерігався на 5-7 добу культивування при 30°C. Колонії випуклі, гладенькі, кремового кольору. Починаючи з 10 – 12 доби культивування спостерігалось їх ослизнення, поява колоній жовтувато-оранжевого кольору, вростання у середовище. При мікроскопічному дослідженні зіскобів шкіри відзначалась наявність гіфальних елементів та дріжджових клітин, а у матеріалі із колоній – дріжджоподібні клітини еліпсоїдної форми у фазі брунькування, залишки гіф траплялися рідко.

Представники *C. albicans* були виділені лише у 1 випадку (3,3 %). У мазках з ексудату, пофарбованих за Романовським-Гімзом, знаходили овальні, яйцеподібні клітини та елементи псевдоміцелію. На середовищі Сабуро при 30° С вони формували на 4-6 добу сірувато-кремові колонії з злегка горохуватою поверхнею. При мікроскопії препаратів з колоній відзначали

Туяхов М. Ф.

присутність септованих фрагментів міцелію.

Слід зазначити, що у 9 випадках (30 % від кількості випадків виділення золотистого стафілококу) спостерігалися асоціації *S. aureus* з грибами *M. pachydermatis*, у 6

випадках (20 %) спостерігалися асоціації *S. pseudintermedius* із з грибами *M. pachydermatis*; у 5 випадках (16,6 %) – асоціації *S. aureus* із грам-негативними *Proteus spp.* (табл.1).

1. Асоціації стафілококів з іншими мікроорганізмами

Асоціація	Частота виділення	
	кількість випадків	%
<i>S. aureus</i> + <i>Proteus spp.</i>	5	16,7
<i>S. pseudintermedius</i> + <i>M. pachydermatis</i>	6	20
<i>S. aureus</i> + <i>M. pachydermatis</i>	9	30
Відсутність асоціацій	10	33,3

У 33,3% досліджених зразків мікробно-грибкових асоціацій не виявлено (рис. 1).

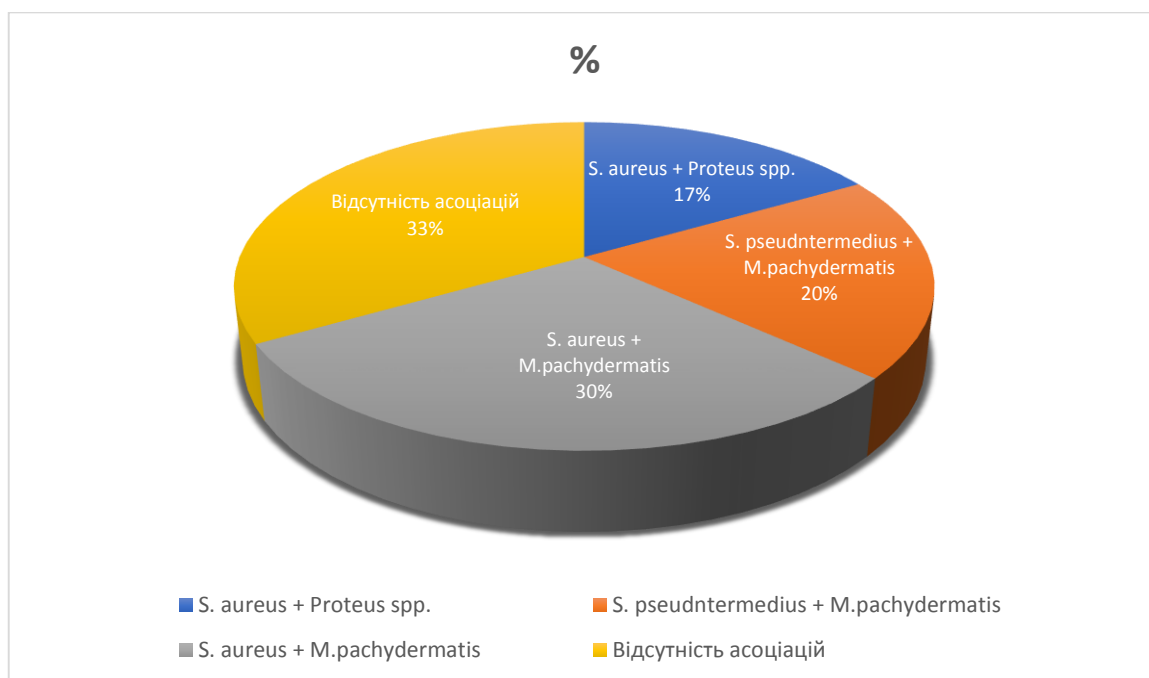


Рис.1. Мікробно-грибкові асоціації у собак, хворих на отит

Ізоляти *M. pachydermatis* виявилися чутливими до препаратів з групи азолів: флуконазолу, ітраконазолу та міконазолу – зони

пригнічення були виразними і становили відповідно $28,6 \pm 0,98$; $25,7 \pm 2,35$ та $20,3 \pm 3,05$ мм, а частка

Туяхов М. Ф.

чутливих ізолятів становила 83,4 – 100 % (табл.2).

2. Чутливість ізолятів *M. pachydermatis* in vitro

Препарат	Високочутливих	Чутливих	Резистентних
	%		
Флуконазол	100	-	-
Ітраконазол	96,5	3,5	-
Міконазол	83,4	6,6	10,0
Кетоконазол	71,0	11,3	17,7
Енілконазол	71,5	15,5	23,0
Ністатин	21	19,3	59,7

Проте неефективними виявилися кетоконазол та енілконазол – діаметр зон пригнічення не перевищував $14,5 \pm 2,2$ і $12,5 \pm 3,4$ мм. Найменш

вираженою антифунгальна дія in vitro була у ністатину – частка резистентних ізолятів перевищувала 50 % і складала 59,7 % (рис. 2).

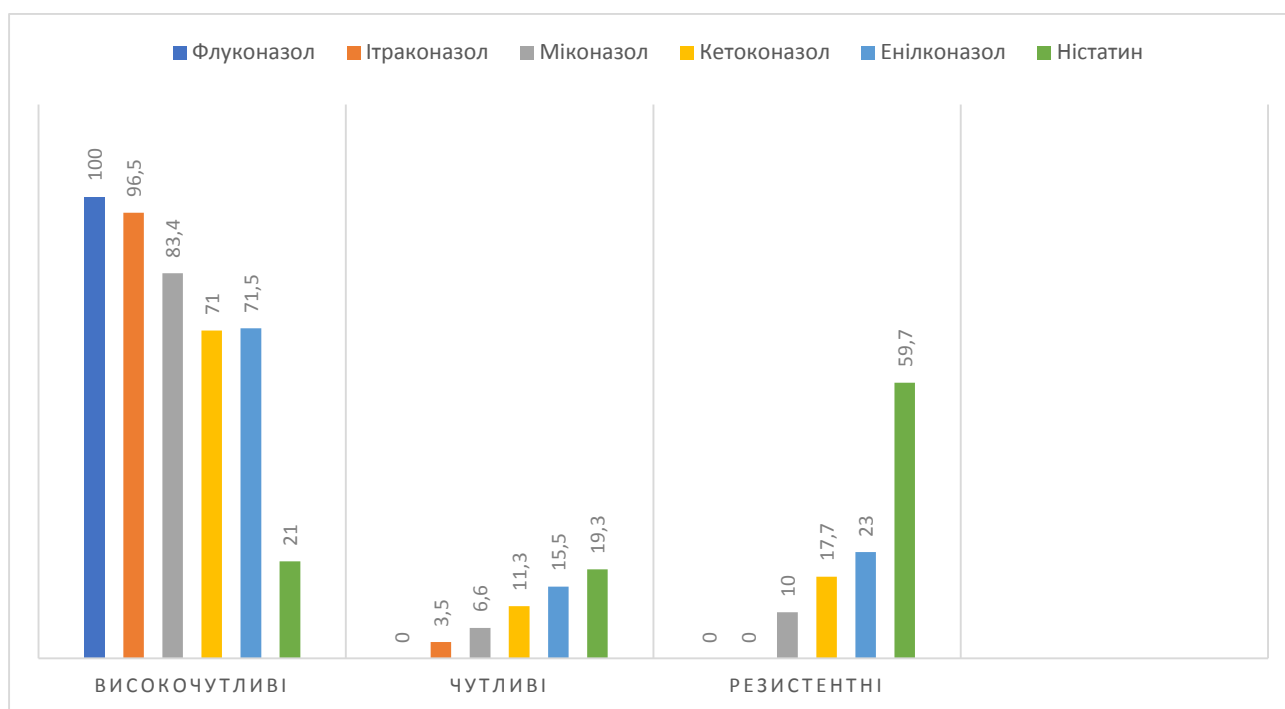


Рис. 2. Чутливість грибкових ізолятів до антифунгальних препаратів, відсотків ізолятів

Обговорення.

Як свідчать отримані результати досліджень, встановлено високу (близько 30 %) частоту виникнення асоціацій патогенних стафілококів, а

саме *S. aureus* та *S. pseudintermedius* з грибами роду *Malassezia* spp., зокрема *M. pachydermatis*, що співпадає з даними літератури (Guillot, et al., 1998; Bond, & Lloyd, 1998; Guillot, et

Тухов М. Ф.

al., 2003). Очевидно, наявність симбіотичних взаєностосунків між двома групами збудників створює так званий симбіотичний інфекційний комплекс, адже продукування та виділення факторів росту та зміни мікросередовища слухового каналу є взаємовигідними для цих етіологічних чинників (Boone, et al., 2021; Lorek, et al. 2020). Таким чином, спостерігається підвищена кількість *S. pseudintermedius* або *S. aureus* у собак з одночасним надмірним розмноженням дріжджових грибів. У 40 % собак із надлишковою популяцією грибів *Malassezia* діагностують стафілококову піодермію і/або отит через симбіотичну взаємодію, що підтверджується отриманими результатами (Guillot, et al., 1998; Bond, & Lloyd, 1998; Guillot, et al., 2003; Bond, et al., 2020).

Гриби роду *Malassezia* Baill. належать до нормальної мікробіоти шкіри тварин, але за певних умов ослаблення організму, можуть стати причиною появи отиту, в тому числі в асоціаціях з бактеріями, що ускладнює його лікування. Питання видового складу патогенної мікробіоти, яка є причиною отиту у собак є не достатньо вивченим, що робить результати наведені в даній статті актуальними і важливими для підвищення ефективності терапії тварин.

Перспективи досліджень.

Подальше вивчення ролі патогенних грибів у етіології отитів собак, дослідження ролі асоціацій патогенних коків та інших збудників з грибами *M. pachydermatis* з подальшим удосконаленням комплексної терапії тварин, хворих на отити, особливо із превалюванням зазначених збудників.

Висновки

1. Серед представників дріжджових грибів у зішкрібі, виділеному від собак з отитом, найчастіше виділяли *M. pachydermatis* – 9 випадків (30 %).

2. Представники *C. albicans* були виділені лише у 1 випадку (3,3 %), тож їх клінічне значення потребує подальшого вивчення. Дані гриби могли бути сторонніми контамінантами.

3. Слід зазначити, що у 9 випадках (30 % від кількості випадків виділення золотистого стафілококу) спостерігалися асоціації *S. aureus* з грибами *M. pachydermatis*, у 6 випадках (20 %) спостерігалися асоціації *S. pseudintermedius* із з грибами *M. pachydermatis*; у 5 випадках (16,7 %) – асоціації *S. aureus* із грам-негативними *Proteus* spp.

4. Ізоляти *M. pachydermatis* виявилися чутливими до препаратів з групи азолів: флуконазолу, ітраконазолу та міконазолу – частка чутливих ізолятів становила 83,4 – 100 %. Найменш вираженою антифунгальна дія *in vitro* була у ністатину – частка резистентних

Тухов М. Ф.

ізолятив перевищувала 50 % і складала 59,7 %.

References

1. Miller W, Griffin C, Campbell K. (2013). Fungal and algal skin diseases. *In: Muller and Kirk's Small Animal Dermatology*, 7th Ed. St. Louis, Elsevier Inc. 243-252.
2. Mauldin EA, Scott DW, Miller WH, *et al.* (1997). *Malassezia* dermatitis in the dog: a retrospective histopathological and immunopathological study of 86 cases (1990-1995). *Vet. Dermatol.* 9:191-202.
3. Guillot J, Guého E, Mialot M, *et al.* (1998). Importance des levures du genre *Malassezia*. *Point Vet.* 29:691-701.
4. Scott DW. (1992). Bacteria and yeast on the surface and within non-inflamed hair follicles of skin biopsies from dogs with non-neoplastic dermatoses. *Cornell Vet.* 82:379-386.
5. Berger D, Lewis P, Schick A, *et al.* (2012). Comparison of once-daily versus twice-weekly terbinafine administration for the treatment of canine *Malassezia* dermatitis – a pilot study. *Vet. Dermatol.* 23:418-e79.
6. Bond R, Lloyd DH. (1998). The relationship between population sizes of *Malassezia pachydermatis* in healthy dogs and in Basset Hounds with *M. pachydermatis*-associated seborrhoeic dermatitis and adherence to canine corneocytes *in vitro*. *In: Kwochka KW, Willemse T, Tscherner CV, et al (Eds). Advances in Veterinary Dermatology III*, Boston, Butterworth-Heinemann; 283-289.
7. Guillot J, Bensignor E, Jankowski F, *et al.* (2003). Comparative efficacies of oral ketoconazole and terbinafine for reducing *Malassezia* population sizes on the skin of Basset Hounds. *Vet. Dermatol.* 14:153-157.
8. Greene CE. Cutaneous fungal infections. *In: Infectious Diseases of the Dog and Cat*, 3rd Ed. Philadelphia, WB Saunders & Co. 2006; 602-606.
9. Guillot J, Guého E, Mialot M, *et al.* (1998). Importance des levures du genre *Malassezia*. *Point Vet.* 29:691-701.
10. Nègre A, Bensignor E, Guillot J. (2009). Evidence-based veterinary dermatology: a systematic review of interventions for *Malassezia* dermatitis in dogs. *Vet. Dermatol.* 20:1-12.
11. Guillot J, Bensignor E, Jankowski F, *et al.* (2003). Comparative efficacies of oral ketoconazole and terbinafine for reducing *Malassezia* population sizes on the skin of Basset Hounds. *Vet. Dermatol.* 14:153-157.
12. Bond R., Lloyd D.H. (1995). Evaluation of a detergent scrub technique for the quantitative culture of *Malassezia pachydermatis* from canine skin. *Res Vet Sei*, 58 pp. 133-137.
13. Bond R. (2010). Superficial veterinary mycoses. *Clin Dermatol*, 28(2):226-236.
14. Bugden DL. (2013). Identification and antibiotic susceptibility of bacterial isolates from dogs with otitis externa in Australia. *Aust Vet J.* 91(1–2):43-46.
15. Griffin CE. (2010). Classifying cases of otitis externa the PPSP System. Proceedings of ESVD Workshop on Otitis. St Helensю
16. Nambi AP. (2002). *Malassezia* dermatitis in dogs. *Intas Polivet.* 3:202-205.

Туяхов М. Ф.

17. Nardoni SM, Corazza F. (2008). Mancianti Diagnostic, clinical features of animal malasseziosis. *Parassitologia*, 50(1–2):81-83.
18. Petrov VG, Mihaylov I, Tsachev G, Zhelev P, Marutsov K. (2013). Otitis externa in dogs: microbiology and antimicrobial susceptibility. *Rev Med Vet*, 164(1):18-22.
19. Reddy CBK, Kumari KN. (2015). Therapeutic management of Malassezia dermatitis in a Labrador retriever dog. *International Journal of Livestock Research*, (7):92-95.
20. Zamankhan H, Malayeri S, Jamshidi T, Zahraei S. (2010). Identification and antimicrobial susceptibility patterns of bacteria causing otitis externa in dogs. *Vet Res Commun*. 34:435-444.
21. R. Bond, D.O. Morris, J. Guillot, E.J. Bensignor, D. Robson, K.V. Mason, *et al.* (2020). Biology, diagnosis and treatment of *Malassezia* dermatitis in dogs and cats Clinical Consensus Guidelines of the World Association for Veterinary Dermatology. *Vet Dermatol*. 31:28-74.
22. Boone JM, Bond R, Loeffler A, Ferguson EA, Hendricks A. (2021). *Malassezia* otitis unresponsive to primary care: outcome in 59 dogs. *Vet Dermatol*. 32(5):441-119.
23. Lorek A, Dennis R, van Dijk J et al. (2020). Occult otitis media in dogs with chronic otitis externa - magnetic resonance imaging and association with otoscopic and cytological findings. *Vet Dermatol* 31: 146-153.

THE ROLE OF YEASTS IN ETIOLOGY OF OTITIS IN DOGS

M. F. Tuyakhov

Abstract. *The article presents the results of the study of the species composition of the microbiota of the skin surface of the auditory canal for otitis in dogs, in particular the results of the study of the fungal microbiota and the frequency of associations of pathogenic fungi with bacterial pathogens.*

Objective. *Investigation of the ear microbiota in dogs with otitis with the aim of identifying microbial/fungal species composition and establishing the role of yeasts in the etiology of otitis, identifying possible associations of fungi and pathogenic staphylococci.*

Materials and methods. *Experimental animals were dogs aged from 6 months to 10 years. During the period 2018-2020, 30 dogs of various breeds weighing 5-60 kg, of both genders, with otitis symptoms were examined. During the study, sampling of clinical material from affected animals, isolation of pathogen cultures on nutrient media, the study of their cultural properties and the determination of sensitivity to the corresponding drugs were carried out.*

As the research results showed, among the representatives of yeast fungi in the material isolated from dogs with otitis, Malassezia pachydermatis was most often isolated - 9 cases (30%).

Representatives of Candida albicans were isolated in only 1 case (3.3%), so their clinical significance requires further study. These fungi could be extraneous contaminants.

Туяхов М. Ф.

It should be noted that in 9 cases (30% of the number of cases of Staphylococcus aureus isolation) associations of S. aureus were observed with Malassezia pachydermatis fungi, in 6 cases (20%) associations of Staphylococcus pseudintermedius with Malassezia pachydermatis fungi were observed; in 5 cases (16.7%) – associations of S. aureus with gram-negative Proteus spp.

Conclusions. 1. Among representatives of yeast fungi in the material isolated from dogs with otitis, M. pachydermatis was most often isolated – 9 cases (30%).

2. Representatives of C. albicans were isolated in only 1 case (3.3%), so their clinical significance requires further study. These agents could be extraneous contaminants.

3. It should be noted that in 9 cases (30% of the number of cases of S. aureus isolation) associations with M. pachydermatis fungi were observed, in 6 cases (20%) associations of S. pseudintermedius with M. pachydermatis fungi were observed; in 5 cases (16.7%) – associations of Malassezia with gram-negative Proteus spp.

Key words: *dogs, microbiological investigation, nutrient media, skin microbiota, yeast fungi, otitis, fungal-microbial associations, malassezia, sensitivity*

Климовецька Л. В., Карповський В. І., Гришук І. А., Постой В. В.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗАЛЕЖНОСТІ ВМІСТУ БІЛКОВИХ
ФРАКЦІЙ ТА АКТИВНОСТІ ЛУЖНОЇ ФОСФАТАЗИ У КРОВІ КОРІВ ІЗ
ПОКАЗНИКАМИ ВІДТВОРЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ**

Л. В. КЛИМОВЕЦЬКА, <https://orcid.org/0009-0004-9847-0381>

E-mail: lozova_lv@meta.ua

В. І. КАРПОВСЬКИЙ, доктор ветеринарних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0003-3858-0111>

E-mail: karpovskiy@meta.ua

І. А. ГРИЩУК, доктор філософії, <https://orcid.org/0000-0003-2571-6876>

E-mail: hryshchuk.ihor.a@gmail.com

В. В. ПОСТОЙ, кандидат ветеринарних наук,

<https://orcid.org/0000-0001-9712-2327>

E-mail: vikylyj@meta.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.016](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.016)

***Анотація.** Підвищення виробництва молочно-м'ясної продукції стає все більш актуальним у зв'язку з ростом населення та збільшенням попиту на ці продукти. Щоб забезпечити потреби споживача у даному питанні, постійно розвиваються напрямки по підвищенню відтворюваної здатності поголів'я, адже це питання стає з кожним роком більш гострішим. Метою дослідження було встановити залежність біохімічних показників, таких як вміст загального білка, альбумінів, співвідношення альбумінів до глобулінів та активності лужної фосфатази із показниками відтворюваної здатності. Для визначення біохімічних показників використовували сироватку крові. Методика по визначенню вмісту загального білка, альбумінів, активності лужної фосфатази базувалися на застосування спектрофотометричного методу. Статистичний аналіз виконувався за допомогою програми Microsoft Excel. За результатами нашого дослідження було встановлено статистичну взаємозалежність вмісту білку із показниками сервіс-періоду, відтворюваної здатності, індексу осіменіння, де кореляційна залежність була в межах $r = (-0,471 - (-0,809))$ із вірогідною похибкою ($P < 0,001$). Встановлено кореляційну залежність активності лужної фосфатази із показниками відтворюваної здатності, що мали статистичні межі $r = 0,602$ до $-0,722$ за вірогідної похибки ($P < 0,001$). При аналізі наукових праць було встановлено схожість у залежності зміни біохімічних показників крові та їх впливу на відтворювальну здатність поголів'я корів. Досить чітко прослідковуються дані зміни при застосуванні харчових добавок в раціон тварин, для корегування метаболізму, що призводило до зміни біохімічних показників та покращенню відтворюваної здатності.*

***Ключові слова:** корови, білок, лужна фосфатаза, відтворювальна здатність, біохімія*

Актуальність. Скотарство є ключовою галуззю по виробництву тваринної продукції, що відіграє важливу роль у забезпеченні людей як первинною, так і вторинною продукцією. Для забезпечення потреб у даній молочній і м'ясній продукції, необхідний стабільний розвиток даного господарства. На це впливає багато факторів: умови утримання, раціон, застосування різноманітних біологічних добавок (Nosny, et al., 2020). Але головна роль у цьому приділяється відтворюваній здатності. Без зростання кількості поголів'я ніякі препарати, добавки та зміни умов утримання не компенсують нестачу тварин. Для забезпечення відтворюваної здатності корів розроблено багато методів у вирішенні питання по нестачі поголів'я, але у гонці по підвищенню параметрів відтворюваності, все менше звертають увагу на фактори в організмі тварини, що можуть корегувати дані напрями (Joy, et al., 2020; Zhaimysheva, et al., 2020). Тому дослідження сталих показників обміну речовин та їх інтерпретацією на роль у відтворюваності є актуальним питанням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Біохімічний аналіз крові, достатньо часто вживаний метод по оцінці загального здоров'я тварин та підтвердженню патологічних змін у організмі. У свою чергу це стає підставою для застосування його для вивчення обмінних процесів (Wang, et

al., 2020). Так, вміст загального білку добре описує перебіг обміну білкової фракції крові. Це дає певне розуміння процесів синтезу і розщеплення білків та їх ролі у транспорті інших органічних сполук (Islamov, et al., 2021; Roman, et al., 2020). Така, на перший погляд, невелика інформація наштовхує на нові напрямки у аналізі засвоюваності амінокислот, що надходять із травного тракту внаслідок розщеплення субстратів з високим вмістом білка, адже жуйні за рахунок анатомічних особливостей будови шлунку, мають 3 передшлунка. У першому з яких, рубці, протікають активні явища синтезу і розщеплення за участі мікрофлори. Саме дані мікроорганізми, що швидко розмножуються у передшлунку, стають найбільшим джерелом білка для даних тварин. Також, під час біохімічного аналізу крові корів, варто звернути увагу на показник активності лужної фосфатази, адже дана змінна надає початкове відображення стану ліпідного та білкового обміну (Khalak, et al., 2020). У високопродуктивних тварин це питання є досить важливим, адже нестача високоенергетичних сполук зменшить продуктивність, оскільки є взаємозалежність продуктивності і вмісту ліпідів в організмі жуйних. Тому оцінка даного показника є досить важливою (Andjelić, et al., 2022; AlSuwaiegh, et al. 2022). Враховуючи вище сказане, на перший

Климовецька Л. В., Карповський В. І., Гришук І. А., Постої В. В.

погляд, показники по оцінці загального стану організму тварини можуть надати додаткову інформацію по питанням перебігу обмінних процесів. У свою чергу отримані данні допомагають краще інтерпретувати стан організму для оцінки і прогнозування відтворюваної здатності корови, що в подальшому поліпшить вивчення або удосконалення методів по відтворюванню поголів'я.

Мета дослідження. Дослідити вплив біохімічних показників як загальний білок, альбуміни, співвідношення альбумінів до глобулінів та лужної фосфатази на відтворювану здатність корів.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження виконували на базі молочно-товарної ферми ТОВ «Подільський господар 2004», Шепетівського району, Хмельницької області. Дослідні групи корів породи українська чорно-ряба молочна мали вік від 3 до 6 років із молочною продуктивністю 7000 – 8000 л за лактацію. Для дослідження вмісту загального білка, альбумінів та активності лужної фосфатази використовували сироватку крові корів. Кров відбирали вранці із яремної вени, дотримуючись правил асептики та антисептики стерильним шприцом. Для отримання сироватки отримані проби відстоювали у термостаті за температури 37 °С. Визначення загального білку проводили за допомогою

спектрофотометра LabLine-010 (Австрія) та набору реактивів виробника Genesis (Україна). Умови вимірювання: довжина хвилі 540 нм (530-550 нм) кювета з товщиною оптичного шару 1 см, температура 37°C. Виконання дослідження проводили відповідно до інструкції по експлуатації приладу. Отримані результати обраховували за формулою:

$$C_{\text{дос}} = \frac{E_{\text{дос}}}{E_{\text{кон}}} \times C_{\text{ст}} \quad (1)$$

$C_{\text{дос}}$ – концентрація загального білка в дослідному зразку, г/л;

$E_{\text{дос}}$ – оптична щільність дослідного зразка, одиниць оптичної щільності;

$E_{\text{кон ст}}$ – оптична щільність стандарту, одиниць оптичної щільності.

$C_{\text{ст}}$ - вміст загального білка в стандарті, 70г/л

Визначення альбумінів проводили за допомогою спектрофотометра LabLine-010 (Австрія) та набору реактивів виробника Genesis (Україна). Умови вимірювання: довжина хвилі 630 нм (600-650 нм) кювета з товщиною оптичного шару 1 см, температура 15-25°C. Виконання дослідження проводили відповідно до інструкції по експлуатації приладу. Отримані результати обраховували за формулою:

$$C_{\text{дос}} = \frac{E_{\text{дос}}}{E_{\text{кон}}} \times C_{\text{ст}} \quad (2)$$

Климовецька Л. В., Карповський В. І., Гришук І. А., Постої В. В.

$C_{\text{дос}}$ – концентрація загального білка в дослідному зразку, г/л;

$E_{\text{дос}}$ – оптична щільність дослідного зразка, одиниць оптичної щільності;

$E_{\text{конст}}$ – оптична щільність стандарту, одиниць оптичної щільності.

$C_{\text{ст}}$ - вміст загального білка в стандарті, 50г/л

Визначення активності лужної фосфатази проводили за допомогою спектрофотометра LabLine-010 (Австрія) та набору реактивів виробника Genesis (Україна). Умови вимірювання: довжина хвилі 405 нм кювета з товщиною оптичного шару 1 см, температура 25-37°C. Виконання дослідження проводили відповідно до інструкції по експлуатації приладу. Вимірювання первинної оптичної щільності (E) дослідного зразка потім повторно інтервалом в 1 хв впродовж

3-х хвилин E. Підраховуємо різницю між E та середнім значенням змін E за 1 хвилину. Отримані результати обраховували за формулою:

$$A = \Delta E / \text{хв} \times 3300 \quad (3)$$

A – активність ЛФ в дослідному зразку, Од/л.

ΔE – зміна оптичної щільності дослідного зразка за хвилину, одиниць оптичної щільності.

3300 – теоретичний чинник перерахунку для вираження активності ЛФ в Од/л.

Статистичний аналіз отриманих результатів виконувався за допомогою програми Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення.

За результатами біохімічного дослідження у сироватці крові корів на 7 місяці тільності, було встановлено, що отримані показники знаходяться в межах фізіологічної норми (Табл. 1).

1. Вміст загального білку, альбумінів, альбумінів/глобулінів та активності лужної фосфатази у сироватці крові корів та показники відтворюваності

Показники	КДС	СП	М	СВ	А	Мін	Мак
Загальний білок г/л	10	1,06	71,85	2,15	-0,50	64,60	75,60
Альбуміни г/л	10	0,58	30,00	0,82	0,001	26,00	32,00
Альбуміни/глобуліни Од.	10	0,02	0,70	0,01	0,001	0,60	0,80
Лужної фосфатаза Од/л	10	1,12	50,50	3,51	-0,39	36,00	58,00
Дні до 1-ї охоти	10	3,32	48,50	5,45	0,62	43,00	69,00
Сервіс-період	10	4,20	63,00	8,45	0,25	51,00	89,00
Індекс осіменіння	10	0,15	2,00	0,36	-0,38	1,00	2,00

КДС – кількість дійсних спостережень, СП – стандартна помилка, М – медіана, СВ – стандартне відхилення, А – Асиметричність, Мін. – мінімальне значення, Мак. – максимальне значення

Аналізуючи отримані показників вмісту загального білка у корів на 7 місяці тільності було визначено, що

результати коливаються в межах 64,60 – 75,60 г/л та мають середнє значення 71,85±2,15 г/л. Згідно аналізу

Климовецька Л. В., Карповський В. І., Гришук І. А., Постої В. В.

літературних даних, показники загального білка коливаються у межах від 72,00 до 86,00 г/л, що відображає значимість отриманих результатів у фізіологічних межах (Рис. 1).

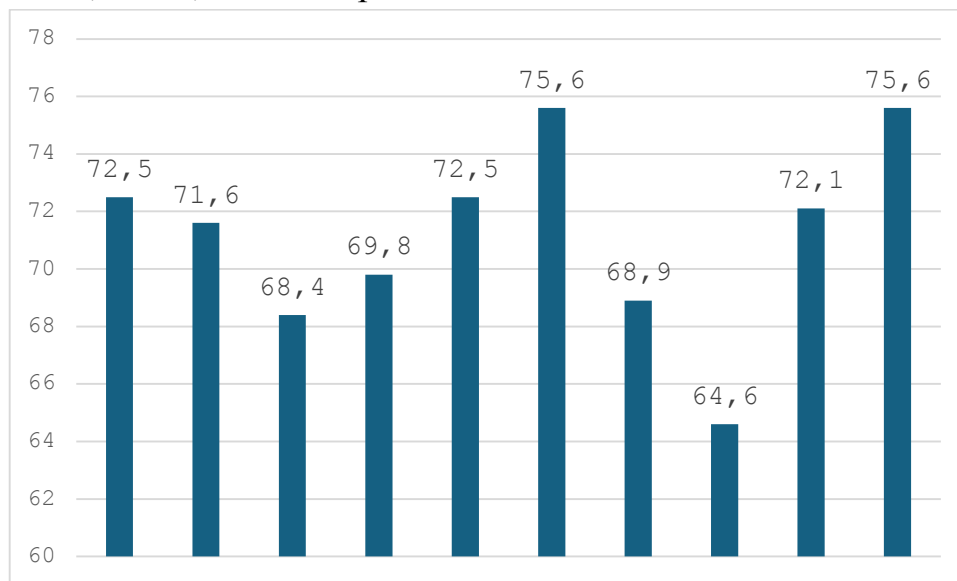


Рис. 1. Вміст загального білку у сироватці крові корів

Ми дослідили відтворювальну здатність досліджуваних тварин із встановленням певних вихідних показників. Днів до 1-ї охоти – показник у даних корів коливався у межах від 43,00 до 69,00 діб із середнім вихідним значенням $48,50 \pm 5,45$ діб. Сервіс-період мав значення у досліджуваних тварин у проміжку від 51,00 до 89,00 діб із середнім значенням $63,00 \pm 8,45$ діб. Індекс осіменіння має мінімальне значення 1,00 та максимальне 2,00 загальну медіану в межах $2,00 \pm 0,36$.

Ми встановили взаємозалежність вмісту загального білка та показників відтворюваної здатності дослідних тварин. Так, індекс осіменіння має середню негативну кореляційну залежність із загальним білком $r = (-0,567)$ ($P \leq 0,001$). Сервіс-період має середню негативну кореляційну залежність із загальним білком $r = (-0,671)$ ($P \leq 0,001$). Днів до 1-ї охоти має сильну негативну кореляційну залежність із загальним білком $r = (-0,809)$ ($P \leq 0,001$) (Рис. 2).

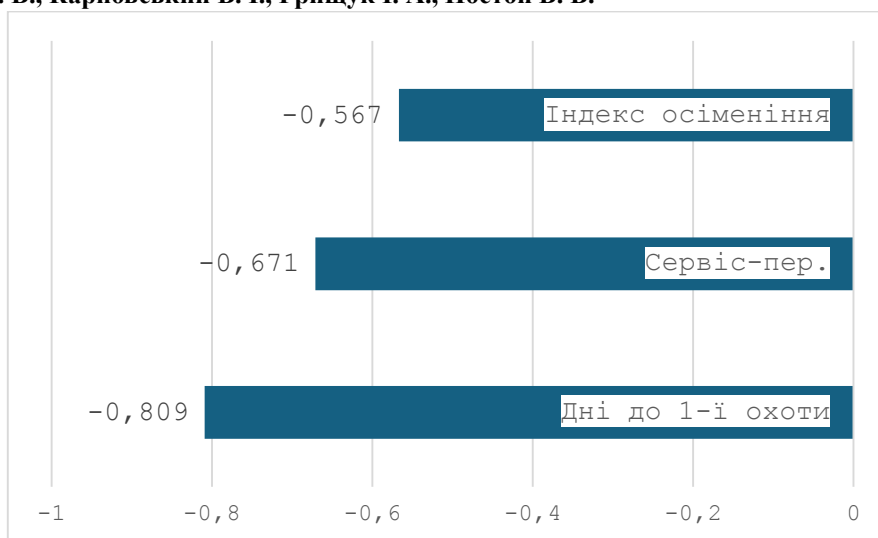


Рис. 2. Кореляційна залежність вмісту загального білку та показників відтворювальної здатності

За результатами біохімічного дослідження встановлено, що вміст альбумінів у досліджуваній групі тварин коливався у межах від 26,00 до 32,00 г/л та становив середній показник $30,00 \pm 0,82$ г/л. За

літературними джерелами вміст альбумінів коливається у нормі від 27,00 до 43,00 г/л, що дає нам підставу стверджувати, що отримані показники у дослідженні відносяться до фізіологічних меж (Рис. 3).

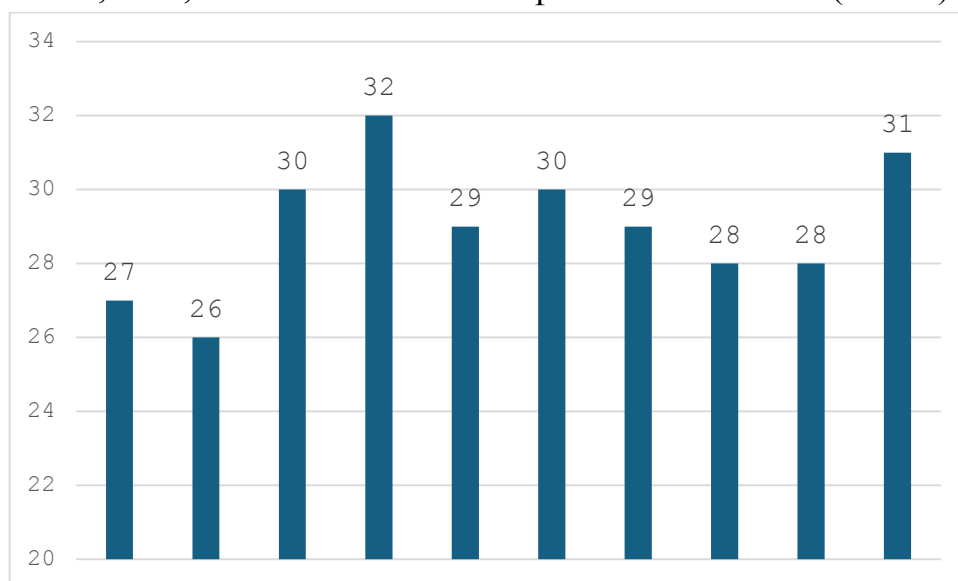


Рис. 3. Вміст альбуміну у сироватці крові корів

При аналізі статистичної взаємозалежності між вмістом альбумінів та даними відтворюваної здатності корів нами було встановлено кореляційну залежність. Визначено, що індекс осіменіння має помірну негативну кореляційну

залежність $r = (-0,471)$ із вмістом альбумінів ($P \leq 0,001$) у сироватці крові тварин. Сервіс-період має сильну позитивну кореляційну залежність $r = 0,710$ із вмістом альбумінів ($P \leq 0,001$) у сироватці крові корів. Днів до 1-ї охоти мають

Климовецька Л. В., Карповський В. І., Грищук І. А., Постої В. В.

середню негативну кореляційну залежність $r=(-0,553)$ із вмістом альбумінів ($P \leq 0,001$) у сироватці крові досліджуваних тварин (Рис. 4).

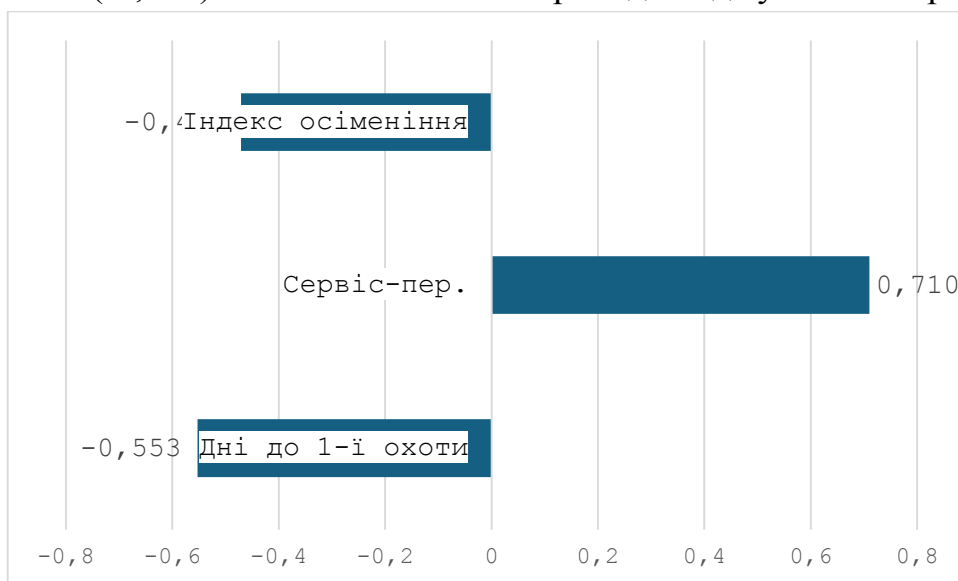


Рис. 4. Кореляційна залежність вмісту альбуміну та показників відтворювальної здатності

За результатами біохімічного дослідження при аналізі показників сироватки крові корів встановлено, що співвідношення альбумінів до глобулінів становить в межах від 0,60 до 0,80 од. із середнім показником $0,70 \pm 0,01$ од. За науковою

літературою показники співвідношення вмісту альбумінів до глобулінів коливаються у межах від 0,60 до 1,10 од. Це дає підставу стверджувати про те, що отримані нами результати коливаються у межах фізіологічної норми (Рис.5).

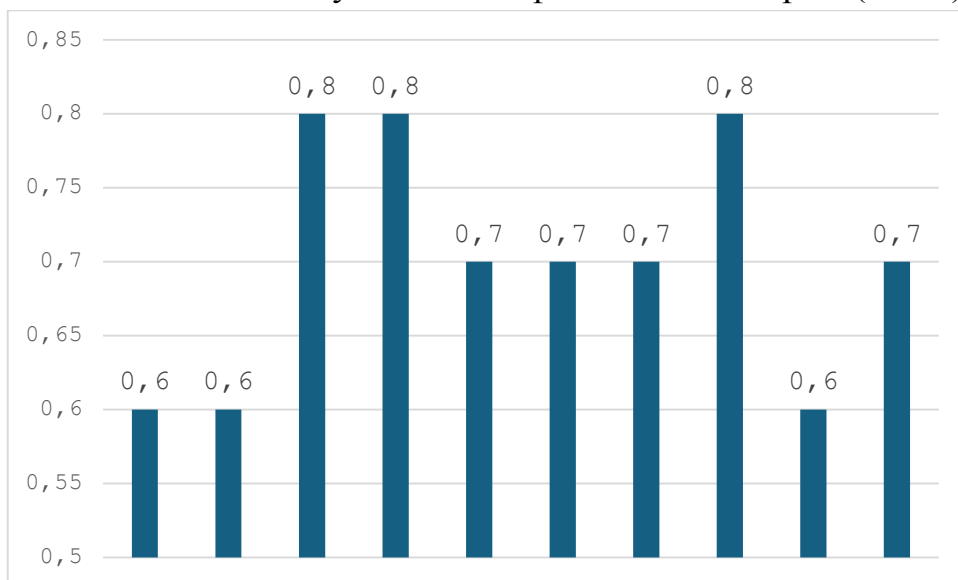


Рис. 5. Співвідношення альбуміну та глобуліну в сироватці крові корів

При обчисленні статистичної залежності отриманих біохімічних даних встановлений взаємозв'язок показників співвідношення вмісту альбумінів із глобулінами і показниками відтворювальної здатності.

Климовецька Л. В., Карповський В. І., Грищук І. А., Постої В. В.

здатності корів. Так, індекс осіменіння має сильну позитивну кореляційну залежність $r=0,791$ із співвідношення вмісту альбумінів до глобулінів ($P\leq 0,001$). Сервіс період має середню позитивну кореляційну залежність $r=0,522$, із співвідношення вмісту альбумінів до

глобулінів ($P\leq 0,001$) у сироватці крові корів. Показник днів до 1-ї охоти мав середню позитивну кореляційну залежність $r=0,698$, із співвідношення вмісту альбумінів до глобулінів ($P\leq 0,001$) у сироватці крові тварин (Рис.6).

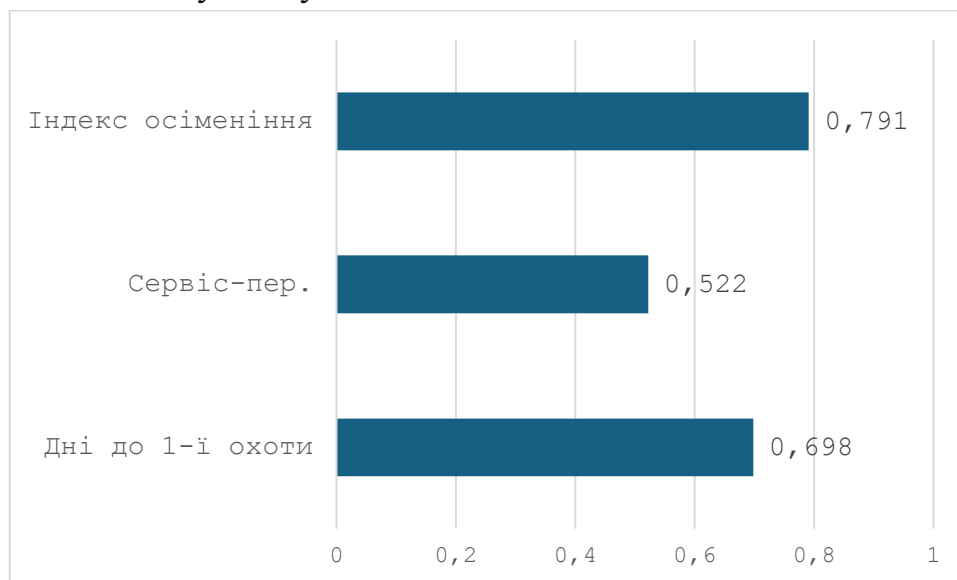


Рис. 6. Кореляційна залежність співвідношення альбуміну та глобуліну із показниками відтворювальної здатності

За біохімічного дослідження сироватки крові корів встановлена активність лужної фосфатази, що коливається у межах від 36,00 до 58,00 Од./л із середнім значенням $50,50\pm 3,51$ Од./л. За літературними

даними встановлено, що активність лужної фосфатази коливається від 30,00 до 85,00 Од./л. Виходячи з цього, ми можемо стверджувати, що отримані показники в межах фізіологічної норми (Рис. 7).

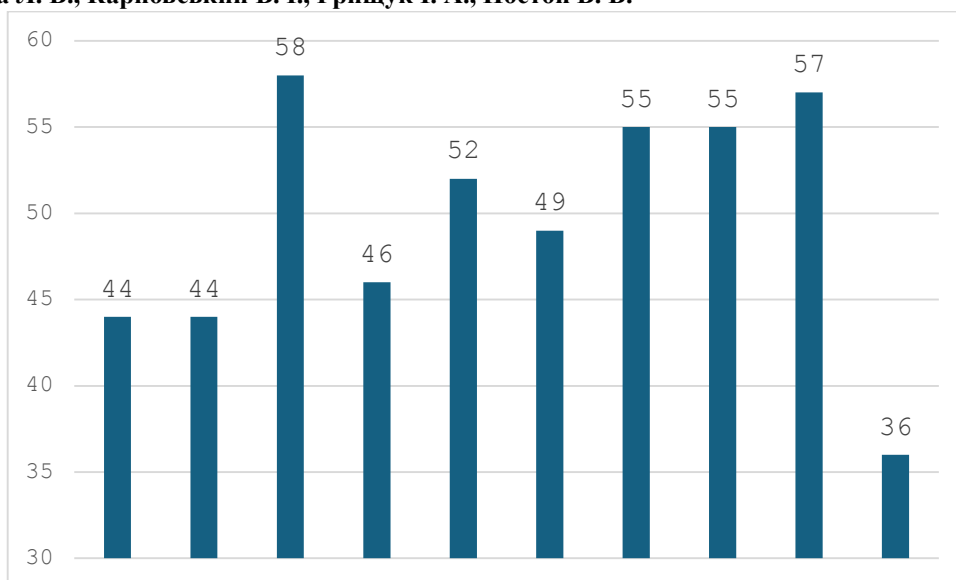


Рис. 7. Активність лужної фосфатази у сироватці крові корів

При аналізі біохімічних показників встановлений взаємозв'язок активності лужної фосфатази та відтворювальної здатності. Індекс осіменіння має сильну негативну кореляційну залежність $r=(-0,722)$ із активністю лужної фосфатази ($P\leq 0,001$) у сироватці плазми крові тварин.

Сервіс-період має середню позитивну кореляційну залежність $r=0,602$ із активністю лужної фосфатази ($P\leq 0,001$) у сироватці плазми крові корів. Днів до 1-ї охоти мав сильну позитивну кореляційну залежність $r=0,701$ із активністю лужної фосфатази ($P\leq 0,001$) у сироватці плазми крові тварин (Рис. 8).

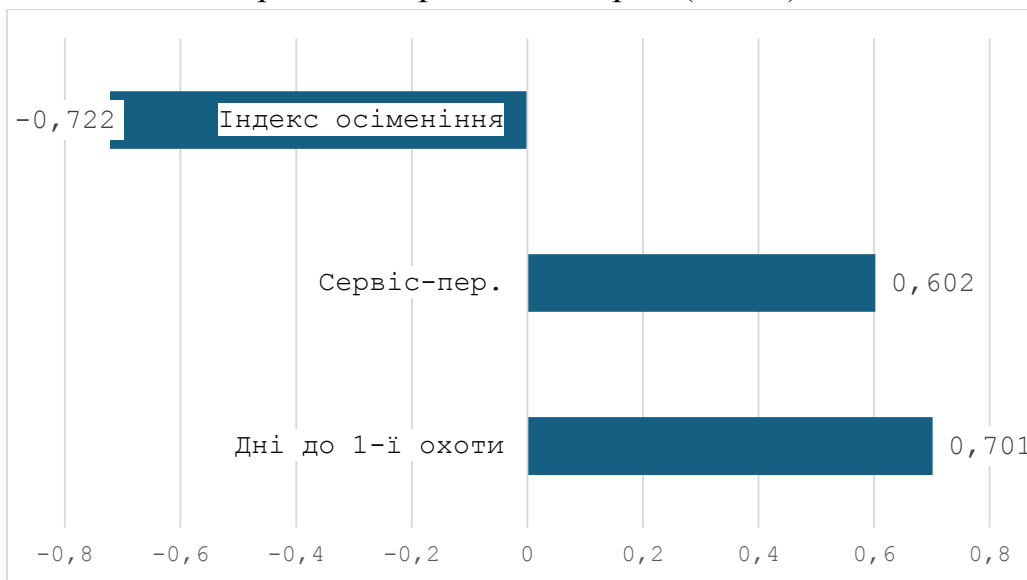


Рис. 8. Кореляційна залежність активності лужної фосфатази із показниками відтворювальної здатності

При оцінці біохімічних показників таких як, вміст білка з його фракціями та оцінці активності лужної фосфатази, нами було встановлено взаємозалежність з даними відтворювальної здатності у

Климовецька Л. В., Карповський В. І., Гришук І. А., Постой В. В.

досліджуваних тварин. Така залежність не є простим співпадінням, адже при високій продуктивності будуть кращі показники відтворюваності у даних корів. Підставами для нашого твердження є статистичний аналіз вихідної цифрової інформації, що стверджує про взаємопов'язані на підставі кореляційного аналізу вмісту загального білка, альбумінів, співвідношенні альбумінів до глобулінів та активності лужної фосфатази із відтворюваною здатністю корів, що є правильним судженням при врахуванні однофакторного дисперсного аналізу, на підставі якого, ми критично оцінили вірогідність нашої похибки, що становила $P < 0,001$.

При аналізі результатів інших вчених було встановлено, що біохімічний аналіз крові корів несе не лише діагностичне значення по оцінці здоров'я, а забезпечує також аналіз метаболічних процесів (Ignatieva et al., 2020, AlSuwaiegh, et al., 2022). Стосовно білкової фракції відмічається гарний аналіз протікання обміну білків, вуглеводів та ліпідів, оскільки досить важливе значення білка полягає у включенні його до транспортних системи вище наведених обмінних складових (Machado et al., 2020; Klymkovetskyi et al., 2020). Також не варто забувати про роль протеїну в участі синтезу гормонів, що також забезпечує корегування гомеостазу в цілому. За

дослідженнями A. F. Machado, et al., встановлено, що при зростанні вмісту протеїнових добавок у раціоні телиць, несе позитивний вплив на відтворювану здатність.

Стосовно активності лужної фосфатази, вона є гарним показником оцінки обміну ліпідів та білків. Даний показник досить часто допомагає оцінити стан метаболізму тварин, адже за його змінами можна прослідкувати на скільки ефективно протікає засвоювання поживних речовин з раціону тварин. Особливо важливо враховувати цей показник під час тільності і лактації (Giannuzzi, et al., 2022; Khalak, et al., 2020). Адже, у данні періоди корова зазнає сильних метаболічних зрушень та підвищення обмінних процесів у структурах організму, що за словами D. Giannuzzi et al. підтверджує взаємодію зміни метаболічних показників із показниками продуктивності тварини, що призводить до зменшення відтворюваної здатності.

Тому, на підставі отриманих результатів, ствердження ролі даних біохімічних показників у відтворювальній здатності корів, є досить доцільним, на підставі оцінки інших наукових праць, так і після аналізу метаболічної оцінки при врахуванні даних показників.

Висновки та перспективи.

Встановлено залежність біохімічних показників із відтворювальною здатністю корів. Визначено, що вміст загального білка, альбумінів,

Климовецька Л. В., Карповський В. І., Гришук І. А., Постой В. В.

співвідношення альбумінів до глобулінів та активності лужної фосфатази мають кореляційну залежність з індексом осіменіння, сервіс-періодом та днями до 1-ї охоти, по підтверджується показниками однофакторного дисперсного аналізу

($P \leq 0,001$). Перспективою подальшого дослідження є вплив гормональних препаратів на біохімічні показники крові корів, що в подальшому покращить відтворювану здатність корів.

References

1. AlSuwaiegh, S. B., Almotham, A. M., Alyousef, Y. M., Mansour, A. T., & Al-Sagheer, A. A. (2022). Influence of Functional Feed Supplements on the Milk Production Efficiency, Feed Utilization, Blood Metabolites, and Health of Holstein Cows during Mid-Lactation. *Sustainability*, 14(14), 8444.

2. Andjelić, B., Djoković, R., Cincović, M., Bogosavljević-Bošković, S., Petrović, M., Mladenović, J., & Čukić, A. (2022). Relationships between milk and blood biochemical parameters and metabolic status in dairy cows during lactation. *Metabolites*, 12(8), 733.

3. Giannuzzi, D., Mota, L. F. M., Pegolo, S., Gallo, L., Schiavon, S., Tagliapietra, F., ... & Cecchinato, A. (2022). In-line near-infrared analysis of milk coupled with machine learning methods for the daily prediction of blood metabolic profile in dairy cattle. *Scientific reports*, 12(1), 8058.

4. Giannuzzi, D., Toscano, A., Pegolo, S., Gallo, L., Tagliapietra, F., Mele, M., ... & Cecchinato, A. (2022). Associations between milk fatty acid profile and body condition score, ultrasound hepatic measurements and blood metabolites in Holstein cows. *Animals*, 12(9), 1202.

5. Hosny, N. S., Hashem, N. M., Morsy, A. S., & Abo-Elezz, Z. R. (2020). Effects of organic selenium on the physiological response, blood metabolites, redox status, semen quality, and fertility of rabbit bucks kept under natural heat stress conditions. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 290.

6. Ignatieva, N. L., & Nemtseva, E. Y. (2020, November). Protein content in milk of holstein black-and-white cows. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental*

Science (Vol. 604, No. 1, p. 012025). IOP Publishing.

7. Islamov, E. I., Kulmanova, G. A., Kulataev, B. T., & Zhumanova, A. I. (2021). A Genetic Basis for Improving the Reproductive Qualities and Productivity of South-Kazakh Merinoes. *Archives of Razi Institute*, 76(5), 1371-1380.

8. Joy, A., Dunshea, F. R., Leury, B. J., Clarke, I. J., DiGiacomo, K., & Chauhan, S. S. (2020). Resilience of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: A review. *Animals* 10 (5): 867.

9. Khalak, V. I., & Gutyj, B. V. (2020). Physicochemical properties and chemical composition of muscle tissue of young pigs of large white breed and their correlation with some serum enzymes. *Ukrainian journal of veterinary and agricultural sciences*, 3(3), 34-38.

10. Khalak, V., Gutyj, B., Bordun, O., Ilchenko, M., & Horchanok, A. (2020). Effect of blood serum enzymes on meat qualities of piglet productivity. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(1), 158-161.

11. Klymkovetskyi, A. A., & Nosevych, D. K. (2020). Lactation performance formation and life-long use specific of ukrainian black-and-white dairy breed cows in Kyiv region farms. *Animal science and food technology*, 10(3), 33-42.

12. Machado, A. F., Guimarães, S. E. F., Guimarães, J. D., Santos, G. M., Silva, A. L., Silva, Y. F. R. S., ... & Marcondes, M. I. (2020). Effect of protein supplement level on the productive and reproductive parameters of replacement heifers managed in intensive grazing systems. *Plos one*, 15(10), e0239786.

13. Roman, L., Broshkov, M., Popova, I., Hierdieva, A., Sidashova, S., Bogach, N., ... & Gutyj, B. (2020). Influence of ovarian follicular cysts on reproductive performance in the cattle

Климовецька Л. В., Карповський В. І., Грищук І. А., Постой В. В.

of new Ukrainian red dairy breed. Ukrainian journal of Ecology, 10(2), 426-434.

14. Wang, S., Zhang, H., Kou, H., Chen, X., Lu, Y., Li, L., & Wang, D. (2020). Early pregnancy diagnoses based on physiological indexes of dairy cattle: a review. Tropical Animal Health and Production, 52, 2205-2212.

15. Zhaimysheva, S. S., Kosilov, V. I., Miroshnikov, S. A., Duskaev, G. K., & Nurzhanov, B. S. (2020). Genetic and physiological aspects of bulls of dual-purpose and beef breeds and their crossbreeds. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 421, No. 2, p. 022028). IOP Publishing.

STUDY OF THE INTERDEPENDENCE OF THE CONTENT OF PROTEIN FRACTIONS AND ACTIVITIES ALKALINE PHOSPHATASE IN THE BLOOD OF COWS WITH INDICATORS OF REPRODUCTIVE ABILITY

L. V. Klymovetska, V. I. Karpovsky, I. A. Hryshchuk, V. V. Postoi

Abstract. *Increasing the production of dairy and meat products is becoming more and more important in connection with the growth of the population and the increase in demand for these products. In order to meet the needs of the consumer in this matter, directions for increasing the reproductive capacity of livestock are constantly being developed, because this issue is becoming more acute every year. The aim of the study was to establish the dependence of biochemical indicators, such as the content of total protein, albumins, the ratio of albumins to globulins and activities alkaline phosphatase with indicators of reproducibility. Blood serum was used to determine biochemical parameters. The method for determining the content of total protein, albumins, activities alkaline phosphatase activity was based on the use of the spectrophotometric method. Statistical analysis was performed using Microsoft Excel. According to the results of our research, a statistical interdependence of the protein content with indicators of the service period, reproducibility, and insemination index was established, where the correlation dependence was within $r = (-0.471 - (-0.809))$ with a probable error ($P < 0.001$). A correlation dependence of activities alkaline phosphatase activity with indicators of reproducibility was established, which had statistical limits of $r = 0.602$ to -0.722 with a probable error ($P < 0.001$). During the analysis of scientific works, a similarity was established in the dependence of changes in biochemical blood parameters and their influence on the reproductive capacity of the cow herd. These changes in the application of food additives in the diet of animals to correct metabolism, which led to changes in biochemical indicators and improvement of reproductive capacity, are quite clearly traced.*

Key words: *cows, protein, alkaline phosphatase, reproductive capacity, biochemistry*

**ПОШИРЕНІСТЬ КОНТАГІОЗНИХ ЗБУДНИКІВ МАСТИТУ КОРІВ У
ЗРАЗКАХ ЗБІРНОГО МОЛОКА****Р. В. ЗАРІЦЬКИЙ**, аспірант, <https://orcid.org/0000-0003-1074-3118>**Ю. В. ЖУК**, кандидат ветеринарних наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0002-8827-6313>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*
[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.017](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.017)

Анотація. Мастит є одним з найпоширеніших захворювань на молочних фермах і завдає значних економічних збитків, які пов'язані з витратами на лікування хворих корів, зниженням надоїв та якісних показників молочної продукції, а також ризиком передчасного вибракування тварин. Збудників маститу поділяють на дві групи, серед яких найважливіше значення мають контагіозні патогени, які передаються переважно від однієї корови до іншої, особливо через доїльне обладнання, що, в свою чергу, може призвести до інфікування всього дійного стада. Тому, встановлення поширеності контагіозних збудників маститу на сьогоднішній день є досить актуальним.

Метою цього дослідження було ідентифікувати та встановити поширеність контагіозних збудників маститу у зразках збірного молока з використанням бактеріологічних та молекулярно-генетичних (ПЛР-РЧ) досліджень.

Результатами досліджень контагіозних збудників маститу в зразках збірного молока методом ПЛР-РЧ встановлено, що найпоширенішими є *Streptococcus agalactiae* 36 % і *Streptococcus uberis* – 35 %. Дослідження зразків збірного молока бактеріологічним методом, показав, що найпоширенішими детектованими контагіозними збудниками є *Streptococcus agalactiae* – 55 % і *Streptococcus uberis* – 28 %.

Ключові слова: ПЛР-РЧ, бактеріологічний метод, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus uberis*

Актуальність та постановка проблеми. Власники фермерських господарств та виробники молочної продукції зазнають значних економічних збитків через різні хвороби заразної і незаразної етіології, серед яких однією з основних – є запалення молочної залози. Мастит за своєю природою є складним, досить поширеним і дороговартісним захворюванням

корів на молочних фермах (Saidi, et al., 2019). Економічні збитки за маститу пов'язані з витратами на лікування хворих корів, зниження їх молочної продуктивності та якості отриманого молока, а також ризиків передчасного вибракування високопродуктивних тварин (Kaczorek, et al., 2017; Gomes, & Henriques, 2015; Zhang, et al., 2018). Згідно даних (Cheng, & Han, 2020), загальна вартість витрат, зумовлених

Заріцький Р. В., Жук Ю. В.

маститом великої рогатої худоби, оцінюється в середньому у 147 доларів США на корову на рік.

Збудники маститу поділяються на дві групи: контагіозні та енвайронментальні. Контагіозні патогени передаються переважно від однієї корови до іншої, особливо через доїльне обладнання, тоді як енвайронментальні – потрапляють у молочну залозу із зовнішнього середовища (через підстилку, мух, або навіть шкіру корови) (Chehabi, et al., 2019; Suleiman, Karimuribo, Mdegela, 2017).

До контагіозних збудників маститу відносять такі види як *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* та *Streptococcus uberis*, а також менш поширені – такі як *Mycoplasma bovis* та *Corynebacterium*, які локалізуються на вимені та шкірі. Енвайронментальні збудники, такі як *Escherichia coli*, проникають і розмножуються у вимені корови, індукують імунну відповідь і швидко елімінуються (Cheng, & Han, 2020).

В Україні дані щодо поширення контагіозних збудників маститу у збірному молоці корів не є системними, а в окремих випадках – взагалі відсутні, що свідчить про актуальність даного питання.

Мета дослідження – ідентифікування та встановлення поширеності контагіозних збудників маститу у збірному молоці з використанням бактеріологічних та

молекулярно-генетичних (ПЛР-РЧ) досліджень.

Матеріали і методи.

Дослідження зразків збірного молока на наявність контагіозних збудників маститу проводили бактеріологічним методом і ПЛР-РЧ у ТОВ «Центр Ветеринарної Діагностики» впродовж 2020-2023 рр. Збірні зразки молока з танків охолоджувачів надходили до лабораторії у 100 мл. стерильних пластмасових пробірках з гвинтовою кришкою після повного перемішування танку з 66 господарств різних областей України. Зразки доставляли до лабораторії за температури +4+8 °С впродовж 12 годин з моменту відбору. Для транспортування зразків використовували термобокс з хладагентами, в який поміщали запаковані в стерильних пробірках зразки молока.

Бактеріологічне дослідження проводили шляхом посіву 0,1 мл досліджуваного зразка молока на кров'яному агарі (COLUMBIA LAB-AGAR + 5 % KB «BioMaxima S.A.», Poland)), з послідуочим культивуванням в аеробних умовах за температури +37 °С, впродовж 24–48 годин. Якщо висівалось більше ніж три різних види мікроорганізмів, такий зразок вважали контамінованим і в подальшому не досліджували. На анаеробну мікрофлору зразки молока не досліджували. Ідентифікацію отриманих на кров'яному агарі

Заріцький Р. В., Жук Ю. В.

бактеріальних культур проводили методом MALDI-TOF на приладі VITEK®MS («BioMérieux», France) (Chen, et al., 2021). Для аналізу мас-спектрів використовували базу даних VITEK MS KB V3.2.0 US Version.

Молекулярно-генетичні дослідження проводили методом полімеразної ланцюгової реакції в режимі реального часу (ПЛР-РЧ). Увагу було зосереджено на контагіозних агентах, які викликають мастит у корів (Trevisoli, 2022): *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Mycoplasma bovis*, *Streptococcus uberis*.

Методика ПЛР для виділення генетичного матеріалу інфекційних агентів базується на екстракції нуклеїнових кислот із біологічного патологічно матеріалу, проведення реакції зворотної транскрипції РНК в кДНК (за потребою) та ампліфікації ДНК/кДНК з гібридизаційно-флуоресцентною детекцією в режимі реального часу за рахунок багаторазового повторювання циклів денатурації в досліджуваній пробі, відпалу специфічних

олігонуклеотидних праймерів і зондів (мічених флуоресцентними барвниками), синтезу комплементарних ланцюгів за допомогою ферменту Tag-полімерази. Виділення нуклеїнових кислот проводили використовуючи автоматичну систему для виділення KingFisher Purification System з використанням набору MagMAX™ CORE Nucleic Acid Purification Kit (Thermo Fisher Scientific, США). Для реакції ампліфікації виділених нуклеїнових кислот, використовували комерційні тест-набори VetMAX MastiType Micro4 Kit (Applied Biosystems™ by Thermo Fisher Scientific, США). Реакцію проводили на системі для детекції ПЛР продуктів в режимі реального часу на приладі QuantStudio5 Real Time PCR System (Thermo Fisher Scientific, США).

Результати дослідження та їх обговорення. За молекулярно-генетичного дослідження 86 зразків збірного молока, позитивними на контагіозні збудники маститу виявлено 77 зразків, а 9 зразків – були з негативним результатом (рис. 1).

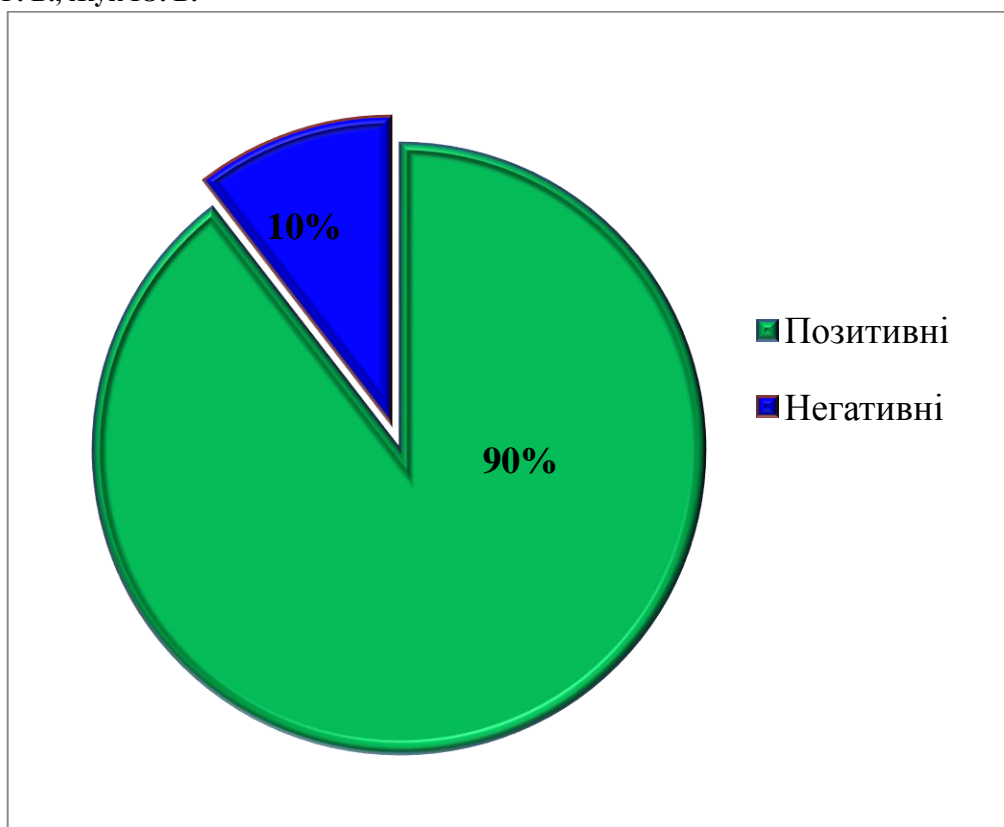


Рис. 1 Досліджені зразки збірного молока на наявність контагіозних збудників маститу

За період проведення експериментальних досліджень було детектовано 146 ізолятів контагіозних збудників маститу в зразках збірного молока (рис. 2).

Найбільший відсоток контагіозних збудників маститу в зразках збірного молока, за результатами проведених досліджень припадав на *Streptococcus agalactiae* – 36 % і *Streptococcus uberis* – 35 % від усіх ізолятів. *Staphylococcus aureus* займає проміжне положення – 24% від усіх ізолятів, а на *Mycoplasma bovis* – припало лише 5 % ізолятів.

Проведений аналіз асоціацій контагіозних збудників маститу

показав (рис. 3), що найчастіше зустрічались наступні асоціації: *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* – 14 (29,8 %) зразках, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus uberis* – 10 (21,3 %), *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* – 9 (19,1 %), *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus aureus* – 7 (14,9 %), *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Mycoplasma bovis* та *Streptococcus uberis*, *Mycoplasma bovis* – відповідно по 2 (4,3 %) зразки.

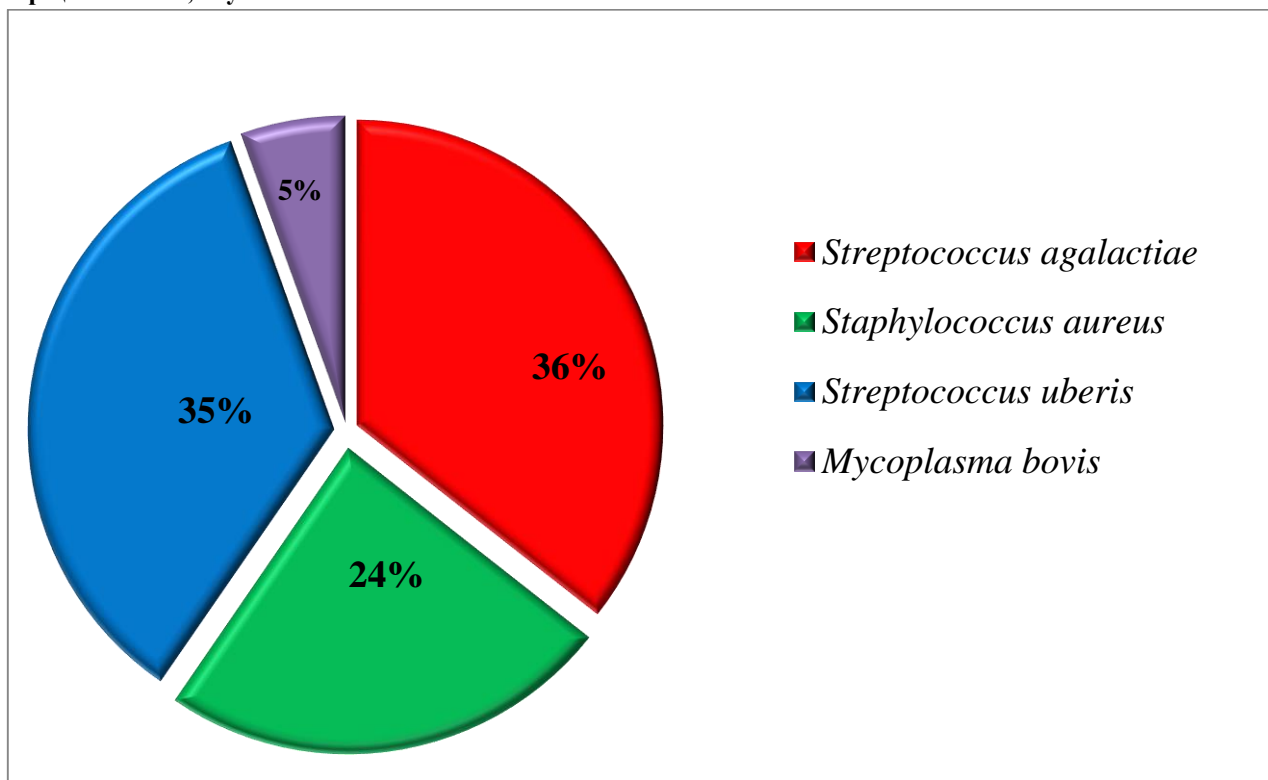


Рис. 2 Контагіозні збудники маститу детектовані методом ПЛР-РЧ в зразках збірного молока

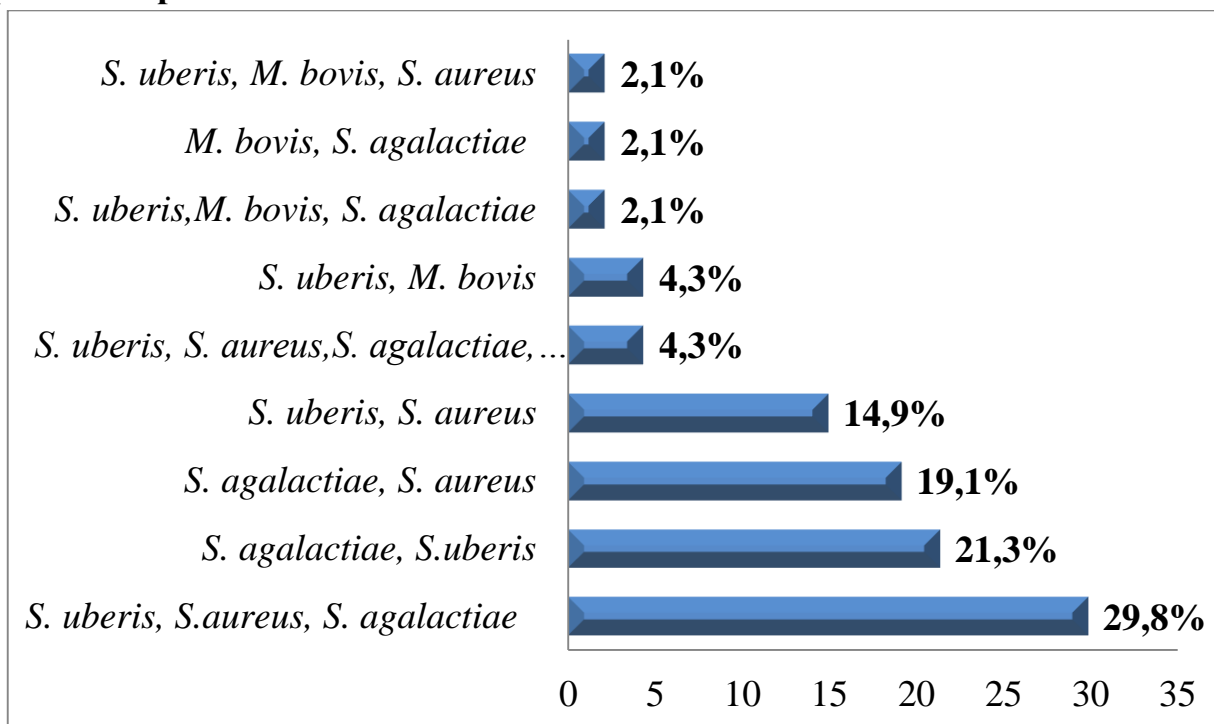


Рис. 3 Асоціації контагіозних збудників маститу, детектованих у разках збірного молока методом ПЛР-РЧ

Асоціації інфекційних агентів *Streptococcus uberis*, *Mycoplasma bovis*, *Streptococcus agalactiae*; *Mycoplasma bovis*, *Streptococcus*

agalactiae та *Streptococcus uberis*, *Mycoplasma bovis*, *Staphylococcus aureus* – зустрічались лише по одному разу.

Заріцький Р. В., Жук Ю. В.

За результатами бактеріологічного дослідження 89 зразків збірного молока, позитивними на контагіозні збудники виявлено 62 зразків (70 %) (рис 4).

За період проведення експериментальних досліджень (2020-2023 рр.) було виділено 71 ізолят контагіозних збудників маститу у зразках збірного молока (рис. 5).

Найбільший відсоток контагіозних збудників маститу в зразках збірного молока за результатами бактеріологічного дослідження припадало на *Streptococcus agalactiae* – 55 %, 28 % склали мікроорганізми *Streptococcus uberis*, а 11 % ізолятів – *Staphylococcus aureus*. Бактерій *Streptococcus dysgalactiae* ідентифіковано було лише у 6 % зразків збірного молока.

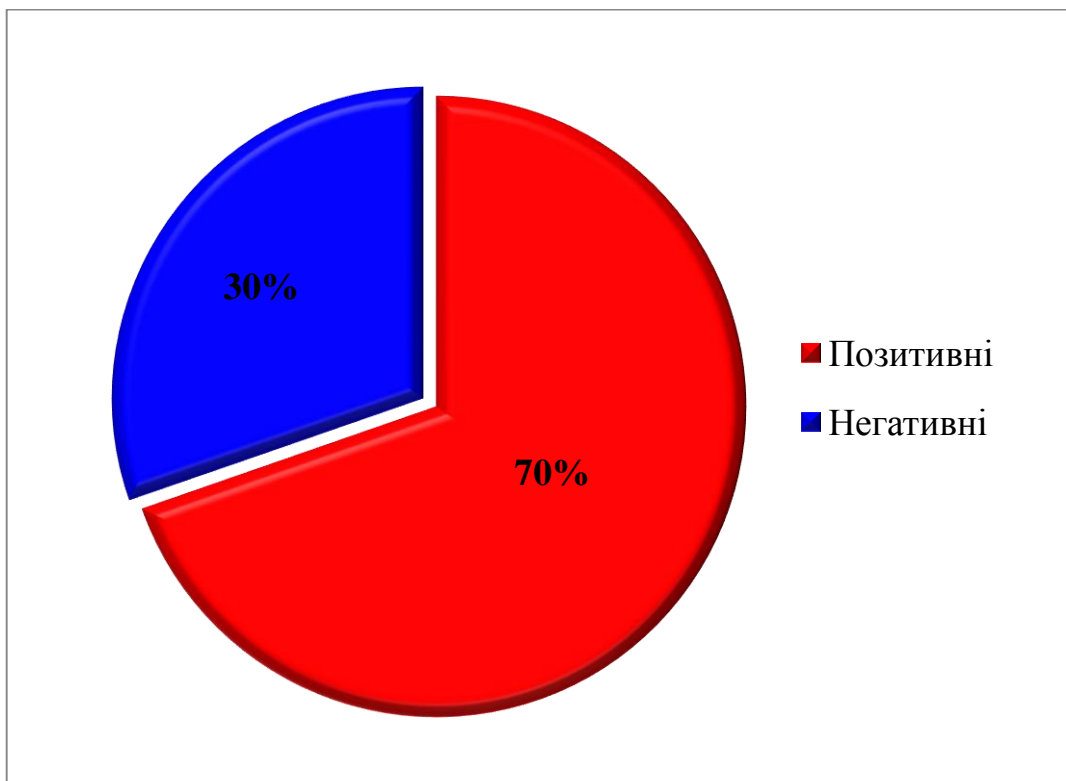


Рис. 4 Дослідження зразків збірного молока на наявність контагіозних збудників маститу бактеріологічним методом

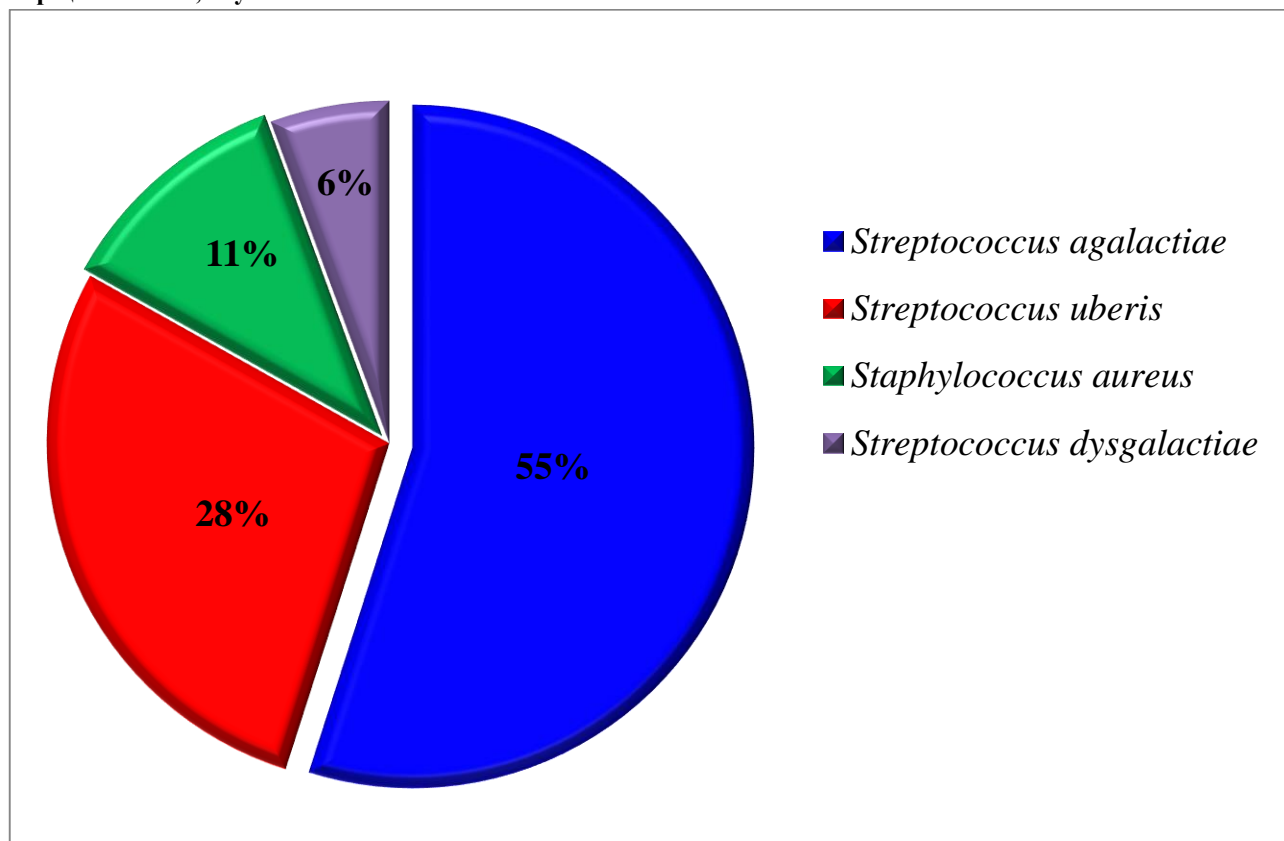


Рис. 5 Контагіозні збудники маститу виділені із зразків збірного молока бактеріологічним методом.

Аналіз частоти виявлення асоціації контагіозних збудників за бактеріологічного дослідження збірного молока (рис. 6) показав, що найчастіше зустрічались асоціації збудників контагіозного маститу: *Streptococcus agalactiae* і *Staphylococcus aureus* – у 5 (35,7 %) зразках, *Streptococcus uberis* і *Staphylococcus aureus* – у 4 (28,6 %), *Streptococcus uberis* і *Streptococcus agalactiae* – 3 (21,4 %) зразках.

Асоціації збудників *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus*

aureus, *Streptococcus agalactiae* та *Streptococcus uberis*, *Streptococcus dysgalactiae* – зустрічались в зразках збірного молока лише по одному разу (7,1 %).

Дослідження контагіозних збудників маститу у зразках збірного молока в Канаді показало, що найчастіше методом ПЛР ідентифікували збудники *Streptococcus agalactiae* і *Staphylococcus aureus*, а *Mycoplasma bovis* – виділялась з меншою частотою (Francoz, et al., 2012).

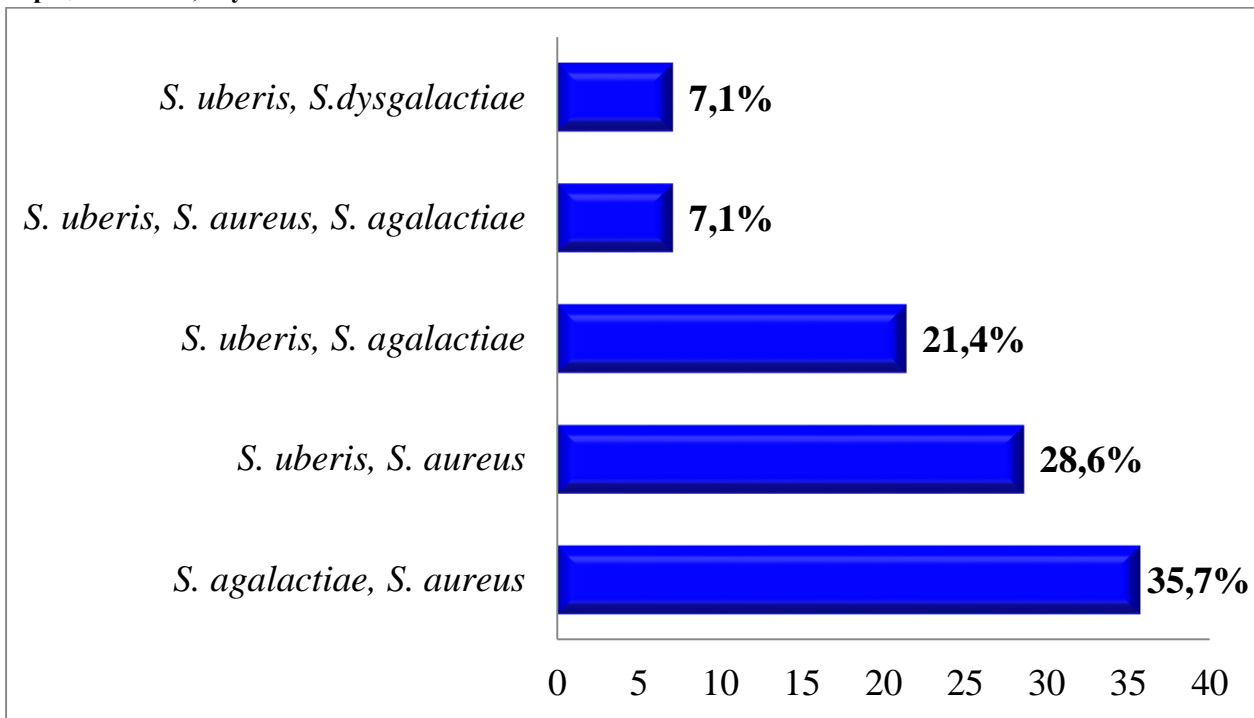


Рис. 6 Асоціації контагіозних збудників маститу виділених із зразків збірного молока за бактеріологічного дослідження

Дослідження 894 танкових зразків молока на контагіозні збудники маститу в Китаї методом ПЛР-РЧ, показали, що *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* та *Streptococcus dysgalactiae* виявляли у 50,1 %, 92,2 і 72,3 %, відповідно (Bi, et al., 2016).

Olde Riekerink, R et al., (2006) зазначають, що дослідження контагіозних збудників у танкових зразках, виявлених бактеріологічним методом, показало поширення *Staphylococcus aureus* (74 %), *Streptococcus agalactiae* (1,6 %) та *Mycoplasma spp.* (*M. bovis* і *M. alkalescens*) (1,9 %) (Olde Riekerink, et al. 2006). У роботі Kampa, J. et al., (2009) зазначено, що з 55 досліджених танкових зразків молока, у 14 виявлено контагіозні збудники маститу, серед яких найпоширенішими були *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* і

Mycoplasma bovis (Kampa, et al., 2009). В Італії дослідження танкових зразків методом ПЛР показали, що найпоширенішими контагіозними збудниками маститу у корів є *Staphylococcus aureus* і *Streptococcus agalactiae* (Zecconi, et al., 2019).

Mycoplasma bovis – є інфекційним збудником великої рогатої худоби, який викликає пневмонію, поліартрит, отит і, рідше, підшкірні абсцеси, аборти та менінгіт. Окрім того, він є найважливішим збудником спалахів мікоплазмозного маститу у молочних корів. Мікоплазми не мають типової клітинної стінки, тому на них не впливають багато комерційно доступних протимікробних препаратів. За останнє десятиліття ізоляти *M. bovis* розвинули набуту резистентність до широкого спектру найбільш використовуваних антибіотиків, таких як макроліди та

Заріцький Р. В., Жук Ю. В.

тетрацикліни. Мастит викликаний *Mycoplasma bovis*, важко піддається лікуванню, навіть якщо антимікробні засоби, які використовуються, демонструють хорошу активність в умовах *in vitro* проти збудника. Невдала терапія, вибракування інфікованих корів і втрата виробництва молока можуть призвести до значних економічних втрат на молочній фермі. Необхідно раннє виявлення корів, які виділяють *M. bovis*, щоб запобігти спалаху маститу (Zecconi, et al., 2019).

Висновки і перспективи.

1. Найпоширенішими збудниками контагіозного маститу у корів виявлених у зразках збірного молока, за допомогою методу ПЛР-РЧ, були *Streptococcus agalactiae* 36 % і *Streptococcus uberis* – 35 %. Найчастіше зустрічаються асоціації контагіозних збудників як *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus*

References

1. Saidi, R., Mimoune, N., Baazizi, R., Benaissa, M., Khelef, D., & Kaidi, R. (2019). Antibiotic susceptibility of Staphylococci isolated from bovine mastitis in Algeria. In Journal of Advanced Veterinary and Animal Research (Vol. 6, Issue 2, p. 231). ScopeMed. <https://doi.org/10.5455/javar.2019.f337>

2. Kaczorek, E., Małaczewska, J., Wójcik, R., Rękawek, W., & Siwicki, A. K. (2017). Phenotypic and genotypic antimicrobial susceptibility pattern of Streptococcus spp. isolated from cases of clinical mastitis in dairy cattle in Poland. In Journal of Dairy Science (Vol. 100, Issue 8, pp. 6442–6453). American Dairy Science Association. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12660>

3. Gomes, F., & Henriques, M. (2015). Control of Bovine Mastitis: Old and Recent Therapeutic Approaches. In Current Microbiology (Vol. 72, Issue 4, pp. 377–382). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s00284-015-0958-8>

aureus, *Streptococcus agalactiae* – 29,8 %, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus uberis* – 21,3 %, *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* – 19,1 %.

2. Дослідження зразків збірного молока з використанням бактеріологічного методом показало, що найпоширенішими детектованими контагіозними збудниками є *Streptococcus agalactiae* – 55 % і *Streptococcus uberis* 28 %. Найчастіше контагіозні збудники зустрічалися в асоціаціях: *Streptococcus agalactiae* і *Staphylococcus aureus* – 35,7%, *Streptococcus uberis* і *Staphylococcus aureus* – 28,6 %.

Перспективою подальших досліджень буде розширення вивчення спектру збудників, що спричиняють мастит, вдосконалення методів їх ідентифікації та дослідження більшої кількості зразків збірного молока.

4. Zhang, D., Zhang, Z., Huang, C., Gao, X., Wang, Z., Liu, Y., Tian, C., Hong, W., Niu, S., & Liu, M. (2018). The phylogenetic group, antimicrobial susceptibility, and virulence genes of Escherichia coli from clinical bovine mastitis. In Journal of Dairy Science (Vol. 101, Issue 1, pp. 572–580). American Dairy Science Association. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13159>

5. Cheng, W. N., & Han, S. G. (2020). Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments — A review. In Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (Vol. 33, Issue 11, pp. 1699–1713). Asian Australasian Association of Animal Production Societies. <https://doi.org/10.5713/ajas.20.0156>

6. Chehabi, C. N., Nonnemann, B., Astrup, L. B., Farre, M., & Pedersen, K. (2019). In vitro Antimicrobial Resistance of Causative Agents to Clinical Mastitis in Danish Dairy Cows. In Foodborne Pathogens and Disease (Vol. 16, Issue 8, pp. 562–572). Mary Ann

Заріцький Р. В., Жук Ю. В.

Liebert Inc.
https://doi.org/10.1089/fpd.2018.2560

7. Suleiman, T. S., Karimuribo, E. D., & Mdegela, R. H. (2017). Prevalence of bovine subclinical mastitis and antibiotic susceptibility patterns of major mastitis pathogens isolated in Unguja island of Zanzibar, Tanzania. In *Tropical Animal Health and Production* (Vol. 50, Issue 2, pp. 259–266). Springer Science and Business Media LLC. https://doi.org/10.1007/s11250-017-1424-3

8. Chen X-F, Hou X, Xiao M, Zhang L, Cheng J-W, Zhou M-L, Huang J-J, Zhang J-J, Xu Y-C, Hsueh P-R. (2021). Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time of Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF MS) Analysis for the Identification of Pathogenic Microorganisms: A Review. *Microorganisms*. 9(7):1536.

9. Trevisoli, P. A. (2022). Bovine milk microbiota: molecular characterization and evaluation of mastitis pathogens detection methodologies. Doctoral Thesis, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba. doi:10.11606/T.11.2022.tde-13122022-102859. Retrieved 2023-12-25.

10. Francoz, D., Bergeron, L., Nadeau, M., & Beauchamp, G. (2012). Prevalence of contagious mastitis pathogens in bulk tank milk

in Québec. *The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne*, 53(10), 1071–1078.

11. Bi Y, Wang YJ, Qin Y, Guix Vallverdú R, Maldonado García J, Sun W, et al. (2016) Prevalence of Bovine Mastitis Pathogens in Bulk Tank Milk in China. *PLoS ONE* 11(5): e0155621.

12. Olde Riekerink, R. G., Barkema, H. W., Veenstra, S., Poole, D. E., Dingwell, R. T., & Keefe, G. P. (2006). Prevalence of contagious mastitis pathogens in bulk tank milk in Prince Edward Island. *The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne*, 47(6), 567–572.

13. Kampa, J., Sukolapong, V., Buttasri, A., & Charoenchai, A. (2009). Prevalence of *Mycoplasma bovis* and Other Contagious Bovine Mastitis Pathogens in Bulk Tank Milk of Dairy Cattle Herds in Khon Kaen Province, Thailand. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 39(3), 275–280.

14. Zecconi, A., dell'Orco, F., Rizzi, N., Vairani, D., Cipolla, M., Pozzi, P., & Zanini, L. (2019). Cross-sectional study on the prevalence of contagious pathogens in bulk tank milk and their effects on somatic cell counts and milk yield. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 66–74.

PREVALENCE OF CONTAGIOUS BOVINE MASTITIS PATHOGENS IN SAMPLES OF COLLECTED MILK

R. Zaritskyi, Y. Zhuk

Abstract. *Mastitis is one of the most common diseases on dairy farms and causes significant economic losses associated with the cost of treating sick cows, reduced milk yield and quality of dairy products, as well as the risk of premature culling of animals. Mastitis pathogens are divided into two groups, among which the most important are contagious pathogens that are transmitted mainly from one cow to another, especially through milking equipment, which in turn can lead to infection of the entire dairy herd, so establishing the prevalence of contagious mastitis pathogens is quite relevant today. The aim of this study was to identify and establish the prevalence of contagious mastitis pathogens in tank milk samples by bacteriological and molecular genetic (PCR-RT) studies. The results of the study of contagious pathogens of mastitis in tank milk samples by PCR-RT revealed that the most common are *Streptococcus agalactiae* - 36% and *Streptococcus uberis* - 35%. The study of tank milk samples by the bacteriological method showed that the most common detected contagious pathogens are *Streptococcus agalactiae* - 55 % and *Streptococcus uberis* - 28 %.*

Заріцький Р. В., Жук Ю. В.

Keywords: *PCR-RT, bacteriological method, Streptococcus agalactiae, Streptococcus uberis.*

УДК 636.4:591.18:577.115

**ПОКАЗНИКИ ЛІПІДНОГО ОБМІНУ В КРОВІ СВИНОМАТОК ЗА ДІЇ
НАНОСПОЛУК ФЕРУМУ ТА ГЕРМАНІЮ****О. О. КОВАЛЬЧУК**, аспірант, <https://orcid.org/0009-0007-2365-3142>*E-mail:* kovalchuk.azalea@gmail.com**В. А. ТОМЧУК**, доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри біохімії і фізіології тварин імені академіка М.Ф. Гулого,<https://orcid.org/0000-0003-0622-6345>*E-mail:* tomchuk_viktor@nubip.edu.ua**В. О. ДАНЧУК**, аспірант, <https://orcid.org/0009-0008-3379-822X>*E-mail:* vladdanchuk11@gmail.com**С. В. КРАВЧУК**, аспірантка, <https://orcid.org/0009-0008-0767-9032>*E-mail:* Svitlanakrawchuk@ukr.net*Національний університет біоресурсів і природокористування України***В. В. КАРПОВСЬКИЙ**, кандидат ветеринарних наук,<https://orcid.org/0009-0003-9848-1411>*E-mail:* superamigo80@gmail.com*Одеський державний аграрний університет*[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.018](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.018)

Анотація. Актуальність проведених досліджень обумовлена відсутністю у доступній літературі відомостей щодо впливу наночастинок феруму та германію на показники обміну ліпідів в плазмі крові свиноматок. Метою роботи було встановити вплив задавання наночастинок феруму та германію на показники обміну ліпідів у крові свиноматок до та після опоросу. Експеримент проведено на 24 свиноматках великої білої породи, віком 2-3 роки, яких було розділено на дві групи (контрольна і дослідна). Свиням дослідної групи за 10 днів до опоросу, протягом десяти днів випоювали комплекс наносполук мікроелементів феруму – 3 мг/добу та германію – по 0,01 мг/добу. Матеріалом для досліджень плазма крові тварин у якій визначали окремі показники обміну ліпідів. Встановлено вплив опоросу на вміст триацилгліцеролів, неетерифікованих жирних кислот та загального холестеролу в плазмі крові тварин ($F=33,0-156,0 > F_{U}=2,9; P < 0,001$). Перед опоросом у свиноматок відбувається перебудова ліпідного обміну, що характеризується зменшенням вмісту триацилгліцеролів, загального холестеролу та зростанням вмісту неетерифікованих жирних кислот в плазмі крові. Встановлено, що протягом доби до опоросу вміст триацилгліцеролів зменшується на 30,6 % ($P \leq 0,001$), загального холестеролу на 18,3 % ($P \leq 0,01$), а неетерифікованих жирних кислот зростає у 1,5 рази ($P \leq 0,001$). Здавання наносполук феруму та германію достовірно впливає на вміст триацилгліцеролів ($\eta^2_{\chi}=0,53; P \leq 0,05$), загального холестеролу ($\eta^2_{\chi}=0,69; P \leq 0,01$) та неетерифікованих жирних кислот ($\eta^2_{\chi}=0,50; P \leq 0,05$) в плазмі крові свиноматок лише в день опоросу. У цей час в крові

свиноматок, яким задавали наночастилки металів, вміст триацилгліцеролів та загального холестеролу більший на 23,7 % ($P \leq 0,05$) та 11,5 % ($P \leq 0,01$) відповідно, а вміст неетерифікованих жирних кислот менше на 9,2 % ($P \leq 0,05$) за показники тварин контрольної групи. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці сучасних способів підвищення продуктивності та резистентності свиноматок за допомогою наночастинок металів.

Ключові слова: свині, наночастилки металів, триацилгліцероли, загальний холестерол, неетерифіковані жирні кислоти

Актуальність. Забезпечення свиноматок необхідною кількістю ліпідів в останній триместр вагітності може скоротити тривалість опоросу та збільшити життєздатність поросят (van den Bosch, et al., 2023). З огляду на інсулінорезистентність, ліпіди є основним джерелом енергії, яка необхідна для опоросу. Однак, наші знання щодо обмінних процесів у організмі свиноматок обмежені, що вказує на необхідність подальших досліджень для зрозуміння енергетичного обміну у свиноматки на пізніх термінах вагітності та під час опоросу (Feysa, et al., 2018).

В умовах сучасного стрімкого розвитку нанотехнологій, застосування наночастинок металів, які володіють більшою ефективністю, ніж їхні молекулярні форми, для корекції енергетичного обміну представляється досить перспективним (Borysevych, et al., 2009). Поряд із цим, відомостей щодо впливу наночастинок феруму та германію на показники обміну ліпідів в плазмі крові свиноматок у доступній літературі не знайдено, що і обумовило актуальність проведених експериментів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ліпіди мають велике значення для свиноматок, оскільки вони забезпечують енергію для фізіологічних процесів, підтримують лактацію та сприяють розвитку поросят. Протягом поросності метаболізм свиноматок зазнає істотних фізіологічних змін (Morris, et al., 2020), таких як підвищення циркулюючої концентрації окремих гормонів (Abbassi-Ghanavati, Greer, Cunningham, 2009). Зокрема, підвищення рівня естрогенів на пізніх термінах вагітності знижує експресію інсулінових рецепторів, розвивається інсулінорезистентність, яка значно знижує активність ліпопротеїнліпази (LPL) (Panarotto, et al., 2002; Bourebaba, et al., 2023), що призводить до підвищення концентрації триацилгліцеролів (ТАГ) і ліпопротеїнів низької щільності (ЛПНЩ) (Ikeoka, & Krusinova, 2009) в крові тварин. Таким чином, рівні ліпідів крові матері протягом вагітності зростають (Garduño-Alanís, et al., 2015), що сприяє росту плода (McMullin, et al., 2008). Таким чином, ліпіди є визначальним джерелом енергії, необхідним для підтримки

вагітності на пізніх термінах та при опоросі.

Мета дослідження – встановити ступінь і характер впливу задавання наносполук феруму та германію на окремі показники ліпідного обміну в організмі свиноматок.

Матеріали і методи дослідження. Експериментальну частину роботи проведено у ТОВ «Кошет», с. Чапівці, Мукачевського району, Закарпатської області на 24 свиноматках великої білої породи, віком 2-3 роки, яких за принципом аналогів було розділено на дві групи (контрольна і дослідна) по 12 тварин в кожній. Свиням дослідної групи за 10 днів до опоросу, протягом десяти днів випоювали комплекс наносполук мікроелементів феруму – 3 мг/добу та германію – по 0,01 мг/добу. Тваринам контрольної групи наносполуки не задавали. Матеріалом для досліджень слугували зразки відібрані крові від 5 тварин з кожної групи за 10-ть та 1-ну добу до опоросу, в день опоросу (після опоросу) та через три та 10-ть днів після опоросу. Кров для дослідження у свиноматок одержували з яремної вени вранці натщесерце в пробірці антикоагулянтами KF + Na₂ EDTA. Для отримання плазми кров центрифугували, одразу заморожували і доставляли до лабораторії у замороженому вигляді. У всіх зразках крові, у навчально-науковій лабораторії ветеринарно-діагностичних досліджень кафедри

біохімії і фізіології тварин імені академіка М.Ф. Гулого, проводили визначення вмісту триацилгліцеролів (ТАГ) за принципом окиснення до формальдегіду метаперіодатом натрію гліцерину вивільненого у процесі омилення триацилгліцеролів; загального холестеролу (ЗХ), за принципом, основу якого покладена реакція Лібермана-Бурхарда; неетерифікованих жирних кислот (НЕЖК) за принципом утворення солей вільних жирних кислот з міддю (Vlizlo, Fedoruk, Ratysh, 2012).

Одержані результати піддавали статистичній обробці за допомогою прикладного програмного комплексу «Microsoft Office Excel 2019» (визначали середньоарифметичну величину, її похибку, коефіцієнт кореляції, та проводили одно- та двофакторний дисперсійний аналіз). Результати вважали за достовірні за $P \leq 0,05$.

Експеримент проведено із дотримання вимог ЗУ № 3447–IV від 21.02.06 «Про захист тварин від жорстокого поводження» та узгоджено з принципами «Європейської конвенції з захисту хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та наукових цілей» (Страсбург, 1986).

Результати дослідження та їх обговорення. *Wenhui Wang із співавт.* (2023) вказує, що стан ліпідного обміну і рівень його метаболітів в організмі свиноматок

залежить від їх раціону, зокрема у тварин, яких годували дієтою з низьким співвідношенням крохмалю до жиру відмічено підвищений вміст інсуліну, лептину та НОМА-IR (Wang, et al., 2023).

Показники обміну ліпідів у крові свиноматок контрольної та дослідної групи за 10 діб до опоросу достовірно не відрізнялись, та не виходили за фізіологічні межі до кінця експерименту (табл. 1). Встановлено, що за 10 діб до опоросу вміст ТАГ в плазмі крові свиноматок контрольної

групи становить 1,08 ммоль/л, однак протягом наступних 9-ти днів він зменшується вдвічі ($P \leq 0,001$), і продовжує знижуватись. Так, в день опоросу (після опоросу) цей показник був на 30,6 % ($P \leq 0,001$) менше відповідно до такого за добу до цього. Надалі, до третьої і десятої доби після опоросу даний показник збільшується відповідно на 41,9 % ($P \leq 0,001$) та у 1,9 раза ($P \leq 0,001$) і перестає достовірно відрізнятись від такого за 10 діб до опоросу.

1. Показники обміну ліпідів в крові свиноматок за дії наносполук феруму та германію ($M \pm m, n=5$)

Група тварин	До опоросу		Після опоросу		
	За 10 діб	За добу	В день опоросу	Через 3 доби	Через 10 діб
Триацилгліцероли, ммоль/л					
Контрольна	1,08±0,07	0,54±0,04	0,37±0,02	0,53±0,04	1,01±0,06
Дослідна	1,13±0,05	0,61±0,03	0,46±0,02*	0,59±0,04	1,09±0,05
Неетерифіковані жирні кислоти, ммоль/л					
Контрольна	147,2±10,5	169,5±8,2	257,9±6,5	171,0±5,6	166,9±4,4
Дослідна	153,0±5,0	182,2±2,9	238,9±3,8*	165,5±1,6	163,8±3,7
Загальний холестерол, мкмоль/л					
Контрольна	3,01±0,03	2,73±0,05	2,23±0,04	2,68±0,08	2,97±0,09
Дослідна	2,97±0,04	2,79±0,09	2,49±0,06**	2,69±0,09	2,99±0,05

Примітка. Показники достовірні: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$.

На відміну від вмісту ТАГ, вміст НЕЖК в плазмі крові свиноматок контрольної групи до опоросу істотно збільшується, зокрема до 1-ї доби до опоросу на 15,1 % ($P \leq 0,05$), і далі до дня опоросу ще у 1,5 раза ($P \leq 0,001$). Після опоросу, до третього дня вміст НЕЖК в крові цих тварин зменшується на 33,7 % ($P \leq 0,001$) і до 10-ї доби після опоросу ще на 35,3 %

($P \leq 0,001$), однак залишається на 13,3 % ($P \leq 0,05$) більшим ніж за 10 діб до опоросу. Вміст ЗХ в плазмі крові свиноматок контрольної групи до опоросу поступово знижується на 25,8 % ($P \leq 0,001$), однак уже до третьої і 10 доби після опоросу зростає відповідно на 20,1 % ($P \leq 0,001$) та 33,1 % ($P \leq 0,001$). Таким чином перед опоросом у свиноматок

відбувається перебудова ліпідного обміну, що виявляється у зменшенні вмісту ТАГ і ЗХ та зростанні вмісту НЕЖК в плазмі крові. Результати наших досліджень узгоджуються із даними *Parmley із співавт.* (1996), які вказали, що у свиней після опоросу значно зростає швидкість ліпогенезу, ліполізу та естерифікації (Costermans, et al., 2023).

Задавання наносполук феруму та германію не впливало на вміст ТАГ, НЕЖК та ЗХ в плазмі крові свиноматок до опоросу, однак прослідковувалась чітка тенденція щодо вищого рівня даних метаболітів у крові свиноматок дослідної групи. Поряд з тим, уже в день опоросу в крові свиноматок дослідної групи вміст ТАГ та ЗХ стає більше на 23,7 % ($P \leq 0,05$) та 11,5 % ($P \leq 0,01$) відповідно, вміст НЕЖК менше на 9,2 % ($P \leq 0,05$) за показники тварин контрольної групи. На подальших етапах досліджень ці показники у групах достовірно не різнились.

За допомогою двофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що фізіологічні зміни метаболізму перед і після народження поросят істотно впливають на обмін ліпідів у свиноматок, що впливає з встановленої сили впливу на вміст

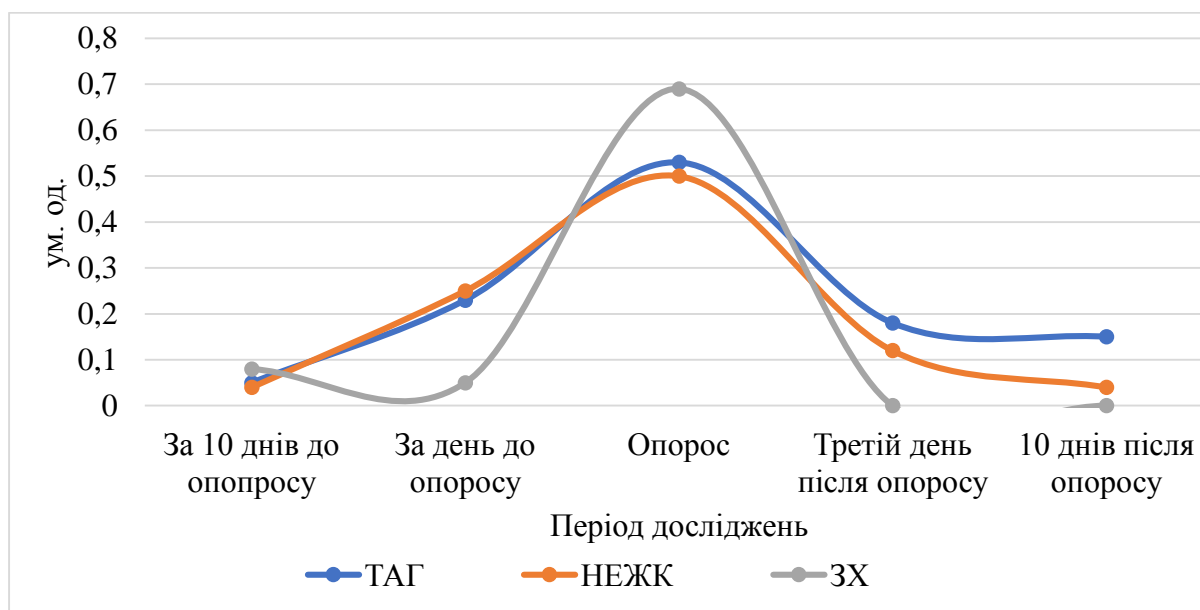
ТАГ, НЕЖК та ЗХ в плазмі крові тварин ($F = 33,0-156,0 > F_U = 2,9$; $P < 0,001$). Задавання наносполук феруму та германію чинило достовірний вплив протягом 10 днів лише на вміст ТАГ в крові свиноматок – $F = 9,1 > F_U = 4,15$ ($P < 0,001$), однак достовірно не впливало на вміст ЗХ та НЕЖК – $F = 1,4-3,5 < F_U = 4,5$; $p = 0,07-0,25$ (табл. 2). Відмітимо виявлену, при аналізі вмісту НЕЖК в плазмі крові, міжфакторну взаємодію ($F = 4,19 > F_U = 2,9$; $P < 0,05$), однак для пояснення впливу задавання наносполук заліза і германію на стан свиноматок за 10 діб до і 10 діб після народження поросят потрібні додаткові дослідження.

За допомогою однофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що задавання наносполук феруму та германію достовірно впливало на вміст ТАГ, ЗХ, та НЕЖК в плазмі крові свиноматок лише в день опоросу – $\eta^2_{\chi} = 0,53$ ($P \leq 0,05$), $\eta^2_{\chi} = 0,69$ ($P \leq 0,01$) та $\eta^2_{\chi} = 0,50$ ($P \leq 0,05$) відповідно. Уже через три доби після опоросу цей вплив стає недостовірним – $\eta^2_{\chi} = 0,00-0,18$ (рис. 1).

2. Двофакторний дисперсійний аналіз вмісту ТАГ, ЗХ та НЕЖК в плазмі крові свиноматок за дії наносполук феруму та германію

Фактори впливу	SS	df	MS	F	P-значення	F критичне
Вміст ТАГ						
Вплив наносполук	0,06	1	0,06	9,11	0,005	4,15
Народження поросят	2,3	3	0,77	117,7	< 0,001	2,9
Взаємозв'язок	0	3	0	0,06	0,981	2,9
Внутрішня	0,21	32	0,01	–	–	–
Всього	2,57	39	–	–	–	–
Вміст НЕЖК						
Вплив наносполук	138,38	1	138,38	1,38	0,248	4,15
Народження поросят	46874,73	3	15624,91	156,01	< 0,001	2,9
Взаємозв'язок	1259,91	3	419,97	4,19	0,013	2,9
Внутрішня	3204,88	32	100,15	–	–	–
Всього	51477,9	39	–	–	–	–
Вміст ВХ						
Вплив наносполук	0,07	1	0,07	3,52	0,07	4,15
Народження поросят	1,96	3	0,65	33	< 0,001	2,9
Взаємозв'язок	0,11	3	0,04	1,77	0,173	2,9
Внутрішня	0,63	32	0,02	–	–	–
Всього	2,77	39	–	–	–	–

Примітка. SS – сума квадратів; df – кількість рівнів фактора (-1); MS – середнє квадратичне; F – критерій оцінки фактора впливу на залежну змінну; p – достовірність; F критичне – критичне значення фактора впливу.



Примітка. Показники достовірні: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$.

Рис. 1. Вплив (η^2) задавання наносполук феруму та германію на показники обміну вуглеводів в крові свиноматок

Таким чином, перед опоросом у свиноматок відбувається перебудова ліпідного обміну, що характеризується зменшенням вмісту ТАГ і ЗХ та зростанням вмісту НЕЖК в плазмі крові. Задавання свиноматкам наносполук феруму і германію протягом 10 діб до опоросу коригуюче впливає на показники ліпідного обміну, зокрема, збільшується вміст триацилгліцеролів та загального холестеролу і знижується вміст триацилгліцеролів в плазмі крові.

Висновки і перспективи.
Встановлено вплив опоросу свиноматок на обмін ліпідів, що

характеризується зменшенням вмісту триацилгліцеролів, загального холестеролу та зростанням вмісту неетерифікованих жирних кислот в плазмі крові. Здавання наносполук феруму та германію достовірно впливає на вміст триацилгліцеролів ($P \leq 0,05$), загального холестеролу ($P \leq 0,01$) та неетерифікованих жирних кислот ($P \leq 0,05$) в плазмі крові свиноматок лише в день опоросу.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці сучасних способів підвищення продуктивності та резистентності свиноматок за допомогою наночасток металів.

Список використаних джерел

1. Bosch M. van den, Soede N., Kemp B., Brand H. van den Sow Nutrition, Uterine Contractions, and Placental Blood Flow during the Peri-Partum Period and Short-Term Effects on Offspring: A Review. 2023. ISBN 2076-2615.
2. Feyera T., Pedersen T. F., Krogh U., Foldager L., Theil P. K. Impact of sow energy status during farrowing on farrowing kinetics, frequency of stillborn piglets, and farrowing assistance. *Journal of animal science*. 2018. Вип. 96, № 6. С. 2320–2331.
3. Борисевич В.Б. К. В. Г. та ін. Нанотехнології у ветеринарії. 2009. С. 232.
4. Morris D. L., Brown-Brandl T. M., Hales K. E., Harvatine K. J., Kononoff P. J. Effects of high-starch or high-fat diets formulated to be isoenergetic on energy and nitrogen partitioning and utilization in lactating Jersey cows. *Journal of dairy science*. 2020. Вип. 103, № 5. С. 4378–4389.
5. Abbassi-Ghanavati M., Greer L. G., Cunningham F. G. Pregnancy and laboratory studies: a reference table for clinicians. *Obstetrics & Gynecology*. 2009. Вип. 114, № 6. С. 1326–1331.

6. Panarotto D., Remillard P., Bouffard L., Maheux P. Insulin resistance affects the regulation of lipoprotein lipase in the postprandial period and in an adipose tissue-specific manner. *European journal of clinical investigation*. 2002. Вип. 32, № 2. С. 84–92.
7. Bourebaba, L., Kępska, M., Qasem, B., Zyzak, M., Łyczko, J., Klemens, M., Mularczyk, M., & Marycz, K.. Sex hormone-binding globulin improves lipid metabolism and reduces inflammation in subcutaneous adipose tissue of metabolic syndrome-affected horses. *Frontiers in molecular biosciences*. 2023. 10, 1214961. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2023.1214961>
8. Ikeoka D., Krusinova E. Insulin resistance and lipid metabolism. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2009. Вип. 55. С. 234.
9. Garduño-Alanís A., Vázquez-de Anda G., Valdés-Ramos R., Talavera J. O., Herrera-Villalobos J. E., Huitrón-Bravo G. G., Hernández-Garduño E. Predictors of hyperlipidemia during the first half of pregnancy in Mexican women. *Nutrición Hospitalaria*. 2015. Вип. 31, № 1. С. 508–513.
10. McMullin T. S., Lowe E. R., Bartels M. J., Marty M. S. Dynamic changes in lipids

and proteins of maternal, fetal, and pup blood and milk during perinatal development in CD and Wistar rats. *Toxicological sciences*. 2008. Вип. 105, № 2. С. 260–274.

11. Влізло В. В., Федорук Р. С., Ратич І. Б. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник. Львів: Сполом. 2012. Вип. 764.

12. Wang W., Yu Z., Yin X., Wang Z., Xu S., Shi C., Zang J., Liu H., Wang F. Effect of Dietary Starch-to-Fat Ratio on Lipid Metabolism, Inflammation, and Microbiota of Multiparous Sow and Newborn Piglets. *Agriculture 2023*, Vol. 13, Page 1069. 2023. Вип. 13, № 5. С. 1069.

13. Costermans, N. G., Teerds, K. J., Kemp, B., Keijer, J., & Soede, N. M. (). Physiological and metabolic aspects of follicular developmental competence as affected by lactational body condition loss. *Molecular reproduction and development*. 2023. 90(7), С. 491-502.

References

1. van den Bosch, M., Soede, N., Kemp, B., & van den Brand, H. (2023). Sow Nutrition, Uterine Contractions, and Placental Blood Flow during the Peri-Partum Period and Short-Term Effects on Offspring: A Review. *In Animals* (Vol. 13, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/ani13050910>

2. Feyera, T., Pedersen, T. F., Krogh, U., Foldager, L., & Theil, P. K. (2018). Impact of sow energy status during farrowing on farrowing kinetics, frequency of stillborn piglets, and farrowing assistance. *Journal of Animal Science*, 96(6), 2320–2331. <https://doi.org/10.1093/JAS/SKY141>

3. Borysevych V.B., K. V. H. ta in. (2009). Nanotekhnolohii u veterynarii. 232.

4. Morris, D. L., Brown-Brandl, T. M., Hales, K. E., Harvatine, K. J., & Kononoff, P. J. (2020). Effects of high-starch or high-fat diets formulated to be isoenergetic on energy and nitrogen partitioning and utilization in lactating Jersey cows. *Journal of Dairy Science*, 103(5), 4378–4389.

5. Abbassi-Ghanavati, M., Greer, L. G., & Cunningham, F. G. (2009). Pregnancy and laboratory studies: a reference table for clinicians. *Obstetrics & Gynecology*, 114(6), 1326–1331.

6. Panarotto, D., Remillard, P., Bouffard, L., & Maheux, P. (2002). Insulin resistance affects the regulation of lipoprotein lipase in the postprandial period and in an adipose tissue-specific manner. *European Journal of Clinical Investigation*, 32(2), 84–92.

7. Bourebaba, L., Kępska, M., Qasem, B., Zyzak, M., Łyczko, J., Klemens, M., Mularczyk, M., & Marycz, K. (2023). Sex hormone-binding globulin improves lipid metabolism and reduces inflammation in subcutaneous adipose tissue of metabolic syndrome-affected horses. *Frontiers in molecular biosciences*, 10, 1214961. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2023.1214961>

8. Ikeoka, D., & Krusinova, E. (2009). Insulin resistance and lipid metabolism. *Revista Da Associação Médica Brasileira*, 55, 234.

9. Garduño-Alanís, A., Vázquez-de Anda, G., Valdés-Ramos, R., Talavera, J. O., Herrera-Villalobos, J. E., Huitrón-Bravo, G. G., & Hernández-Garduño, E. (2015). Predictors of hyperlipidemia during the first half of pregnancy in Mexican women. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 508–513.

10. McMullin, T. S., Lowe, E. R., Bartels, M. J., & Marty, M. S. (2008). Dynamic changes in lipids and proteins of maternal, fetal, and pup blood and milk during perinatal development in CD and Wistar rats. *Toxicological Sciences*, 105(2), 260–274.

11. Vlizlo, V. V., Fedoruk, R. S., & Ratych, I. B. (2012). Laboratorni metody doslidzhen u biolohii, tvarynnytstvi ta veterynarnii medytsyni: dovidnyk. *Lviv: Spolom*, 764.

12. Wang, W., Yu, Z., Yin, X., Wang, Z., Xu, S., Shi, C., Zang, J., Liu, H., & Wang, F. (2023). Effect of Dietary Starch-to-Fat Ratio on Lipid Metabolism, Inflammation, and Microbiota of Multiparous Sow and Newborn Piglets. *Agriculture 2023*, Vol. 13, Page 1069, 13(5), 1069. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE13051069>

13. Costermans, N. G., Teerds, K. J., Kemp, B., Keijer, J., & Soede, N. M. (2023). Physiological and metabolic aspects of follicular developmental competence as affected by lactational body condition loss. *Molecular reproduction and development*, 90(7), 491-502.

LIPID METABOLISM INDICATORS IN SOW BLOOD UNDER THE INFLUENCE OF IRON AND GERMANIUM NANOCOMPOUNDS**O. O. Kovalchuk, V. A. Tomchuk, V. O. Danchuk,
S. V. Krawchuk, V. V. Karpovsky**

Abstract. *The relevance of the conducted research is determined by the lack of information in the available literature regarding the influence of iron and germanium nanoparticles on lipid exchange indicators in the plasma of sows. The aim of the study was to determine the effect of administering iron and germanium nanoparticles on lipid exchange indicators in the blood of sows before and after farrowing. The experiment was conducted on 24 large white sows, aged 2-3 years, which were divided into two groups (control and experimental). For ten days before farrowing, the sows in the experimental group were administered a complex of micronutrient compounds of iron – 3 mg/day and germanium – 0.01 mg/day. Blood plasma of the animals was used as material for the study, in which specific lipid exchange indicators were determined. The effect of farrowing on the content of triacylglycerols, non-esterified fatty acids, and total cholesterol in the blood plasma of animals was established ($F = 33.0-156.0 > FU = 2.9; P < 0.001$). Before farrowing, there is a restructuring of lipid metabolism in sows, characterized by a decrease in the content of triacylglycerols and total cholesterol, and an increase in the content of non-esterified fatty acids in the blood plasma. It was found that within a day before farrowing, the content of triacylglycerols decreases by 30.6% ($P \leq 0.001$), total cholesterol by 18.3% ($P \leq 0.01$), and non-esterified fatty acids increase by 1.5 times ($P \leq 0.001$). Administering iron and germanium nanoparticles significantly affects the content of triacylglycerols ($\eta^2_{\chi} = 0.53; P \leq 0.05$), total cholesterol ($\eta^2_{\chi} = 0.69; P \leq 0.01$), and non-esterified fatty acids ($\eta^2_{\chi} = 0.50; P \leq 0.05$) in the blood plasma of sows only on the day of farrowing. During this time, in the blood of sows administered metal nanoparticles, the content of triacylglycerols and total cholesterol is higher by 23.7% ($P \leq 0.05$) and 11.5% ($P \leq 0.01$), respectively, and the content of non-esterified fatty acids is lower by 9.2% ($P \leq 0.05$) compared to the indicators of animals in the control group. The prospects for further research lie in the development of modern methods to increase the productivity and resistance of sows using metal nanoparticles.*

Keywords: *pigs, metal nanoparticles, triacylglycerols, total cholesterol, non-esterified fatty acids*

УДК: 631.811.98:581.141:633.877

**ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ
МОДРИНИ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ В УМОВАХ БОТАНІЧНОГО САДУ
«ПОДІЛЛЯ»****С. А. ВДОВЕНКО**, доктор сільськогосподарських наук, професор**В. Д. ПАЛАМАРЧУК**, доктор сільськогосподарських наук, доцент**М. В. МАТУСЯК**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<https://orcid.org/0000-0001-8099-7290>**О. П. ТИСЯЧНИЙ**, кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач*Вінницький національний аграрний університет*Email: mikhailo1988@gmail.com[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.019](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.019)

***Анотація.** У статті висвітлені основні аспекти використання регуляторів росту при вирощуванні сіянців модрина європейської насіннєвим шляхом. У дослідному матеріалі статті проведено лабораторні дослідження, які мали на меті з'ясувати вплив різних концентрацій регуляторів росту на формування схожості та енергії проростання насіння модрина європейської.*

У результаті проведених досліджень було встановлено, що мінімальна концентрація агростимуліну також збільшила енергію проростання на 3,5 % та лабораторну схожість на 9,6 % порівняно з контролем.

Визначено, що використання більших концентрацій агростимулін (1 та 2 мл/л) призвело до збільшення енергії проростання відповідно на 7,8 % та 11,5 %, а також до збільшення схожості на 14,7 % та 20 %.

Досліджено, що концентрація 2,0 мл/л емістиму-С виявилась найбільш ефективною, збільшивши енергію проростання на 12,1 % порівняно з контрольним варіантом, лабораторна схожість досягла максимального значення також при концентрації 2 мл/л і перевищувала контроль на 15,9 %.

Під час дослідження виявлено, що збільшення концентрації розчинів ПАБК сприяє збільшенню енергії проростання та лабораторної схожості насіння модрина європейської. Найбільш виразний ефект спостерігається при концентрації 100 мг/л. і становить відповідно 59,6 % і 72,8 %.

З результатів дослідження видно, що розчини триману-1 у концентраціях 25 мг/л та 50 мг/л. позитивно впливають на енергію проростання збільшуючи її на 9 % та 9,9 % та лабораторну схожість насіння модрина європейської відповідно на 12,3 % та 13,9 %.

Також в ході проведених досліджень було визначено, що надмірні концентрації різних видів регуляторів росту давали незначний результат порівняно з контролем, що говорить про неефективність їх застосування.

***Ключові слова:** модрина європейська, насіння, триман-1, емістим-С, насіннєве розмноження, сіянці*

Актуальність. Модрина європейська (*Larix decidua* Mill.) представляє собою цінну породу, деревина якої широко використовується у лісовому господарстві. Наукові дослідження переконливо підтверджують перспективність її використання в лісових культурах, особливо в умовах свіжих грудів, виходячи за межі її ареалу розповсюдження. У змішаних насадженнях виявлено, що опад хвої модрини сприяє прискоренню мінералізації підстилки дуба звичайного та сосни звичайної, призводячи до збагачення ґрунту поживними речовинами і значного підвищення продуктивності деревостанів (Борисова, 2013).

Модрина є перспективною для плантаційного лісовирощування з метою задоволення потреб целюлозно-паперової та деревообробної промисловості. Однак введення її в лісокультурне виробництво затримується в значній мірі обмеженою доступністю садивного матеріалу. Зумовлюється це необхідністю проведення наукових досліджень щодо підвищення життєздатності насіння та ефективного виробництва високоякісного садивного матеріалу. Це можливо досягти за допомогою різних методів передпосівної обробки насіння, включаючи застосування регуляторів росту (Белеля, 2013)

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У регіональних умовах

вирощування садивного матеріалу модрини європейської виявляється проблематичним завданням, що потребує детального дослідження. Проведення таких наукових досліджень має важливе значення як у науковому, так і у практичному плані. Праці таких вітчизняних науковців як І. С. Нейко, М. В. Матусяк, О. Г. Василевський та ін. (Vasylevskyi, Neyko, Yelisavenko, Matusiak, 2021), надають науково обґрунтовані рекомендації щодо ефективного використання регуляторів росту при вирощуванні основних лісотвірних порід. Ряд наукових праць Борисової В.В. зосереджують свою увагу на вивченні впливу регуляторів росту на посівні якості насіння модрини європейської в умовах відкритого ґрунту (Борисова, 2002; Борисова, 2005).

Аналіз наукової літератури підтверджує, що тематика вирощування садивного матеріалу, генофонду та його агротехніки є актуальною як в Україні, так і на світовому рівні. Успішність адаптації рослин залежить від нових умов місцезростання, екологічної пластичності та кліматичних умов.

Дослідження О. Г. Василевського, З. М. Юрківа та інших науковців приділяють увагу оцінці потенціалу та сучасного стану використання модрини європейської в сучасному лісовідновленні та лісорозведенні (Блистів, Юрків,

Вдовенко С. А., Паламарчук В. Д., Матусяк М. В., Тисячний О. П.

Нейко, Матусяк, 2022; Vasylevskiy, Neuko, Yelisavenko, Matusiak, 2021).

Мета дослідження. З'ясувати вплив різних концентрацій регуляторів росту на формування схожості та енергії проростання насіння модрина європейської

Матеріали і методи дослідження. Досліди проводились у 2022-2023 рр. з метою вивчення впливу регуляторів росту на енергію проростання і схожість насіння модрина європейської. При проведенні досліджень використовувалися такі регулятори росту як: агростимулін (0,5 та 2 мл·л⁻¹), триман (50 мл·л⁻¹), фумар (0,0001 %) та пара-амінобензойна кислота (100 мл·л⁻¹).

В лабораторних умовах насіння модрина європейської фракцією більш 2,5 мм замочували у водних розчинах вказаних концентрацій протягом 18 годин. Потонуле насіння (4 повторності по 100 шт.) пророщували в чашках Петрі з підложкою з тирси та фільтрувального паперу в термостаті при температурі близько +25 °С з періодичним зволоженням. Облік пророслого насіння проводили на 5, 7, 10 та 14 день згідно ДСТУ 8558:2015 (Борисова, 2002).

Регулятори росту рослин використовувались для передсівбового замочування насіння. Насіння занурювалося в розчини регуляторів упродовж 18 годин, тоді як у контрольній групі проводилося

18-годинне замочування у воді. Потім занурене насіння висушувалося до стану сипучості, оброблялося фундазолом в кількості 5 г препарату на 1 кг насіння, і сіялося по 200 потенційно схожих насінин в посівні борозни. Догляд за посівами проводився стандартно.

У червні, під час інтенсивного росту, на контрольних посівах проводилося обприскування та полив сходів розчинами регуляторів росту. Обсяг розчину складав 0,2 л/п.м стрічки при обприскуванні та 2,0 п.м. стрічки при поливі.

Результати та їх обговорення. В якості контрольного зразка використовувалося насіння модрина, що вимочувалося у дистильованій воді упродовж 18 годин за $t = 20-24$ °С з врахуванням необхідності проведення підсушування упродовж кожної години по завершенню кожної доби проведення намочування (Белеля, 2013). За результатом досліджень показник технічної схожості для усіх препаратів був майже однаковий і коливався в межах 72,5-75,4 %, тоді як ґрунтова схожість під дією регуляторів росту коливалася в межах 70,6-85,7 %. Для порівняння вибірових середніх з метою встановлення істотної відмінності між ними використовували

Вдовенко С. А., Паламарчук В. Д., Матусяк М. В., Тисячний О. П.

контрольні показники відповідно норм якості (див. рис. 1).

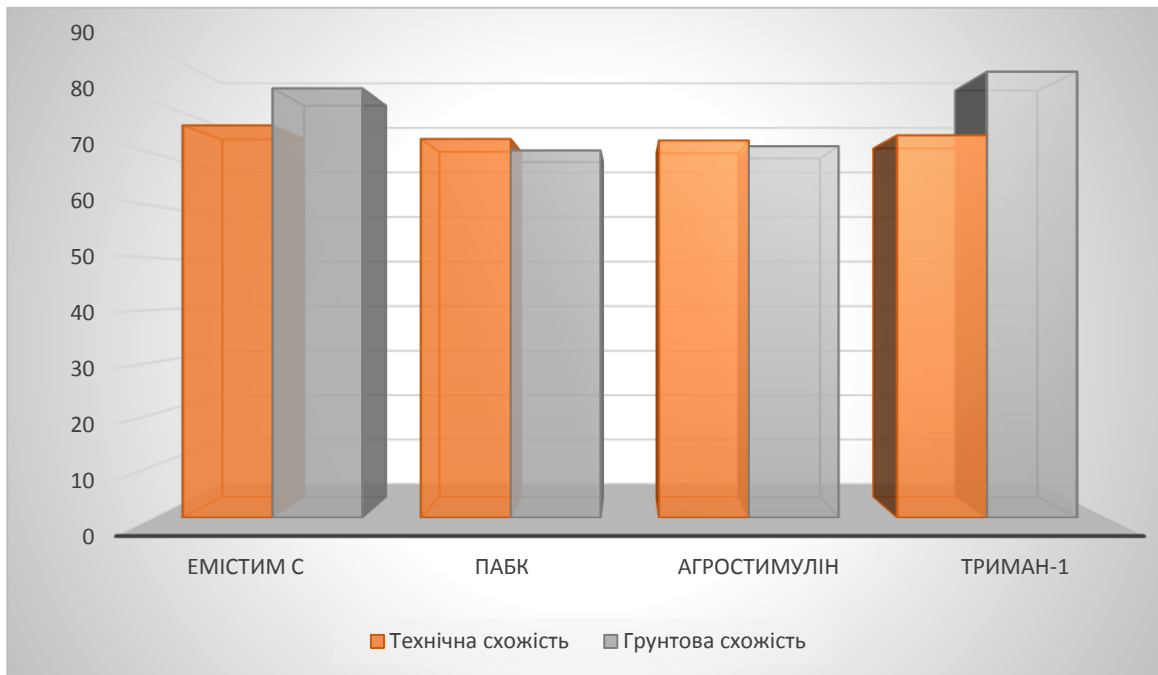


Рис. 1. Аналіз отриманих результатів технічної та абсолютної схожості насіння модрина європейської

Важливою метою вирощування якісного садивного матеріалу є досягнення підвищення рівня схожості насіння та покращення агротехніки вирощування рослин, а також зменшення собівартості отриманого садивного матеріалу. Для досягнення цього застосовуються різноманітні стимулятори росту, що підвищують рівень зростання сіянців, адже впливають на протікання фізіологічних процесів упродовж вирощування (Мацях, Крамарець, Гут, 2012).

Варто сказати, що мають бути облаштовані відповідні умови для проявів фізіологічної активності тканин насіння та забезпечення росту зародку. Це здійснюється за рахунок стратифікації, намочування,

гідротермічного впливу, піддавання дії ультрафіолетового випромінювання тощо. Вищезазначені способи дозволяють вплинути на них у стані спокою, проте, не гарантують високу приживлюваність та швидкий ріст сіянців.

Одним з важливіших напрямків підвищення ефективності вирощування садивного матеріалу є застосування регуляторів росту і розвитку рослин. У даний час велику увагу приділяють вивченню регуляторів росту нового покоління, ефективність яких доведена у сільськогосподарському виробництві.

При замочуванні насіння в розчинах агростимуліну (див. таблицю 1), спостерігалось

Вдовенко С. А., Паламарчук В. Д., Матусяк М. В., Тисячний О. П.

збільшення енергії проростання та лабораторної схожості на всіх варіантах порівняно з контролем. Мінімальна концентрація агростимуліну також збільшила енергію проростання на 3,5 % та лабораторну схожість на 9,6 % порівняно з контролем. Використання більших концентрацій агростимулін (1 та 2 мл·л⁻¹) призвело до збільшення енергії проростання на 7,8 % та 11,5 %

відповідно, а також до збільшення схожості на 14,7 % та 20 %. Концентрація 2,0 мл·л⁻¹ найбільш суттєво вплинула на посівні якості насіння. Проте з подальшим збільшенням концентрації препарату (до 4 мл·л⁻¹) не спостерігалось зростання енергії проростання та схожості, а навпаки, спостерігалось зниження цих показників.

1. Вплив різних концентрацій розчинів агростимуліну на посівні якості насіння модрина європейської

Концентрація	Енергія проростання		Лабораторна схожість	
	M±m, %	t _ф	M±m, %	t _ф
0,5 мл/л	39,2±1,45	0,75	62,1±1,1	4,55
1,0 мл/л	43,5±2,25	3,36	67,2±1,53	5,68
2,0 мл/л	47,2±1,98	4,51	72,5±1,56	7,34
4,0 мл/л	39,2±3,00	0,62	61,2±1,83	1,85
контроль	35,7±1,72	-	52,5±1,54	-

Примітка: t_{st}=1,98 (P=0,95); ; t_{st}=2,62 (P=0,99).

Під час досліджень використовувалися різні регулятори росту для насіння модрина європейської. Один з них – емістим-С, демонстрував позитивні результати при передвисівній обробці насіння.

Згідно з наведеними даними, використання регулятора росту емістим-С перед посівом насіння модрина європейської може позитивно вплинути на ріст та розвиток рослин (табл. 2).

2. Вплив різних концентрацій розчинів емістиму-С на посівні якості насіння модрина європейської

Концентрація	Енергія проростання		Лабораторна схожість	
	M±m, %	t _ф	M±m, %	t _ф
0,5 мл/л	47,8±2,18	0,55	67,5±1,67	2,97
1,0 мл/л	49,5±2,56	0,64	69,5±1,35	3,38
2,0 мл/л	57,8±2,10	2,41	75,4±1,86	2,27
4,0 мл/л	48,7±3,24	0,73	64,5±3,45	1,32
контроль	45,7±1,63	-	59,5±1,53	-

Примітка: t_{st}=1,98 (P=0,95); ; t_{st}=2,62 (P=0,99).

Вдовенко С. А., Паламарчук В. Д., Матусяк М. В., Тисячний О. П.

Концентрація 2,0 мл/л виявилась найбільш ефективною, збільшивши енергію проростання на 12,1 % порівняно з контрольним варіантом, лабораторна схожість досягла максимального значення також при концентрації 2 мл·л⁻¹ і перевищувала контроль на 15,9 %. Результати є достовірними на 5 % рівні значущості, за винятком максимальної концентрації емістиму-

С. Це може бути пов'язано з тим, що вищі концентрації можуть мати токсичний вплив на рослини.

Таким чином, можна зробити висновок, що використання емістиму-С може позитивно вплинути на ріст та розвиток модрина європейської, а оптимальна концентрація для передпосівної обробки насіння складає 2,0 мл·л⁻¹.

3. Вплив різних концентрацій розчинів ПАБК на посівні якості насіння модрина європейської

Концентрація	Енергія проростання		Лабораторна схожість	
	M±m, %	t _ф	M±m, %	t _ф
0,1 мг/л	45,6±2,27	0,18	59,8±2,15	-0,02
1 мг/л	49,6±2,32	1,1	63,5±1,84	0,32
10 мг/л	54,5±2,12	2,62	65,7±1,92	1,14
100 мг/л	59,6±1,95	4,20	72,8±2,15	3,94
контроль	45,7±1,62	-	59,3±1,47	-

Примітка: t_{st}=1,98 (P=0,95); ; t_{st}=2,62 (P=0,99).

Під час дослідження виявлено, що збільшення концентрації розчинів ПАБК сприяє збільшенню енергії проростання та лабораторної схожості насіння модрина

європейської. Найбільш виразний ефект спостерігається при концентрації 100 мл·л⁻¹. і становить відповідно 59,6 % і 72,8 %.

4. Вплив різних концентрацій розчинів триману-1 на посівні якості насіння модрина європейської

Концентрація	Енергія проростання		Лабораторна схожість	
	M±m, %	t _ф	M±m, %	t _ф
10 мг/л	47,5±1,55	0,11	61,4±2,54	0,28
25 мг/л	55,5±1,65	2,76	69,5±2,34	3,15
50 мг/л	58,8±2,12	1,26	73,5±1,87	1,85
100 мг/л	48,8±1,84	1,14	75,6±2,93	0,92
контроль	46,5±1,51	-	59,6±1,56	-

Примітка: t_{st}=1,98 (P=0,95); ; t_{st}=2,62 (P=0,99).

З результатів дослідження видно, що розчини триману-1 у концентраціях 25 мл·л⁻¹ та 50 мл·л⁻¹ позитивно впливають на енергію проростання збільшуючи її на 9 % та 9,9 % та лабораторну схожість насіння модрини європейської відповідно на 12,3 % та 13,9 %. Концентрації 10 мл·л⁻¹ та 100 мл·л⁻¹ не показали значимих відмінностей від контролю. Таким чином, можна зробити висновок, що оптимальна концентрація розчину триману-1 для покращення посівних якостей насіння модрини європейської – 50 мл·л⁻¹.

Висновки і перспективи.

У результаті проведених наукових досліджень було встановлено наступне:

1. При замочуванні насіння в розчинах агростимуліну, спостерігалось збільшення енергії проростання на 3,5 % та лабораторну схожість на 9,6 % порівняно з контролем.

2. Встановлено, що концентрація розчину емістиму-С 2,0 мл/л

Список використаних джерел

1. Блистів В.І., Юрків З.М., Нейко І.С., Матусяк М.В. Сучасний стан та ефективність використання постійної лісонасінневої бази Вінниччини. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 4 (27). С. 183-199.

2. Вещицький В.А. Проблеми застосування регуляторів росту при вирощуванні садивного матеріалу деревних порід. *Наукові доповіді Національного аграрного університету*. 2006. Вип. № 4 (5). С. 1-12.

3. Борисова В.В. Використання регуляторів росту при вирощуванні сіянців модрини європейської. *Лісівництво і*

демонструвала найкращі результати, збільшуючи енергію проростання на 12,1 %, порівняно з контрольним варіантом.

3. Виявлено, що збільшення концентрації розчинів ПАБК сприяє збільшенню енергії проростання та лабораторної схожості насіння модрини європейської. Найбільш виразний ефект спостерігається при концентрації 100 мг/л. і становив відповідно 59,6 % і 72,8 %.

4. З результатів дослідження видно, що розчини триману-1 у концентраціях 25 мг/л та 50 мг/л позитивно впливають на енергію проростання збільшуючи її на 9 % та 9,9 % та лабораторну схожість насіння модрини європейської відповідно на 12,3 % та 13,9 %.

5. Встановлено, що значні концентрації (50-100 мл·л⁻¹) використовуваних регуляторів росту не давали значного результату і майже не відрізнялися від контрольного варіанту.

агролісомеліорація. Харків, 2002. Вип. 100. С. 7-78.

4. Борисова В.В. Вирощування садивного матеріалу модрини європейської інтенсивними методами в умовах Лівобережного Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.03.01 «Лісові культури та фітомеліорація». Харків, 2005. 20 с.

5. Белеля С.О. Якісні показники насіння модрини в умовах Західного Полісся та Волинської височини. *Тези доповідей 63-ої наук.-техн. конф. професорсько-викладацького складу, наук. працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наук. діяльності у 2012 р.*

Вдовенко С. А., Паламарчук В. Д., Матусяк М. В., Тисячний О. П.

«Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем» 21-22 травня 2013 р. Львів: НЛТУ України, 2013. С. 9-14.

6. Мацяк І.П., Крамарець В.О., Гут Р.Т. Вплив стимуляторів росту на проростання насіння ялини звичайної. *Наук. вісник Нац. лісотех. ун-ту України: зб. наук.-техн. праць*. 2012. Вип. 22.5. С. 34-38.

7. Тараненко Ю.М. Вплив регуляторів росту рослин на посівну якість насіння сосни звичайної. *Вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2011. Ч. 3. С. 213-220.

8. Угаров В.М., Фатєєв В.В. Рекомендації з вирощування сіянців головних і цінних супутніх лісових порід у відкритому та закритому ґрунті. Харків: УкрНДЛГА, 2010. 14 с.

9. Honcharuk I., Matusyak M., Pansyreva H., Kupchuk I., Prokopchuk V., Telekalo N. Peculiarities of reproduction of *Pinus nigra* Arn. in Ukraine. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. 2022. Vol. 15 (64). № 1. P. 33-42.

10. Vasylevskyi O., Neyko I., Yelisavenko Y., Matusiak M. Characteristics of natural oak forests of in se «Khmilnytske lisove gospodarstvo» and implementation of measures for their regeneration. *Scientific Horizons*. 2021. № 24 (2). P. 37-46

Reference

1. Blystiv V.I., Yurkiv Z.M., Neiko I.S., Matusiak M.V. (2022). Current state and efficiency of using the permanent forest seed base of Vinnytsia region. *Agriculture and forestry*. № 4 (27). 183-199. [in Ukrainian].

2. Veshytskyi V.A. (2006). Problems of the use of growth regulators in the cultivation of tree planting material. *Scientific reports of the National Agrarian University*. Vyp. № 4 (5). 1-12. [in Ukrainian].

3. Borysova V.V. (2002). The use of growth regulators in the cultivation of European larch seedlings. *Forestry and agroforestry*. Kharkiv, Vyp. 100. 7-78. [in Ukrainian].

4. Borysova V.V. (2005). Growing of European larch planting material by intensive methods in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine: av-toref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. s.-h. nauk: spets. 06.03.01 «Lisovi kultury ta fitomelioratsiia». Kharkiv, 20. [in Ukrainian].

5. Belelia S.O. (2013). Qualitative characteristics of larch seeds in Western Polissya and Volyn Upland. *Abstracts of the 63rd scientific and technical conference of the faculty, researchers, doctoral students and postgraduate students on the results of scientific activities in 2012 "Scientific basis for increasing productivity and biological sustainability of forest and urban ecosystems"* May, 21-22 2013. Lviv: NLTU Ukrainy, 9-14. [in Ukrainian].

6. Matsiakh I.P., Kramarets V.O., Hut R.T. (2012). Influence of growth stimulants on the germination of spruce seeds. *Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine: a collection of scientific and technical papers*. Vyp. 22.5. 34-38. [in Ukrainian].

7. Taranenko Yu.M. (2011). The effect of plant growth regulators on the sowing quality of loblolly pine seeds. *Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. P. 3. 213-220. [in Ukrainian].

8. Uharov V.M., Fatieiev V.V. (2010). Recommendations for growing seedlings of main and valuable associated forest species in open and closed ground. Kharkiv: UkrNDILHA, 14. [in Ukrainian].

9. Honcharuk I., Matusyak M., Pansyreva H., Kupchuk I., Prokopchuk V., Telekalo N. (2022). Peculiarities of reproduction of *Pinus nigra* Arn. in Ukraine. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. Vol. 15 (64). № 1. 33-42. [in English].

10. Vasylevskyi O., Neyko I., Yelisavenko Y., Matusiak M. (2021). Characteristics of natural oak forests of in se «Khmilnytske lisove gospodarstvo» and implementation of measures for their regeneration. *Scientific Horizons*. № 24 (2). 37-46 [in English].

INFLUENCE OF GROWTH REGULATORS ON THE SOWING QUALITIES OF EUROPEAN LARCH SEEDS IN THE CONDITIONS OF THE BOTANICAL GARDEN «PODILLYA»**S. A. Vdovenko, V. D. Palamarchuk, M. V. Matusyak, O. P. Tysyachnyi**

***Abstract.** The article highlights the main aspects of the use of growth regulators in the cultivation of European larch seedlings by seed. In the research material of the article, laboratory studies were conducted to determine the effect of different concentrations of growth regulators on the formation of germination and germination energy of European larch seeds.*

As a result of the research, it was found that the minimum concentration of agrostimulin also increased germination energy by 3.5 % and laboratory germination by 9.6 % compared to the control.

It was determined that the use of higher concentrations of agrostimulin concentrations (1 and 2 ml/l) led to an increase in germination energy by 7.8 % and 11.5 %, respectively, and to an increase in germination rate by 14.7 % and 20 %.

It was found that the concentration of 2.0 ml/l of emistim-C was the most effective, increasing germination energy by 12.1% compared to the control variant, and laboratory germination reached its maximum value at a concentration of 2 ml/l and exceeded the control by 15.9%.

The study revealed that an increase in the concentration of PABA solutions contributes to an increase in germination energy and laboratory germination of European larch seeds. The most pronounced effect is observed at a concentration of 100 mg/l and is 59.6 % and 72.8 %, respectively.

The results of the study show that solutions of Triman-1 in concentrations of 25 mg/l and 50 mg/l have a positive effect on germination energy, increasing it by 9% and 9.9% and laboratory germination of European larch seeds by 12.3% and 13.9%, respectively.

Also in the course of the research, it was determined that excessive concentrations of different types of growth regulators gave insignificant results compared to the control, which indicates the ineffectiveness of their use.

Keywords: *European larch, seeds, triman-1, emistim-C, seed propagation, seedlings*

**ШКАЛА РЕКРЕАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ ПРИМІСЬКИХ ЛІСІВ МІСТА
ЛЬВОВА (НА ПРИКЛАДІ БРЮХОВИЦЬКОГО ЛІСНИЦТВА)
THE SCALE OF RECREATIONAL ASSESSMENT OF SUBURBAN
FORESTS IN LVIV (ON THE EXAMPLE OF BRIUKHOVYCHİ
FORESTRY)**

І. В. ШУКЕЛЬ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0002-9331-1523>

E-mail: shukel@ukr.net

Л. В. ГЛОГОВСЬКИЙ, аспірант, <https://orcid.org/0009-0003-1838-1753>

Національний лісотехнічний університет України

E-mail: glogovski@nltu.edu.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.020](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.020)

Анотація. За допомогою запропонованої авторами статті комплексної оцінки проведено дослідження рекреаційно-оздоровчих лісів міста Львова на прикладі Брюховицького лісництва. Представлена методика поєднує 29 показників, що об'єднані в блоки: атрактивність, комфортність, стійкість. Кожен із показників оцінено за 5-ти бальною шкалою (від 0 до 4). Методика поєднує екологічні, біологічні та антропогенні фактори. Розрахований середній бал комплексної оцінки за трьома блоками показників для насаджень Брюховицького лісництва становить – 2,7 що, вказує про середній ступінь рекреаційний потенціалу. Середній бал за показниками блоку атрактивності становить – 3,0, що свідчить про високий показник естетичності ландшафту. Першочергово це пов'язано із тим що досліджувані деревостани належать до категорії пристигаючих та стиглих які за даною методикою володіють високою декоративністю. Досліджувані деревостани є складними та багатоярусними за своїм складом, в окремих кварталах виділяються 3-4 окремі висотні яруси. Серед домінуючих порід варто відмітити наступні: *Pinus sylvestris* L., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth., *Quercus robur* L., *Q. rubra* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth., *Carpinus betulus* L., *Larix decidua* Mill., *Ulmus glabra* Huds. Через близькість до населених пунктів майже на всіх досліджуваних ділянках фіксувались механічні пошкодження дерев та певний відсоток засміченості території. Середній бал досліджуваних кварталів за показниками блоку комфортності становить – 2,7 що свідчить про середній показник який відображає рівень благоустрою та ступінь комфорту перебування рекреантів. Для більшої частини рекреаційно-оздоровчих лісів Брюховицького лісництва встановлено горбистий та хвилястий тип рельєфу. На показник комфортності перебування суттєво впливає фактор шуму, стан дорожньо-стежкової мережі та наявність турбуючих комах. За показниками блоку стійкості отримано середній бал аналогічний як і в блоці комфортності, а саме – 2,7. Потужність

Шукель І. В., Глоговський Л. В.

лісової підстилки у місцях активної рекреації характеризується незначним запасом, а місцями повною відсутністю. Найбільш стійкими до витоптування є деревостани за участю *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., та *Tilia cordata* Mill., середнім рівнем стійкості володіють *Fagus sylvatica* L., *Acer platanoides* L. та *Acer platanoides* L., а найменш витривалими є насадження за участю *Alnus incana* (L.) Moench. Дана методика комплексної оцінки є динамічною оскільки включає непостійні параметри, які залежать від часу дня та пори року і є придатною для використання протягом календарного року.

Ключові слова: коефіцієнт рекреаційної оцінки, аттрактивність, комфортність, рекреаційна стійкість, рекреаційна дигресія.

Актуальність. Одним із найбільш популярних місць для відпочинку міського населення є лісові масиви, як в межах міста так і на периферії. Проблема відпочинку містян у рекреаційно-оздоровчих лісах охоплює широке коло питань пов'язаних із зонуванням території зелених зон, плануванням та трансформацією природних фітоценозів, формування стійких до антропогенного навантаження ландшафтів.

Приміські ліси - як ліси які мають важливе рекреаційне призначення використовуються для різних видів тривалого та короткострокового відпочинку. Приміські та міські рекреаційно-оздоровчі ліси, є важливою функціональною частиною міста, яка відіграє важливу роль у міському розвитку. Приміські ліси є невід'ємною частиною міської зеленої інфраструктури, оскільки вони пропонують широкий спектр переваг, включаючи екосистемні та соціальні послуги, що значно покращують

якість антропогенізованих ландшафтів.

Насадження зелених зон міст відчувають значне рекреаційне навантаження. Забезпечити раціональне та ефективне використання різноманітних функцій рекреаційно-оздоровчого лісу можна лише шляхом правильної, науково обґрунтованої організації рекреації та ведення лісового господарства, з метою збереження середовищотвірних, водоохоронних, захисних, санітарно-гігієнічних, оздоровчих та інших корисних функцій лісів. Одним із основних напрямків цієї організації є комплексна оцінка рекреаційно-оздоровчих лісів.

Актуальною проблемою на сьогоднішній день є система сталого управління рекреаційно-оздоровчими лісами у зв'язку із урбанізаційними процесами розбудови великих міст таких як Львів. Біла Т. М. (2013) відзначила, що навантаження на рекреаційні лісові біогеоценози збільшується пропорційно зростанню міст.

Шукель І. В., Глоговський Л. В.

Як зазначив М.Р. Питуляк (2017) раціональне використання лісів для організації відпочинку складна проблема, що має великий науковий та практичний інтерес. Тому важливу роль відіграють роботи (Біла, 2013; Дубовіч, Фомічева, Васишин 2021; Генік та інші 2017) спрямовані на вивчення питань рекреаційного лісокористування з метою збільшення рекреаційної ємності насаджень, удосконалення лісівничих засад підвищення їх стійкості, визначення шляхів раціональної організації відпочинку та благоустрою приміських лісів, проблематики функціонування міських насаджень.

У сучасних дослідженнях (Суска, 2017; Padoa-Schioppa, Canedoli 2017) використовуються різні підходи та методики для оцінювання компонентів лісостану, проте, в загальних рисах вони приходять до подібних між собою висновків що вивчення лісових насаджень має бути комплексним і охоплювати не лише біологічні, але і екологічні та антропогенні аспекти. Зокрема, Т. Endreny (2017) у своїй роботі відзначив що, вирішальним фактором який впливає на функціонування приміських лісів виступає людина та зміни екосистеми викликані її діяльністю. На думку італійських науковців (Padoa-Schioppa, Canedoli, 2017) через глобальну зміну клімату необхідно переглянути існуючі методики якими

користуються у рекреаційному лісівництві.

Вивченням проблематики комплексної оцінки рекреаційно-оздоровчих лісів займались як українські так і зарубіжні вчені (Царик, Позняк 2016; Шукель, 2004; Mundher та інші, 2022). Накопичений ними досвід та обсяг знань значно полегшує роботу дослідників з оптимізації використання методик, які можна використати для оцінки територій відповідно до зростаючих вимог, які виникають при рекреаційному лісокористуванні. Більшість методик оцінки рекреаційно-оздоровчих лісів заснована на показниках лісової та ландшафтної таксації насаджень, (Гром, 2010) при цьому деякі з них (Генік та інші, 2017) додатково враховують антропокліматичні властивості лісу, однак у більшості випадків така оцінка має економічну спрямованість. Проте, за комплексної оцінки варто також звертати увагу на ряд інших характеристик вкритих лісом ділянок, такий як – декоративність, колористика, санітарно-гігієнічні властивості, доступність та упорядкованість території, рекреаційна стійкість. **Метою** нашого дослідження є комплексна оцінка рекреаційно – оздоровчих лісів Львова, із застосуванням методики, яка спрямована в першу чергу на дослідження декоративних якостей,

Шукель І. В., Глоговський Л. В.

атрактивності та комфортності для перебування рекреантів.

Біла Т. М. (2013) зауважила що позитивна дія лісу на індивіда залежить від біжучого приросту за запасом та атрактивності лісової ділянки, яка, в свою чергу, залежить від віддаленості ділянки до найближчої житлової забудови, попиту на основну функцію насадження, естетико-декоративні якості ділянки та емоційний вплив на рекреанта.

Одним із перспективних напрямів сучасної науки є вивчення атрактивності, декоративності рослинних угруповань та рекреаційних властивостей ландшафтів. Необхідність дослідження естетичних властивостей ландшафтів було закладено у роботах науковців С. А. Генсірука (1973) та Є. А. Репшаса (1985) ще із другої половини ХХ століття. Із поступовим розвитком сучасних технологій та геоінформаційних систем у ХХІ столітті виникли нові підходи до вивчення атрактивності ландшафтів. Питання естетики природних об'єктів завжди цікавили людину, проте, в умовах сучасного прогресуючого антропогенного пресу на природні території, вивчення властивостей ландшафтів, здатних задовольняти духовно-естетичні потреби людей, стає по-справжньому важливою проблемою. Як зазначає В. М. Петлін (2019) естетика ландшафту –

напрямок ландшафтознавства, що вивчає красу, мальовничість природних та природно-антропогенних ландшафтів, та особливості їх естетичного сприйняття і оцінки. Під «естетичними властивостями» розуміються об'єктивні якості ландшафтів та рослинних угруповань, як без втручання людини, так із її участю.

Атрактивність (від лат. *attrahere* – приваблює) – властивість ландшафтів, що свідчить про їхню рекреаційну цінність. Атрактивність природно-рекреаційних ресурсів – інтегральний показник, який комплексно враховує всі сторони здатності приваблювати рекреанта. Оцінку цього показника можна вирахувати за критеріями: декоративність, унікальність, естетичність, комфортність тощо (Петлін, 2017). У деяких дослідженнях (Суска, 2017; Padoa-Schioppa 2017) помічено що, приміські та міські зелені насадження, в тому числі міські ліси та лісопарки, допомагають підтримувати як фізичне так і психологічне здоров'я жителів міста. Нещодавно, пандемія обмежила подорожі до багатьох країн проте прогулянки для людей в безпосередній близькості від їхнього місця проживання часто все ще було дозволені. За цих обставин приміські рекреаційно-оздоровчі ліси забезпечили шлях доступу до

Шукель І. В., Глоговський Л. В.

природи для багатьох мешканців міста, їхніх дітей та домашніх улюбленців.

Методи та матеріали дослідження. Брюховичі – це селище міського типу, розташоване на північний захід від Львова, в межах Шевченківського району міста. Комплексна оцінка на території

Брюховицького лісництва була проведена влітку 2023 у таких кварталах: 1, 9, 25, 29, 39, 45, 51, 54, 60, 61 (таблиця 1). Підбір ділянок для дослідження проводився таким чином щоб охопити всю територію лісництва, із врахуванням віддаленості від населеного пункту та стадії рекреаційної дигресії.

1. Лісівнича характеристика насаджень на пробних площах

№ кв/ вид	Склад	Лісорослинні умови	А, роки	Н, м	Д, см	Площа-га	Бонітет	Повнога	Стадія РД
1/6	7Сз2Бкл1Яв+Ясз, Лпд, Бп,Дз,	Дз	80	24	32	5	I	0,7	Ш
9/25	7Гз3Лпд	Дз	60	22	24	0,5	ІА	0,8	ІV
25/1	3Дз2Яле1Гз1Яв1Яз1Сз1Клг+ Мде,Бп,Влч	Дз	70	23	28	12	I	0,8	I
29/26	4Мде3Гз1Яз1Влч1Яв	Д2	85	23	34	0,7	I	0,75	II
39/5	7Сз1Яле1Бп1Гз	Дз	60	24	30	2,8	ІБ	0,7	II
45/8	4Влс2Гз1Яз1Яв1Вб1Ябл	Дз	75	22	60	0,7	ІА	0,7	II
51/1	8Мде1Бп1Гз+Бкл,Яв, Клг,Вязш,Влч	Дз	70	20	24	5,4	I	0,65	II
54/6	3Дз3Гз1Яз1Бп1Ос1Вб+ Влч	Д2	120	30	48	1,3	I	0,9	I
60/2	6Гз2Бкл1Бп1Влч+Дз,Ос	Д2	85	29	48	1,3	I	0,6	I
61/4	4Клг2бкл2Гз2Бп	Д2	80	28	40	4,9	I	0,9	I

Примітка: РД – рекреаційна дигресія

У дослідженнях використано розроблений авторами статті метод комплексної оцінки рекреаційно-оздоровчих лісів за 29 показниками що відображають основні кількісні та якісні показники і об'єднані в блоки: атрактивності, стійкості та комфортності перебування. Методика дає можливість оцінити рекреаційний потенціал рекреаційно-оздоровчих лісів у різних природних та кліматичних умовах за допомогою

системного підходу. При розробці методики враховано біологічні та екологічні фактори. Оцінювання проводиться за 5-ти бальною системою, де 0 – найменший бал а 4, – найбільша оцінка, яку може отримати насадження за певним показником. Зокрема: атрактивність насаджень визначалась за віком, породним складом, висотою, вертикальною та горизонтальною структурою, запасом, бонітетом,

Шукель І. В., Глоговський Л. В.

проглядністю, декоративністю, ступенем рекреаційного порушення, засміченістю, та санітарним станом; комфортність за рельєфом, вологістю лісорослинних умов, станом дорожньо-стежкової мережі, прохідністю, наявністю турбуючих комах, рівнем благоустрою та шумом; стійкість за віком, наявністю підросту та підліску, стійкістю нижніх ярусів, потужністю лісової підстилки та дернини, водним режимом ухилом поверхні та стійкістю до витоптування головної породи.

Лісівничі показники визначались за апробованими у лісознавстві методичними прийомами (Гром, 2010). Лісотаксаційні параметри підросту визначалися методом вибіркового перерахунків на закладених облікових майданчиках розміром 2×2 м Стадія рекреаційних дигресій визначались відповідно до прийнятих методик (Шукель 2004). Об'єкти дослідження підбиралися з таким розрахунком, щоб виявити реакцію кожного компонента лісу на

рекреаційне навантаження різної інтенсивності.

Результати дослідження та їх обговорення. Головною ідеєю запропонованого підходу виступає біоекологічний метод оцінювання насаджень за максимально можливою кількістю показників, які охоплюють живу та неживу природу.

Досліджувані деревостани є складними та багатоярусними за своїм складом. Серед домінуючих порід варто відмітити наступні: *Pinus sylvestris* L., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth., *Quercus robur* L., *Q. rubra* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth., *Carpinus betulus* L., *Larix decidua* Mill., *Ulmus glabra* Huds. Дані оцінювання наведено на рисунку 1. Розрахований загальний середній бал комплексної оцінки за трьома блоками показників для насаджень Брюховицького лісництва становить – 2,7, що вказує про середній ступінь рекреаційний потенціалу.

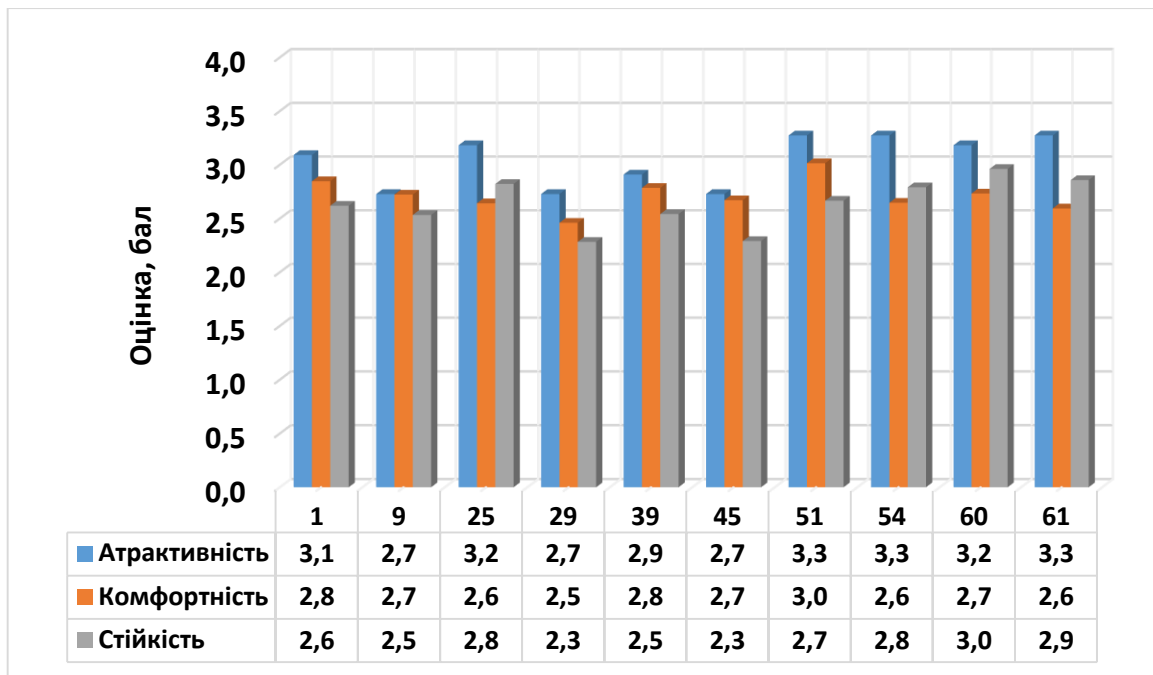


Рис. 1. Комплексна оцінка рекреаційно-оздоровчих лісів Брюховицького лісництва

Показник естетичності є досить динамічним і проблемним для оцінювання у порівнянні із іншими показниками, оскільки змінюється залежно від часу доби, погодних умов та пори року. Результати оцінювання атрактивності показані на рисунку 2. Середній бал досліджуваних кварталів становить – 3,0, що свідчить про високу ступінь естетичності рекреаційно-оздоровчих насаджень.

Досліджувані деревостани відносяться до категорії пристигаючих та стиглих, такі

насадження оцінюються найвищим балом через свою привабливість та декоративний вигляд який формують потужні крони та великі стовбури, висотою 20-30м, що пропускають під намет небагато сонячного проміння та суттєво знижують швидкість вітру, підвищують вологість повітря формуючи оптимальні умови для рекреантів. Різне поєднання колірної гами панівних деревних порід позитивно впливає на психіку людини що викликає зміну тонусу нервової системи у рекреантів.

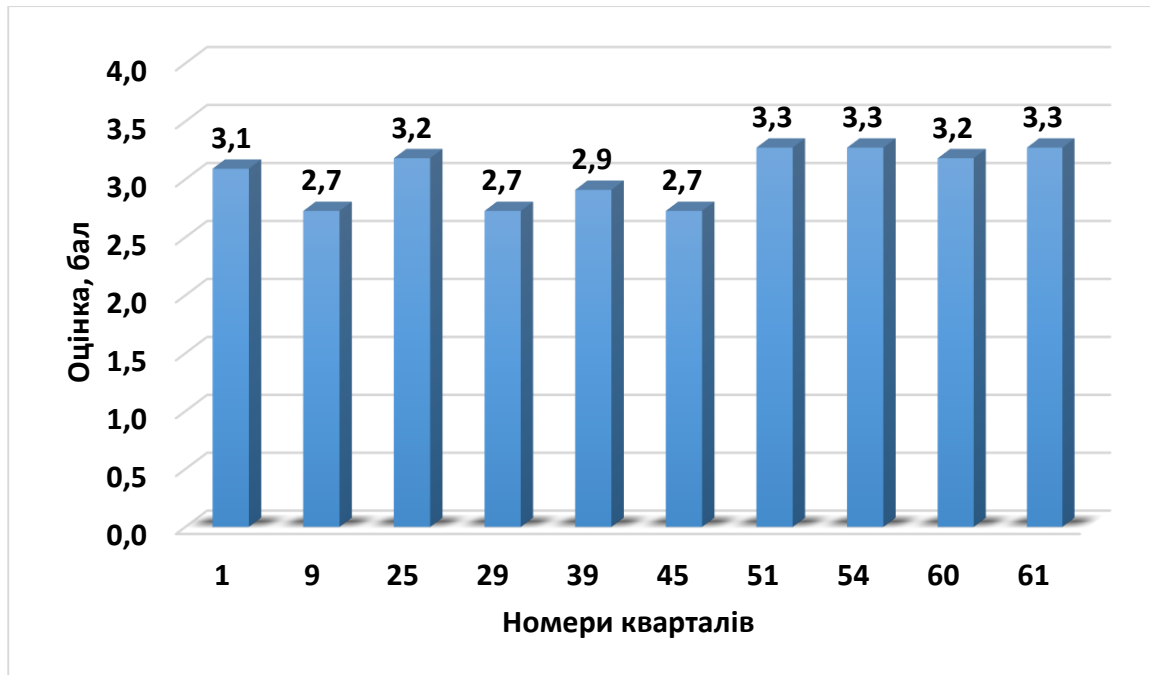


Рис. 2. Атрактивність рекреаційно-оздоровчих лісів Брюховицького лісництва

На кінцеву оцінку при визначенні атрактивності суттєво впливають показники засміченості, санітарного стану та стадії рекреаційної дигресії. Через близькість до населених пунктів майже на всіх досліджуваних ділянках фіксувались механічні пошкодження дерев та певний відсоток засміченості території. Це стосується кварталів № 1, 9, 39 та 45, які межують із щільною забудовою що негативно вплинуло на їхню оцінку яка становила від 0 до 1 бала.

В свою чергу на ділянках віддалених від доріг та поселень, а саме у 25, 60 та 61 кварталах сміття та механічні пошкодження фіксувались поодинокі і не системно, тому оцінювалось найбільшим балом – 4.

Дані опису показника блоку комфортності вказані на Рис 3. Середній бал досліджуваних кварталів становить – 2,7, що свідчить про середній показник, який вказує на рівень благоустрою та комфорту перебування рекреантів.

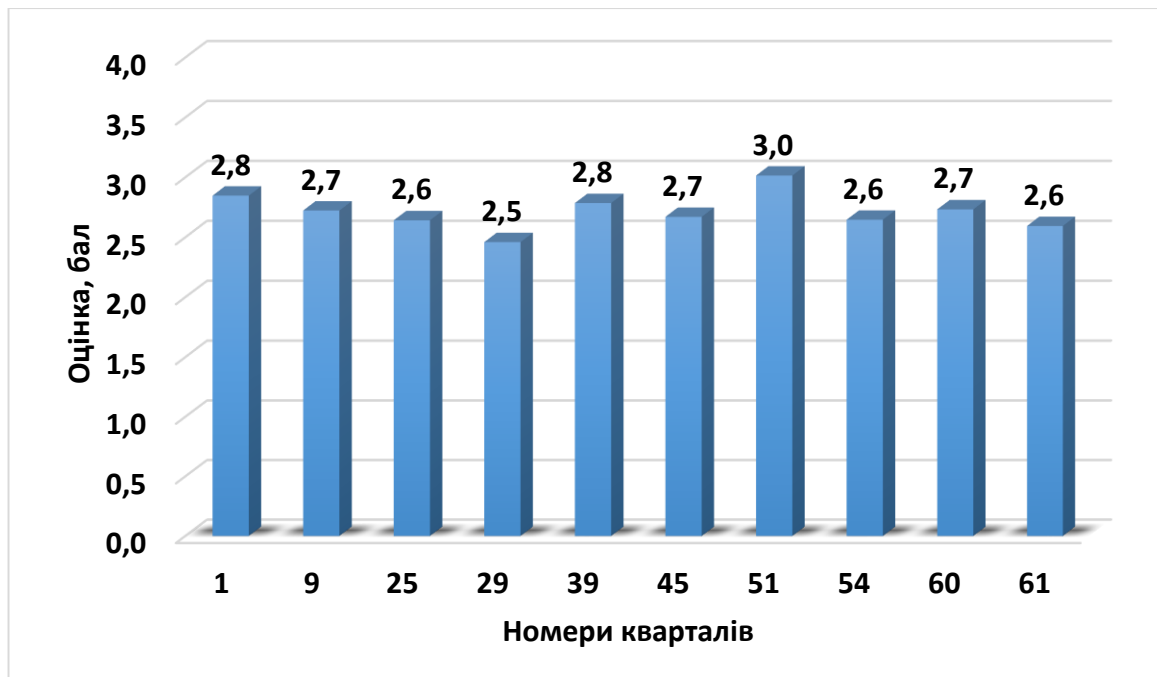


Рис. 3. Комфортність рекреаційно-оздоровчих лісів Брюховицького лісництва

Оцінки більшості показників становлять від 2,5 до 3,0. На показник комфортності перебування суттєво впливає фактор шуму, стану дорожньо-стежкової мережі та турбуючих комах. У кварталах, які розташовані поблизу населених пунктів стан дорожньо-стежкової мережі оцінюється у 2 бали, із заглибленням у ліс середній бал знижується до 0-1. Через високий рівень шуму перебування у кварталах №1, 29 та 45 кварталах не є оптимальним для тривалої рекреації, а є сприятливим лише для коротких прогулянок. Наявність турбуючих комах залежить від пори року та близькості відкритих водойм і перезволожених місць. У наших дослідженнях у 25 та 54 кварталах виявлено струмки та перезволожені місця, що суттєво

знизило їх бал а тривале перебування є некомфортним для рекреантів.

Для більшої частини рекреаційно-оздоровчих лісів Брюховицького лісництва встановлено горбистий та хвилястий тип рельєфу, а у 60-61 кварталах яружно-балковий який є досить привабливим, проте погано придатний для рекреаційної діяльності. Середня оцінка комфортності рекреаційно-оздоровчих лісів за показником «рельєф» становить – 2 бали і характеризуються як помірно-придатні для активної рекреації.

Стійкість рекреаційно-оздоровчих лісів є показником, який характеризує довговічність та стан природного відновлення під впливом рекреаційного навантаження. Результати оцінки стійкості наведені на рис.4.

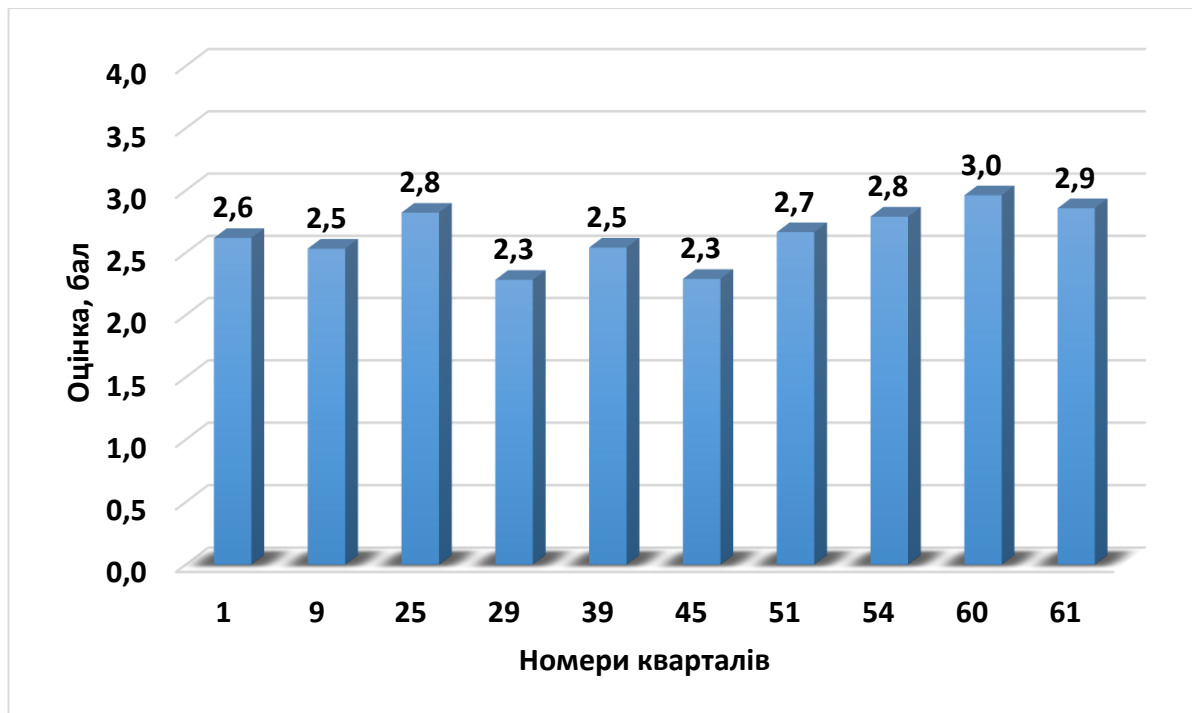


Рис. 4. Стійкість рекреаційно-оздоровчих лісів Брюховицького лісництва

Стійкість живого надґрунтового покриву, підросту та підліску на досліджуваних площах оцінюється відповідно від рівня рекреаційної дигресії. У кварталах, які перебувають на III-IV стадії стійкість нижніх компонентів лісу оцінюється на 1 - 2 бали, а успішність природного поновлення як – недостатнє. Верхні горизонти ґрунту помітно ущільнені, а їхні фізико-хімічні властивості відмінні від таких же у ґрунтів, що перебувають у непорушеному стані. Внаслідок цього відбувається зміна умов місцезростання та видовий склад рослин. На площах, які перебувають на I-II стадії рекреаційної дигресії середній бал стійкості становить – 3,7 що є досить високим показником і свідчить про незначний рівень втручання людини. Стан підліску характеризується як

«добрий», а природне поновлення як «надійне». У насадженнях, що перебувають на III-IV стадіях рекреаційної дигресії на зміну лісовим та лісо-луговим видам, нестійким до витоптування, впроваджуються лісові бур'яни та лугові види, з підвищеною стійкістю до рекреаційного пресу та низькими декоративними якостями.

Лісова підстилка зазнає значних змін внаслідок витоптування. Вона ущільнюється, перетирається та виноситься із площі разом із взуттям рекреантів. Потужність лісової підстилки у місцях активної рекреації характеризується незначним запасом, а місцями повною відсутністю. Це характерно для кварталів 45 та 51. Їхня стійкість оцінюється від 0 до 1 балу. У 60 та 61 кварталі потужність

Шукель І. В., Глоговський Л. В.

лісової підстилки становить від 3 до 5 сантиметрів і оцінюється на 3 бали.

За своїми біологічними особливостями деревні породи неоднаково реагують на тривале витоптування. Найбільш стійкими та толерантними до витоптування є *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., та *Tilia cordata* Mill. Ці деревні види є панівними у 1, 25, 54 та 39 кварталах, оцінка їх стійкості становить 4 бали. Лісостани за участю *Fagus sylvatica* L., *Acer platanoides* L. та *Acer platanoides* L., як панівних видів у 9, 60 та 61 кварталі є середньо стійкими в умовах тривалого витоптування, оцінка їх стійкості становить 3 бали. *Larix decidua* Mill., *Fraxinus excelsior* L. та *Betula pendula* Roth., які ростуть у 29, 51 відносяться до відносно стійких видів і оцінюються у 2 бали. *Alnus incana* (L.) Moench, яка приурочена до сирих та мокрих умов місцезростання, формує перший ярус у кварталі 45 відноситься до нестійких деревних видів, які не витримують тривалого витоптування і її стійкість оцінюється в 0 балів.

Досліджувані рекреаційно-оздоровчі ліси Брюховицького лісництва протягом року зазнають впливу різних видів рекреації, в наслідок чого певні лісові виділи деградують. І в кінцевому результаті це може призвести до незворотних наслідків.

Як зазначає В.М. Петлін (2019) діючі нині лісотаксаційні методики мають ряд недоліків, а саме:

- не враховує транспортної доступності лісової ділянки;

- не враховує фізіологічного впливу лісу на людину;

-допускає суб'єктивну оцінку таксатором деяких показників, що підтверджується невідповідністю оцінки, що виставляється. Так, наприклад, при оцінці прохідності лісової ділянки, згідно з діючих методикою, хорошу прохідність мають ділянки з крутизною поверхні не більше 5⁰. Однак у матеріалах ландшафтної таксації зустрічаються виділи з оцінкою прохідності «хороша» та крутістю схилу понад 20⁰, що свідчить про суб'єктивність сприйняття таксатором. У нашій методиці для більш коректного визначення даного показника додано критерій «тип лісопаркового ландшафту» який в комплексі дає більш об'єктивний результат.

У наукових працях (Геник та інші, 2017; Шукель, 2004) відмічене істотний негативний вплив на лісові насадження, що виникає в результаті тривалого рекреаційного використання. Це викликає рекреаційну дигресію у всіх компонентах насаджень, від живого надґрунтового покриву до деревостану. Згідно отриманих даних у деяких кварталах які інтенсивно використовуються людьми для рекреації зафіксовано III-IV стадію рекреаційної дигресії яка призвела до суттєвої деградації фітоценозу.

Шукель І. В., Глоговський Л. В.

Згідно із дослідженнями В.П. Брусака (2018) у непорушених екосистемах трав'яний покрив зімкнутий, а його склад пов'язаний із освітленістю та характером мікрорельєфу. У такому фітоценозі фіксуються види рослин, характерні для корінних угруповань. Залежно від інтенсивності рекреаційного впливу видовий склад трав'яного покриву змінюється. У сильно порушених угрупованнях загальна кількість видів становить 12-16, що в 2-3 рази менше, ніж на контрольних ділянках. Однак при середньому та низькому рівні рекреаційного навантаження число видів може зростати порівняно з контролем через самосів бур'янів. У наших дослідженнях підтверджується думка автора і відзначається зміна складу та проективного вкриття залежно від рекреаційного впливу та рівня дигресії. На ділянках які зазнають надмірного навантаження (1 та 9 квартали) переважають стійкі до витоптування але не декоративні види.

Із збільшенням ступеня дигресії збільшується засміченість території побутовим сміттям, яке виявлено в рекреаційно-оздоровчих лісах Брюховицького лісництва майже у всіх кварталах. Як зазначає І.В. Шукель (2004) це свідчить про недостатню екологічну культуру рекреантів та невисокий рівень ведення рекреаційного лісокористування в лісництві.

Наші дослідження аналогічні твердженням А.А. Суска (2017), про те, що лісові насадження окрім екологічного потенціалу мають потужний соціальний потенціал який проявляється у здатності лісу виконувати соціальне замовлення конкретних природних територій щодо потреб людини в сприятливих умовах для життєдіяльності.

В дослідженнях (Simkin, Ojala, Turvainen, 2020) які проводились у хвойних різновікових лісах Фінляндії встановлено прямий зв'язок між типами лісу та їхніми відновлювальними властивостями (відчуття спокою, відновлення життєвих сил, бадьорість, естетичний ефект, позитивні емоції). Закладено 4 пробні ділянки у: міському рекреаційному лісі; зрілому експлуатаційному лісі; молодому експлуатаційному лісі та старовіковому природному лісі. Відзначено що всі 4 лісові ділянки були ефективним середовищем для відновлення сил рекреантів. Але, варто відзначити що найбільший терапевтичний ефект мають старовікові природні та експлуатаційні ліси, дещо менший вплив мають міські рекреаційні ліси, і найменший показник спостерігається у молодих експлуатаційних лісах створених методом культур. Порівнюючи ці дані із отриманими у результаті дослідження Брюховицького лісництва показниками можна зробити

Шукель І. В., Глоговський Л. В.

висновок що середньовікові та багатоярусні насадження, які переважають в Брюховицькому лісництві, володіють середнім відновлювальним ефектом, а завдяки фітонцидності деяких порід, цілком підходять для лікувальних та профілактичних заходів.

На досліджуваній території Брюховицького лісництва виявлено недостатню кількість елементів благоустрою, та слаборозвинену дорожньо-стежкову мережу що призводить до безконтрольного витоупування великих площ та пошкодження деревостану рекреантами. Наявні лише в невеликій кількості пікнікові столи, навіси, та урни для сміття. Як стверджує Т.М. Біла (2013) проведення додаткових заходів з благоустрою території здатне підвищити якість насаджень і в свою чергу підвищити рекреаційну цінність. Проте, необхідно відзначити, що насадження рекреаційно-оздоровчих лісів Львова характеризуються середнім класом ландшафтно-рекреаційної оцінки, що обумовлює зменшення фінансових затрат на благоустрій території.

Висновки і перспективи.

Запропонована методика комплексної рекреаційної оцінки рекреаційно-оздоровчих лісів, що заснована на взаємозв'язку властивостей окремих компонентів насаджень з екологічними функціями дозволяє розрахувати рекреаційний потенціал

лісових насаджень. Методика містить в собі 29 показників розділені на блоки: атрактивність, комфортність та стійкість. Кожна з трьох груп ознак має однакову вагу у комплексній оцінці лісопокритих ландшафтів у лісах рекреаційного призначення. Кожна з груп представлена оцінкою території дослідження за набором певних ознак. Значення комплексної рекреаційної оцінки коливається від 0 до 4, причому чим ближче значення до 4 – тим більшу рекреаційну цінність та потенціал має лісова ділянка.

Апробація методики комплексної оцінки проведена у рекреаційно-оздоровчих лісах Брюховицького лісництва Встановлено, що узагальнені показники для блоку атрактивності – 3,0; для блоку комфортності – 2,7 та для блоку стійкості – 2,6. Ці показники свідчать про те, що рекреаційно-оздоровчі ліси Брюховицького лісництва за комплексною оцінкою у 2,7 володіють середнім рекреаційним потенціалом та є придатними для організації активного відпочинку місцевих жителів.

Рельєф території дослідження визначено як горбистий та хвилястий. Ці типи рельєфу володіють високими естетичними властивостями, насадження формують закриті та напіввідкриті простори, які є оптимальними для тихого відпочинку.

Стійкість всіх компонентів лісу залежить від ступеня рекреаційних дигресії, у кварталах, які розташовані неподалік від місць відпочину та житлової забудови визначено III-IV стадії дигресії, їх середній бал становить - 1,5, а стійкість насаджень, які перебувають на I-II стадії дигресії оцінюються у 3,7, це вказує на прямий зв'язок між рівнем рекреаційної дигресії та ступенем деградації насаджень. При I та II стадіях дигресії рекреаційні ліси майже повністю зберігають характерні для природних та непорушених лісів ознаки, та перебувають у рівновазі і відповідно оцінюються найвищим балом. При зростанні стадії рекреаційної дигресії до показників IV-V лісовий фітоценоз

Список використаних джерел

1. Біла Т. М. Аналіз природно-рекреаційного потенціалу приміської зони Львова. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2013. №46. С. 28–36. DOI:

<http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2013.46.1365>

2. Брусак В. П. Методичні аспекти дослідження рекреаційної дигресії мікрорельєфу туристичних маршрутів. Проблеми геоморфології та палеогеографії Українських Карпат та прилеглих територій. 2018. Вип. 1 (8). С. 109–122.

3. Дубовіч І. А., Фомічева Т. Є., Васишин Х. Р. Сучасні проблеми та перспективи розвитку екологічного туризму на території лісового фонду Українських Карпат. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Економічні науки. 2021. №46. С. 76–80. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2021-44-11>

4. Гром М. М. Лісова таксація : підручник. Львів : РВВ НЛТУ України, 2010. 416 с.

5. Генік Я. В., Дудин Р. Б., Дида А. П., Марутяк С. Б., Каспрук О. І.

майже повністю деградує, змін зазнають всі компоненти, із нього випадають характерні лісові види, підлісок та підріст пригнічений або відсутній, а дерева мають ознаки ослаблення та механічні пошкодження, відповідно такі ділянки не мають суттєвого рекреаційного потенціалу і за методикою оцінюються найменшим балом.

У підсумку слід зазначити, що запропонована методика комплексної рекреаційної оцінки рекреаційно-оздоровчих лісів є динамічною, оскільки включає змінні параметри і є придатною для використання протягом календарного року у різних географічних та кліматичних умовах. Трансформаційні процеси в лісопаркових і паркових насадженнях урбанізованих екосистем заходу України. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(10). С. 9–15. <https://doi.org/10.15421/40271001>

6. Петлін В. М. Гармонія організованості природних територіальних систем : монографія / В. М. Петлін. – Луцьк : Вид. центр СЛУ ім. Лесі Українки, Простір–М, 2019. – 516 с.

7. Питуляк М.Р., Питуляк М.В. Особливості рекреаційного лісокористування в Тернопільській області. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2017. №2. С. 185-190.

8. Суска А.А. Визначення і обґрунтування соціально-екологічного потенціалу лісу в контексті становлення ринку соціально-екологічних послуг. Глобальні та національні проблеми економіки, 2017. — Вип. 20. — С. 727–729.

9. Царик Л. Р., Позняк І. В. До проблем озеленення і паркових комплексів у функціонуванні урбоекосистеми Тернополя. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2016. №1(40). С. 263-270.

Шукель І. В., Глоговський Л. В.

10. Шукель, І. В. (2004). Рекреаційні дигресії соснових насаджень Решуцького лісництва у зеленій зоні міста Рівне. Науковий вісник НЛТУ України, 14(6), 102–107.

11. Padoa-Schioppa, E., & Canedoli, C. Urban forests and biodiversity. In *Routledge Handbook of Urban Forestry*, 2017 (pp. 123–135). Routledge.

12. Mundher, R.; Abu Bakar, S.; Al-Helli, M.; Gao, H.; Al-Sharaa, A.; Mohd Yusof, M.J.; Aziz, A. Visual Aesthetic Quality Assessment of Urban Forests: A Conceptual Framework. *Urban Sci.* 2022, 6, 79. <https://doi.org/10.3390/urbansci6040079>

13. Endreny, T., Santagata, R., Perna, A., De Stefano, C., Rallo, R. F., & Ulgiati, S. Implementing and managing urban forests: A much needed conservation strategy to increase ecosystem services and urban well-being. *Ecological Modelling*, 2020 360, 328–335. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.07.016>

14. Simkin, J.; Ojala, A.; Tyrväinen, L. Restorative effects of mature and young commercial forests, pristine old-growth forest and urban recreation forest—A field experiment. *Urban. For. Urban. Green.* 2020, 48, 126567. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126567>

References

1. Bila, T.M. (2013). Analysis of the natural and recreational potential of the suburban area of Lviv. *Bulletin of Lviv University. The series is geographical*, (46), 28–36. [In Ukrainian]. URL: <https://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/geography/article/view/1365/1425>

2. Brusak, V. P. (2018). Methodical aspects of the research of recreational digression of the microrelief of tourist routes. Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories, 8(1), 109–122.

3. Dubovich, I. A., Fomicheva, T. E., & Vasylyshyn, H. R. (2021). Modern problems and prospects for the development of ecological tourism in the territory of the forest fund of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Economic Sciences Series*, (46), 76–80.

4. Grom, M. M. (2010). Forest taxation. *RVV NLTU of Ukraine*.

5. Henyk, Ya. V., Dudyn, R. B., Dyda, A. P., Marutyak, S. B., & Kaspruk, O. I. (2017). Transformation Processes in Forest Park and Park Plantings of Urbanized Ecosystems of Western Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(10), 9–15. <https://doi.org/10.15421/40271001>

6. Petlin, V. M. (2019). Harmony of organization of natural territorial systems: monograph. Kind. center of SNU named after Lesi Ukrainka, Prostir–M.

7. Pitulyak, M. R., & Pitulyak, M. V. (2017). Peculiarities of recreational forest use in the Ternopil region. *Scientific notes of TNPU named after V. Hnatyuk. Series: Geography*, (2), 185–190.

8. Suska, A. A. (2017). definition and substantiation of the social-ecological potential of the forest in the context of the formation of the market of social-ecological services. *Global and National Economic Issues*, (20), 727–729.

9. Tsaryk, L. R., & Pozniak, I. V. (2016). To the problems of landscaping and park complexes in the functioning of the urban ecosystem of Ternopil. *Scientific notes of TNPU named after V. Hnatyuk. Series: Geography*, 40(1), 263–270.

10. Shukel, I. V. (2004). Recreational digressions of pine plantations of the Reshutsky Forestry in the green zone of the city of Rivne. *Scientific Bulletin of UNFU*, 14(6), 102–107.

11. Padoa-Schioppa, E., & Canedoli, C. (2017). Urban forests and biodiversity. In *Routledge Handbook of Urban Forestry* (pp. 123–135). Routledge.

12. Mundher, R., Abu Bakar, S., Al-Helli, M., Gao, H., Al-Sharaa, A., Mohd Yusof, M. J., ... & Aziz, A. (2022). Visual Aesthetic Quality Assessment of Urban Forests: A Conceptual Framework. *Urban Science*, 6(4), 79. <https://doi.org/10.3390/urbansci6040079>

13. Endreny, T., Santagata, R., Perna, A., De Stefano, C., Rallo, R. F., & Ulgiati, S. (2017). Implementing and managing urban forests: A much needed conservation strategy to increase ecosystem services and urban well-being. *Ecological Modelling*, 360, 328–335. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.07.016>

14. Simkin, J., Ojala, A., & Tyrväinen, L. (2020). Restorative effects of mature and young commercial forests, pristine old-growth forest and urban recreation forest-A field

experiment. *Urban Forestry & Urban Greening*, 48, 126567.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126567>

THE SCALE OF RECREATIONAL ASSESSMENT OF SUBURBAN FORESTS IN LVIV (ON THE EXAMPLE OF BRIUKHOVYCHI FORESTRY)

I. V. Shukel, L. V. Hlohovskyi

Abstract. *Using the comprehensive assessment proposed by the authors of the article, a study of recreational and health forests in Lviv was conducted on the example of the Bryukhovychi forestry. The presented methodology combines 29 indicators, which are grouped into blocks: attractiveness, comfort, and sustainability. Each of the indicators is evaluated on a 5-point scale (from 0 to 4). The methodology combines environmental, biological and anthropogenic factors. The calculated average score of the integrated assessment for the three blocks of indicators for the plantations of the Bryukhovychi forestry is 2.7, which indicates an average degree of recreational potential. The average score for the attractiveness block indicators is 3.0, which indicates a high level of landscape aesthetics. The studied stands are complex and multi-tiered in their composition. Among the dominant species, the following should be noted: *Pinus sylvestris* L., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth., *Quercus robur* L., *Q. rubra* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth., *Carpinus betulus* L., *Larix decidua* Mill., *Ulmus glabra* Huds. The tree stands of the Bryukhovychi forestry belong to the category of ripening and mature, such plantations are rated with the highest score due to their attractiveness and decorative appearance. The average score of the studied quarters for the comfort block indicators is 2.7, which indicates an average indicator that reflects the level of improvement and the degree of comfort of recreationists. Most of the recreational and health forests of the Bryukhovychi forestry have hilly and undulating terrain, and in 60-61 blocks, ravine and gully terrain, which is quite attractive but poorly suited for recreational activities. The average assessment of the comfort of recreational and health forests by the indicator "relief" is 2 points and is characterized as moderately suitable for active recreation. According to the indicators of the sustainability block, the average score is similar to the comfort block, namely 2.7. The comfort of stay is significantly affected by the noise factor, the condition of the road and trail network, and the presence of annoying insects. In the blocks that are at the III-IV stage, the stability of the lower forest components is estimated at 1-2 points, and the success of natural regeneration is insufficient. In areas at the I-II stage of recreational degradation, the average sustainability score is 3.7, which is quite high and indicates a low level of human intervention. The condition of the undergrowth is characterized as "good" and natural regeneration as "reliable". This methodology of integrated assessment is dynamic because it includes variable parameters that depend on the time of day and season and is suitable for use throughout the calendar year.*

Шукель І. В., Глоговський Л. В.

Key words: *recreational assessment coefficient, attractive ability, comfort, recreational resistance, recreational degradation*

**ВИКОРИСТАННЯ ПІДЩЕП ГОРІХА ЧОРНОГО ДЛЯ СТВОРЕННЯ
ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ПЛАНТАЦІЙНИХ НАСАДЖЕНЬ ГОРІХА
ГРЕЦЬКОГО****В. К. МАГУРАН**, аспірант

E-mail: vol.mahuran20@nltu.lviv.ua

Л. С. ОСАДЧУК, доктор сільськогосподарських наук, професор

E-mail: l.osadchuk@nltu.edu.ua

Національний лісотехнічний університет України[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.021](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.021)

***Анотація.** Проведено порівняльний аналіз схожості насіння та росту сіянців горіха грецького та чорного в умовах Правобережного Лісостепу України. Встановлено, що у рядках при глибині сівби 10 см і 13 см показник схожості горіха грецького мав найвищі показники і становив 70 % та 63 % відповідно, а горіха чорного – 80 % та 84 %. Найнижчий показник схожості спостерігали при глибині сівби 17 см у горіха грецького, та 6 см у горіха чорного 46 % та 39 % відповідно. З'ясовано вплив положення насінин горіха грецького на його схожість. Зокрема, при сівбі способом «вершиною вгору» і «на ребро» схожість становила 70 % і 72 %, що на 24-26 % вище, порівняно із способом «вершиною вниз» та «боком у ряду». Встановлено, що енергія проростання сіянців горіха чорного є вищою, порівняно із сіянцями горіха грецького. Перші ознаки проростання горіха чорного спостерігалися на 7 днів раніше, ніж у польових посівах горіха грецького. Виявлено, що основний ріст сіянців у висоту розпочався з кінця першої декади червня і тривав до першої декади серпня. Середня висота сіянців горіха чорного становила 50 см, тоді як середня висота сіянців горіха грецького була на 19 см нижча і складала 31 см. Вихід стандартних сіянців горіха чорного було зафіксовано на рівні 69 % від загальної кількості сіянців, тоді як у горіха грецького цей показник становив лише 12 %. Досліджено сумісність сортів 'Вебу-6', 'Chandler' і 'Казаку' із горіхом чорним і горіхом грецьким під час вирощування щеплених саджанців. Встановлено, що відібрані дослідні сорти горіха грецького, які було прищеплено на сіянці горіха чорного, показали приблизно однакове утворення тканин калюсу, крім сорту 'Вебу-6'. Це вчергове підтверджує інформацію, що не усі сорти горіха грецького можуть брати участь у міжвидових комбінаціях. З'ясували, що довжина центрального кореня у горіха чорного в кінці першого року вирощування на 15 см більша від довжини центрального кореня горіха грецького і становить в середньому 43 см. Основне галузження бічних коренів у горіха грецького відбувається на глибині від 10 до 20 см. Кількість основних скелетних коренів загалом становить 3-4 одиниці. Сіянці у кінці першого року вирощування мали помітно меншу кореневу систему у порівнянні з горіхом чорним. Коренева система стандартних сіянців горіха чорного в середньому на 60 % більша, ніж у горіха грецького. Основне галузження бічних коренів в середньому знаходиться*

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

на довжині кореня від 7 до 30 см. Так само як і в горіха грецького, коренева система горіха чорного має 2-3 яруси. Кількість скелетних коренів у середньому становить 8-10 штук, а довжина основних скелетних коренів коливається від 15 до 30 см. За результатами досліджень можна зробити висновок, що саджанці горіха грецького, щеплені на сіянцях горіха чорного мають перспективи для подальшого впровадження у виробництво, так як можуть швидше вступати у плодоношення, мають відносно стриманий ріст, дозволяють на третій рік життя розпочати формування крони і мають більш потужну кореневу систему.

Ключові слова: сорт 'Вебу-б', сорт 'Chandler', сорт 'Казаку', щеплення, схожість насіння, саджанці, архітектоніка корневих систем

Актуальність. Рід *Juglans* L. включає в себе 21 вид, серед яких особливу увагу та поширення здобув грецький горіх (*Juglans regia* L.), який активно культивується у помірних широтах і стає все більш популярним як в Україні, так і на світовому ринку. Плоди горіха грецького відомі своїми корисними властивостями і високою харчовою цінністю, які широко використовуються в харчовій промисловості, а також у медицині та косметології. Україна має сприятливі кліматичні та ґрунтові умови для вирощування грецького горіха. Це відкриває можливості для розширення насаджень і підвищення виробництва цієї культури.

Традиційний спосіб розмноження горіха грецького передбачає щеплення прищепи сорту на підщепу, оскільки даний вид погано піддається живцюванню і вкоріненню, щоб застосовувати його для комерційного виробництва (Бойко та ін., 2019). В минулому, генеративний спосіб був єдиним способом розмноження волоського

горіха (Lobell, et al, 2006). Щеплення волоського горіха зазвичай проводять у контрольованих умовах взимку, а проведені дослідження Maria Loreto Contador (2015); Gandev S. (2009), Jackson R. & A. Jenkins (2012), Corneanu G., Rominger E., Petre L., & Corneanu M. (1997) підтверджують усталену практику, що настільне зимове щеплення має вагомні переваги порівняно з щепленням брунькою.

Правильний підбір і переваги внутрішньовидових підщеп були продемонстровані в наукових працях Бойко Т.О. (2019), Дроник Н.І. (2015), Меженський В.М. (2018), Rezaee R., Vahdati K., Grigoorian V., & Valizadeh M. (2008) та ін. Сумісність горіха грецького з іншими представниками роду *Juglans* досліджували такі вчені як: Ф. Л. Щепотьєв (1987), В. М. Жадан (1987), П. П. Бадалов (1979), Rongting, X., and Pinghai D. (1990), Polat, M., et all (2010), Hassani, D. (2009), Gandev S. й Arnaudou, V. (2011) та ін., які відзначають як сумісність, так і повну несумісність окремих сортів горіха

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

грецького із підщепами горіха чорного (Avanzato, et al., 2004; Zhao, V. et al., 2020; Rezaee, R., et al., 2008).

Актуальність роботи полягає в дослідженні властивостей підщеп горіха грецького та чорного, а також різновидових щеплених саджанців для створення стійких плантацій при переході на системи високої щільності посадки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Горіх грецький, при відтворенні з насіння, не завжди передає всі характеристики материнського дерева, що може призвести до великої різноманітності серед наступних поколінь. Тому для збереження та передачі бажаних генетичних властивостей рекомендується застосовувати вегетативний метод розмноження, зокрема, щеплення. Цей метод дає можливість забезпечити стабільність властивостей сорту та отримати більш однорідне покоління, що сприяє покращенню якості та врожайності горіхових насаджень. Тому для ефективного створення високопродуктивних плантаційних насаджень слід використовувати щеплений сортовий садивний матеріал, який має в собі генетичний потенціал високих врожаїв, здорову кореневу систему і відповідає державним стандартам якості. Такий підхід забезпечує надійне створення і розвиток плантацій та дає можливість в оптимальні терміни виростити рослини і в такий спосіб підвищити

впевненість інвесторів у вдалому веденні агропромислових проектів (Гузь, Гречаник, 2008; Дроник, 2015).

Серед науковців розглядається багато чинників, таких як механічна невідповідність розміру або розташування тканини між прищепою та щипою, висихання тканин, несприятливий температурний або світловий режими, невдача ініціації калюсу, нездатність адекватної судинної диференціації або фізіологічне відторгнення між тканинами, які можуть впливати на успішне щеплення (Дроник, 2015; Leslie & McGranahan, 2014; Gandev, 2009; Ozkan & Gumus, 2001; Westphal, 2022).

В основному для щеплення саджанців горіха грецького переважно використовують як підщепу сіянци горіха грецького або горіха чорного. Підщепи саджанців горіха чорного або інших видів мають властивість знижувати силу росту у прищеп горіха грецького, що дає можливість збільшити густоту рослин на площі й у такий спосіб підвищити продуктивність насадження загалом. Також у літературних джерелах є відомості про дослідне використання в якості підщеп сіянци горіха маньчжурського (*Juglans mandshurica* Maxim.), горіха сірого (*Juglans cinerea* L.) та горіха айлантолистого (*Juglans ailantifolia* Carrière), однак широкого використання в якості підщеп ці види на практиці не мають (Іщук, 2013;

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

Абоїмова, 2020; Leslie & McGranahan, 2014; Абоїмова, Левон, 2019).

Науковими дослідженнями підтверджено, що використання підщеп стійких до посухи та низьких температур на низькопродуктивних ґрунтах відкриває можливість розширення ареалу для нестійких до несприятливих чинників культивованих видів. Крім того, одним із методів підвищення продуктивності горіхових насаджень є збільшення кількості дерев на одиницю площі шляхом створення інтенсивних низькорослих насаджень з використанням генетично сумісних підщеп і прищеп. Їхнє ефективне використання у високопродуктивних та напівінтенсивних системах вирощування прискорює процес досягнення максимальної врожайності плантацій у найкоротші терміни (Бойко та ін., 2019).

Мета роботи – провести порівняльний аналіз схожості насіння та росту сіянців горіха грецького та чорного, а також дослідити особливості їхніх кореневих систем та сумісність прищеп обраних сортів із підщепами.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні завдання:

- з'ясувати залежність схожості насіння від глибини висівання і положення насіння у ґрунті;

- проаналізувати швидкість росту сіянців і польову енергію появи сходів у горіха грецького і горіха чорного;

- визначити ступінь розвитку корневих систем досліджуваних рослин та біомасу коренів у рослини після викопування сіянців;

- визначити вплив кореневої підщепи на ростові процеси надземної частини у дослідних сортів.

Матеріали і методи досліджень. У якості об'єктів дослідження використовувалися сіянці горіха грецького і горіха чорного. Дослідження проводилися у Вінницькій області на території приватного домогосподарства у с. Вільшанка. Експерименти проводили згідно з чинними в Україні державними стандартами: ДСТУ 5036:2008, ДСТУ 8558:2015, ДСТУ 7127:2009, ДСТУ 9053:2020. Схема посіву насіння в маточнику складала 70×20 см. Динаміку та особливості росту надземної частини і кореневої системи саджанців аналізували за показниками діаметром кореневої шийки, висотою сіянців, довжиною і кількістю коренів, довжиною зони окорінення. (Соболь, Натальчук, 2015) Визначення архітекtonіки кореневої системи проводилося методом скелету (Гузь, 1996).

У якості підщепи використовували сіянці горіха чорного та горіха грецького. Як прищепу було використано живці горіха грецького з латеральним та напівлатеральним типом плодоношення сортів 'Chandler', 'Казаку' і 'Вебу-6'. Для проведення щеплення живці заготовляли з

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

маточних рослин за 3-5 днів перед щепленням. Щеплення проводили методом зимового поліпшеного копулірування (з язичком). Для сприяння кращого калюсоутворення, а також для підтримування стабільної температури і вологості повітря – використовували стратифікаційну камеру. Температура в стратифікаційній камері підтримувалась терморегулятором у межах 24-26 °С, вологість повітря – у межах 75-85 %. Стратифікацію здійснювали впродовж трьох тижнів, а після відбракування щеплених садивних матеріалів переміщували в камеру зберігання до моменту висаджування. Схема розміщення щеплених саджанців на ділянці складала 70×30 см.

Результати дослідження. Як відомо, основними вимогами до насіннєвого матеріалу є висока польова схожість насіння, достатньо висока енергія росту, активний ріст і розвиток. А основними вимогами до сіянців та щеплених саджанців є висота рослини, висота і товщина штамбу, довжина головного і бічних коренів, кількість і довжина пагонів. Однак, у нормативній літературі не описані критерії, які б дозволяли оцінити сумісність підщепи з районованими сортами, які придатні для вирощування та поширення на території України. Тому, на нашу думку, одним із основних критеріїв оцінки якості підщеп і щепленого садивного матеріалу повинен бути

достатньо високий показник сумісності, а також високий показник регенерації кореневої системи, яка дозволить саджанцю відновити темпи росту в короткий термін.

Вплив глибини сівби насіння на його схожість оцінювали у чотирьох варіантах з глибиною 6, 10, 13, 17 см. Для визначення оптимального положення насіння при сівбі кожен ряд попередньо було поділено на чотири сектори, в кожному з яких висіяли по 200 шт. насінин: вершиною вгору (плодоніжкою донизу), вершиною вниз, з горизонтальним положенням ребра ендокарпію ("боком у ряду") та з вертикальним швом ендокарпію (ребра). Результати дослідів свідчать, що схожість сіянців залежить від глибини сівби, а також положення насінин у ґрунті (табл.1).

Установлено, що у рядках за глибини сівби 10 см і 13 см показник схожості горіха грецького мав найвищі показники і становив відповідно 70 % та 63 %, а горіха чорного – 80 % та 84 %. Найнижчий показник схожості спостерігали за глибини сівби 17 см у горіха грецького, та 6 см у горіха чорного – відповідно 46 % та 39 %. У такий спосіб встановлено, що схожість сіянців горіха грецького та чорного залежить від глибини сівби насіння у ґрунті, водночас оптимальна глибина сівби насіння для обох видів становить від 10 до 13 см. Також з'ясовано вплив положення насінин

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

горіха грецького на схожість насіння. Зокрема, у разі сівби способом «вершиною вверху» і «на ребро» схожість становила 70 % і 72 %, що на 24-26 % вище у порівнянні зі способом «вершиною вниз» та

«боком у ряду». Слід відмітити, що схожість горіха чорного не залежить від положення насіння у ґрунті (відмінності у варіантах були несуттєвими).

1. Вплив глибини сівби і положення насіння у ґрунті на схожість, 2021 р.

Глибина сівби, см	Схожість насіння залежно від положення, %								Середня схожість у рядах, %	
	вершиною вверху		вершиною вниз		боком у ряду		на ребро			
	Гхг	Гхч	Гхр	Гхч	Гхг	Гхч	Гхг	Гхч	Гхг	Гхч
6	66	41	43	35	47	38	69	40	56	39
10	84	81	54	78	54	75	88	88	70	80
13	75	89	52	81	45	77	81	88	63	84
17	56	49	37	39	39	42	51	55	46	46
Середня схожість у секторах, %	70	63	47	58	46	58	72	66		

Результати наших досліджень свідчать, що енергія проростання сіянців горіха чорного є вищою порівняно із сіянцями горіха грецького (рис. 1). Перші ознаки проростання горіха чорного спостерігалися на 7 днів раніше, ніж у випадку горіха грецького. Це вказує на більшу життєздатність насіння горіха чорного, що може мати значний вплив на агротехнічні аспекти культивування цих рослин.

Під час спостережень за ростом у висоту було виявлено, що сходи сіянців горіха чорного вже в перший рік вирощування виявляють перевагу завдяки більшій енергії росту в порівнянні із сіянцями горіха грецького (див. рис. 1). Ця перевага здебільшого пов'язана з біоекологічними властивостями горіха чорного, яка дає можливість

збільшити площу живлення сіянця і сприяє його активному росту. У період, з кінця першої декади червня до першої декади серпня, спостерігався значний приріст у висоту сіянців горіха чорного. У другій декаді серпня спостерігали уповільнення росту сіянців в обох видів. Середня висота сіянців горіха чорного становила 50 см, тоді як середня висота сіянців горіха грецького була на 19 см нижча і становила 31 см. Наприкінці вегетаційного періоду сіянці горіха чорного мали високий показник виходу стандартних сіянців, які можна використовувати для проведення зимового щеплення. Вихід стандартних сіянців горіха чорного був зафіксований на рівні 69 % від загальної кількості сіянців,

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

тоді як у горіха грецького цей показник становив лише 12 %.

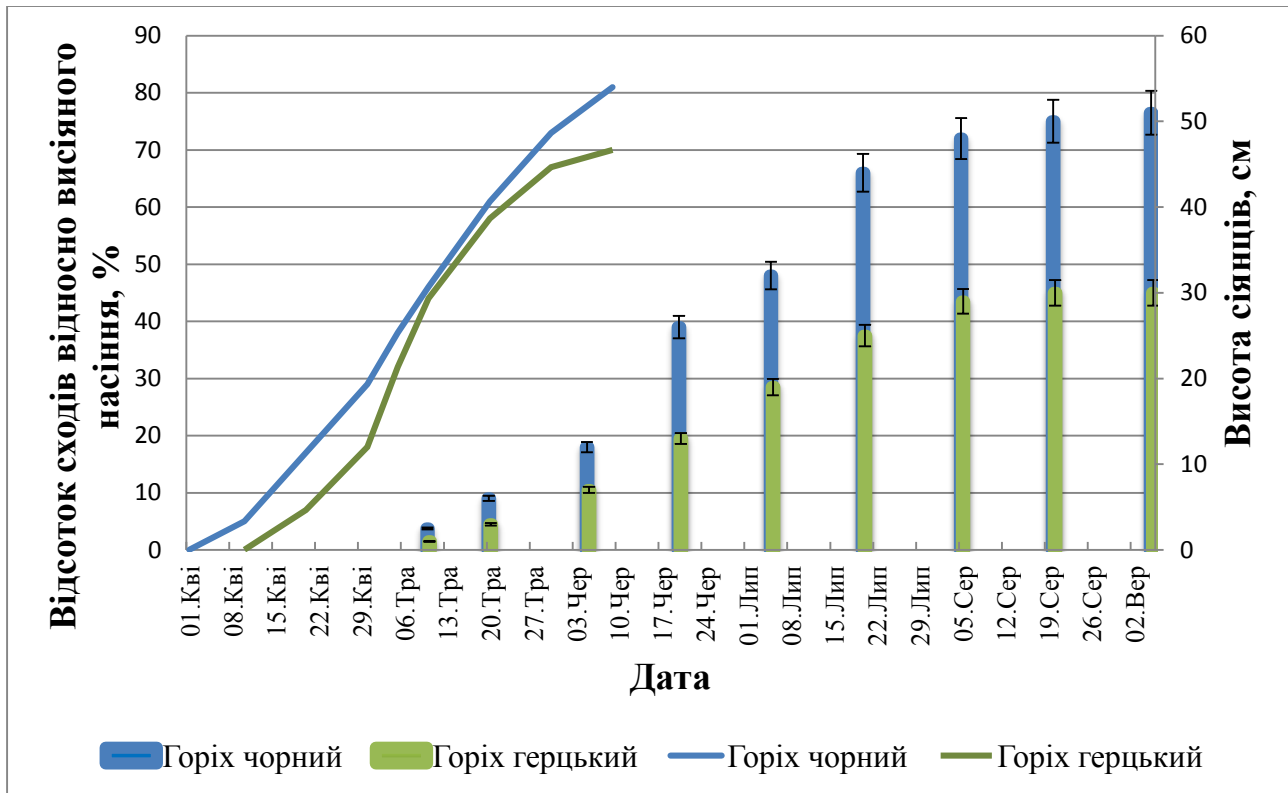


Рис. 1. Польова енергія проростання та ріст у висоту сіянців горіха грецького та горіха чорного, 2021 р.

Результати дослідження морфометричних показників кореневих систем дослідних видів показали, що ступінь розгалуження кореня в горіха чорного та горіха грецького має суттєві відмінності (рис. 2). Довжина центрального кореня у однорічних сіянців горіха чорного в середньому на 15 см більша від довжини центрального кореня горіха грецького. Основне галуження

бічних коренів у горіха чорного спостерігається на глибині від 7 до 30 см, а у горіха грецького – це відбувається на глибині від 10 до 20 см. Кількість основних скелетних коренів у горіха грецького загалом становить 4-5 одиниць, які розташовані здебільшого у два, рідше у три яруси, а їхня довжина становить від 10 до 27 см.

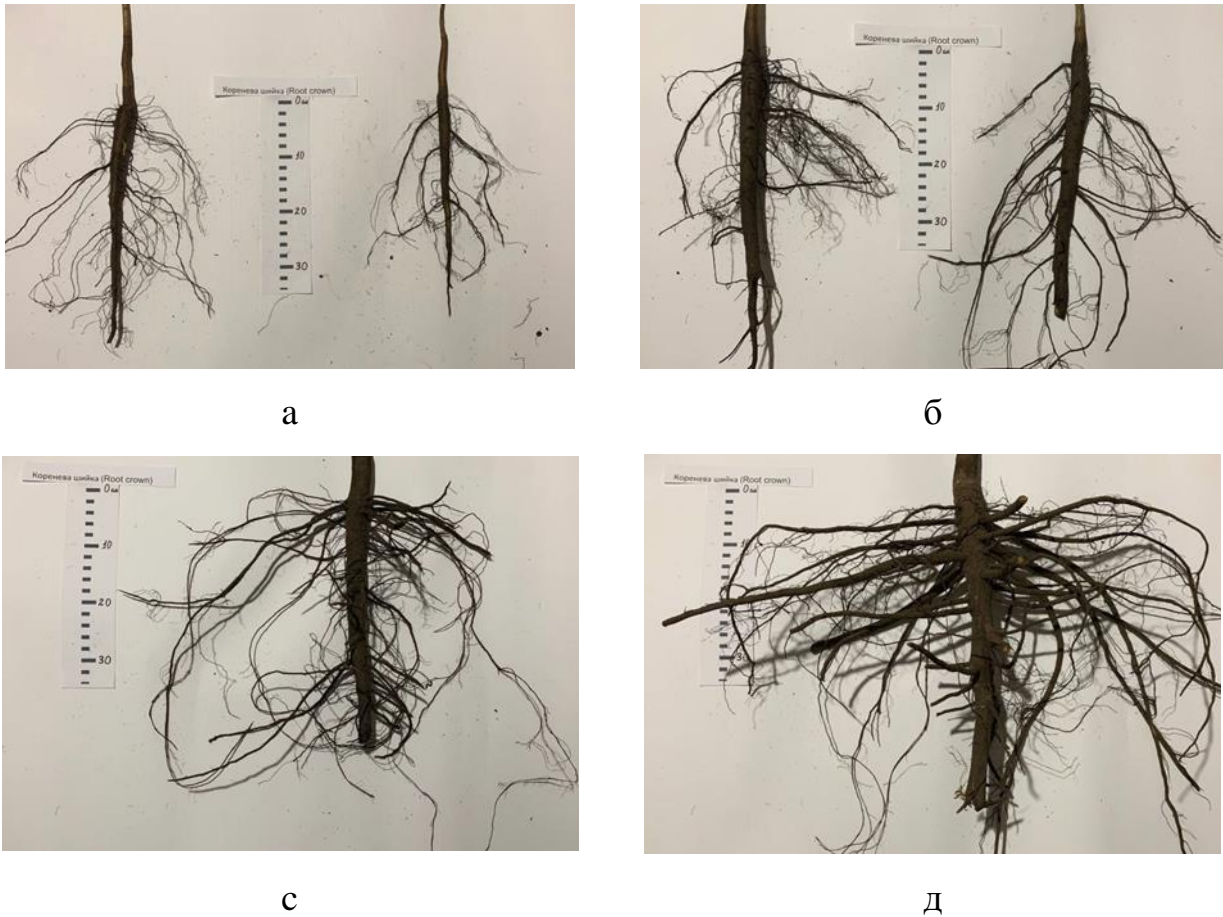


Рис. 2. Архітектоніка кореневих систем однорічних і дворічних рослин горіха грецького (а, б) та горіха чорного (с, д)

Таким чином, коренева система стандартних сіянців горіха чорного у середньому на 60 % більша за площею живлення в порівнянні з горіхом грецьким, унаслідок чого у перший

рік вирощування в горіха чорного відбувається кращий розвиток кореневої системи у порівнянні з горіхом грецьким (табл.2).

2. Морфометричні показники підщеп горіха грецького та горіха чорного

Вид	Висота сіянців, см	Середній діаметр кореневої шийки, мм	Середній діаметр у місці щеплення, мм	Довжина центрального кореня, см	Середня кількість скелетних коренів, шт	Середня кількість коренів другого порядку, шт	Довжина зони окорінення, см
Сіянці першого року вирощування							
Горіх грецький	31	13	13	38	5	7	27
Горіх чорний	50	19	15	43	8	12	38
Сіянці другого року вирощування							
Горіх грецький	132	18	15	47	8	7	42
Горіх чорний	168	23	19	65	14	16	56

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

Аналіз результатів досліджень інтенсивності росту сіянців за діаметром показали перевагу горіха чорного над горіхом грецьким. У кінці першого року вирощування 69 % сіянців горіха чорного мали діаметр кореневої шийки 18-20 мм, що дає можливість проводити зимове настільне щеплення. На відміну від сіянців горіха чорного, у горіха грецького лише 12 % сіянців від загальної кількості досягли стандартних розмірів і потребували

ще один рік дорощування для використання їх у якості підщеп.

Встановлено, що відібрані дослідні сорти горіха грецького, які були прищеплені на сіянці горіха чорного, показали приблизно однакове утворення тканин калюсу, крім сорту 'Ве-бу-б'. Це вчергове підтверджує інформацію, що не всі сорти горіха грецького можуть брати участь у міжвидових комбінаціях (рис. 3).

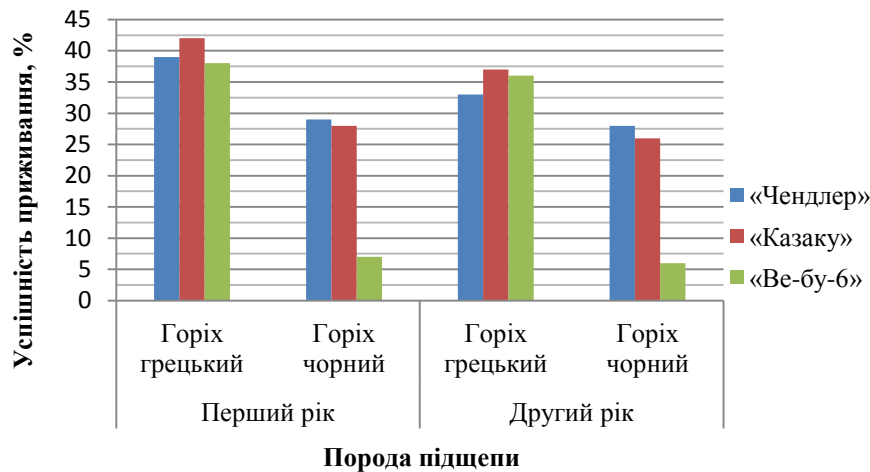


Рис. 3. Успішність приживлення прищеп сортів горіха грецького на підщеплах горіха грецького та чорного

У той же час, сорти 'Chandler' і 'Kazaku', які були прищеплені на сіянцях горіха чорного, показали практично однаковий рівень зростання і мали приживлюваність 29 % і 28 % у перший рік вирощування та відповідно 28 % і 26 % у другий рік. Сорт 'Ве-бу-б', починаючи ще з перших днів у стратифікаційній камері, проявляв низьку сумісність, оскільки кругове утворення калюсу на зрізах траплялося лише у 7 % щеплених

рослин у перший рік і 6 % вкінці другого року вирощування. Це вказує на те, що сорт 'Ве-бу-б' є несумісним із підщепою сіянців горіха чорного.

У подальшому, після висаджування щеплених саджанців сорту 'Ве-бу-б' у відкритий ґрунт, у рослин без видимого шару калюсу на місці щеплення була низька механічна стійкість і низькі показники росту. Це свідчить, що між щепленими частинами не відбувається достатній обмін води і

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

поживних речовин, тому такі екземпляри недоцільно висаджувати в поле розсадника. Анатомічний зріз місця щеплення в рослин сорту 'Ве-бу-б' показав, що відторгнення (некроз тканин) відбувається в основному зі сторони прищепи.

Результати спостереження за ростом у висоту показали, що у перший рік вирощування рослини мають майже однакові показники росту (рис. 4). Проте, за результатами другого року вирощування, рослини,

які були щеплені на підщепях горіха грецького, мали висоту надземної частини на 30-35 % більшу, ніж ті рослини, які щепили на підщепях горіха чорного. Також слід зазначити, що рослини, прищеплені на сіянцях горіха чорного у другий рік, не дали значного приросту за висотою. Максимальний приріст становив 91 см у сорту 'Chandler', що підтверджує властивість рослин горіха стримувати силу росту у прищеп горіха грецького.

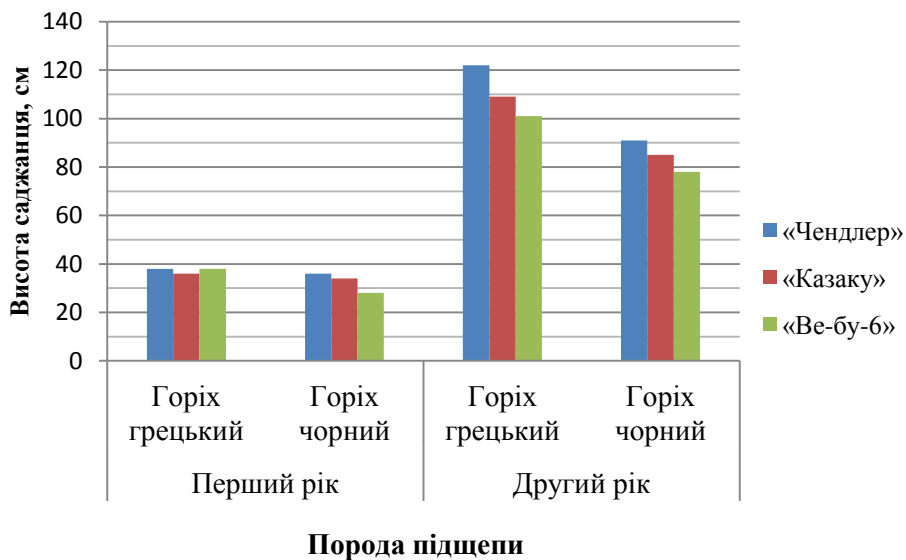


Рис. 4. Висота саджанців сортів горіха грецького на підщепях горіха грецького та чорного

На другий рік вегетації рослини горіха грецького, які щеплені на сіянцях горіха чорного, показали потенційну можливість формування генеративних органів. Після завершення вегетації у 3-4 % рослин спостерігали закладені плодові бруньки. А близько у 27 % рослин були сформовані бічні відгалуження. Отже, щеплені рослини горіха грецького на сіянцях горіха чорного мають стриманий ріст, краще

розвинену кореневу систему, що дає можливість вже на третій рік вирощування розпочати формування скелету крони.

Обговорення. Розмноження горіха грецького відбувається важче, порівняно з більшістю плодових видів, тому у всьому світі науковці намагаються вдосконалити вже відомі та ефективні технології розмноження. Звичайні сорти волоського горіха починають плодоносити лише через

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

шість років після висаджування та вступають у повне плодоношення через десять років. Результати наших досліджень показали, що на другий рік вегетації рослини горіха грецького, які щеплені на сіянцях горіха чорного, показали потенційну можливість формування генеративних органів, а по завершенню вегетації у 3-4 % рослин було закладені плодові бруньки. Це підтверджують результати закордонних колег, які стосуються скоростиглих сортів грецького горіха, що щеплені на підщепах *J. regia*, *J. hindssii*, *J. nigra*, і *J. Major*. Такі рослини мають здатність вступати у плодоношення вже через 2 роки після висаджування, а період повного плодоношення – через п'ять років (Zhao, B., et al., 2020; Ozkan, Y. & Gumus, A., 2001; Gandev, S., 2009; Rezaee, R., et al., 2008).

Опираючись на дані літературних джерел (Lobell et al., 2006; Jackson, & Jenkins, 2012; Assessing, 2022) та здійснивши аналіз особливостей температурного режиму регіону досліджень, можна стверджувати про наявність тенденції щодо підвищення середньої температури повітря у Правобережному Лісостепу. Такі кліматичні зміни, під час вирощування горіха грецького, створюють додатковий ризик пошкодження рослин у результаті дії затяжного періоду літньої посухи (Eissenstat et al., 2006; Sun et al., 2011).

Дослідженні нами моделі кореневих систем горіха грецького і горіха чорного вказують на вищу стійкість саджанців на підщепах горіха грецького в умовах плантаційного вирощування та глобальних кліматичних змін. Ці особливості також слід враховувати при переході на системи високої щільності посадки при створенні плантацій. Враховуючи те, що саджанці сортів класичної селекції мають велику силу росту і починають плодоносити лише у віці 7-10 років (Меженський, 2018; Абоїмова, 2020), здійснити такий перехід без використання високоврожайних середньо- і низькорослих сортів, щеплених на міжвидових підщепах, неможливо.

Дослідженням кореневих систем дослідних видів встановлено, що коренева система стандартних сіянців горіха чорного у середньому на 60% більша за площею живлення, порівняно з горіхом грецьким. Отже ступінь розгалуження кореня в горіха чорного та горіха грецького має суттєві відмінності, а при стресових станах рослин в умовах недостатнього зволоження менш розвинута коренева система у горіха грецького не забезпечить їх інтенсивний ріст, врожайність та якість плодів. Цей факт підтверджують наявні літературні дані (Maria Loreto Contador, et al., 2015; Westphal, et al., 2022), що дозволяє рекомендувати

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

використання кореневої системи горіха чорного у якості підщепи.

Висновки і перспективи.

Результати досліджень енергії проростання показали, що енергія проростання сіянців горіха чорного (81 %) є вищою на 11 % порівняно із сіянцями горіха грецького (70 %). Перші ознаки проростання горіха чорного спостерігалися на 7 днів раніше, ніж у випадку горіха грецького. Ця перевага пов'язана з біоекологією видів, переважно з більш розвиненою кореневою системою у горіха чорного. Це сприяє кращому забезпеченню рослин поживними речовинами та водою і сприяє їхньому швидкому росту. У порівнянні зі сходами горіха грецького вихід стандартних сіянців горіха чорного був зафіксований на рівні 69 % від загальної кількості сходів, тоді як у сходів горіха грецького цей показник становив лише 12 %. Установлено, що оптимальна глибина сівби насіння для обох видів становить 10 і 13 см, а кращі показники схожості спостерігали у разі сівби насіння «вершиною вверх» – 70 % і «на ребро» – 72 %, що на 24-26 % вище, ніж «вершиною вниз» та «боком у ряду».

З'ясовано, що довжина центрального кореня у горіха чорного в кінці першого року вирощування на 15 см більша від довжини центрального кореня горіха грецького і становить в середньому 43 см.

Основне галуження бічних коренів у горіха грецького відбувається на глибині від 10 до 20 см. Кількість основних скелетних коренів загалом становить 4-5 одиниць. Сіянці у кінці першого року вирощування мали помітно меншу кореневу систему в порівнянні з горіхом чорним. Коренева система стандартних сіянців горіха чорного в середньому на 60 % більша, ніж у горіха грецького. Основне галуження бічних коренів в середньому знаходиться на довжині кореня від 7 до 30 см. Коренева система горіха чорного має здебільшого три яруси. Кількість скелетних коренів у середньому становить 8-10 штук, а довжина основних скелетних коренів коливається від 15 до 30 см.

Встановлено, що відібрані дослідні сорти горіха грецького, які було прищеплено на сіянці горіха чорного, показали приблизно однакове утворення калюсних тканин, крім сорту 'Ве-бу-б'. Це вчергове підтверджує інформацію, що не усі сорти горіха грецького можуть брати участь у міжвидових комбінаціях. Але загалом саджанці горіха грецького, щеплені на сіянцях горіха чорного мають перспективи для подальшого впровадження у виробництво, оскільки можуть швидше вступати в плодоношення, мають відносно стриманий ріст, дають можливість на третій рік життя розпочати формування крони і мають більш потужну кореневу систему.

Список використаних джерел

1. Абоїмова О.М. Явище дихогамії та продуктивність представників роду *Juglans* L. в умовах Київського Полісся. Науковий вісник НЛТУ України. 2020. т. 30, № 3, С. 47-50 <https://doi.org/10.36930/40300308>
2. Абоїмова О.М., Левон В.Ф. Посухостійкість видів роду *Juglans* L. в умовах Лісостепу України. Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова». Том 21. 2019. С. 183-186 <https://doi.org/10.53904/1682-2374/2019-21/25>
3. Бойко Т. О., Кострицька, К. О., Дементьєва, О. І. Особливості вирощування *Juglans regia* L. в умовах Херсонської області. Таврійський науковий вісник. № 108. 2019. С.218-223. doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.29>
4. Гузь М. М. Кореневі системи деревних порід Правобережного лісостепу України. К.: Ясмина, 1996, С.145.
5. Гузь М. М., Гречаник, Р. М. Я. Поліморфізм та селекція горіха грецького. Наукові праці: Збірник наукових праць Лісівничої академії наук України. №6, 2008. С.74-77.
6. Дроник Н. І. Високопродуктивні сорти горіха грецького для промислового садівництва. Сад, виноград і вино України. 2015. № 5-8. С. 12-15.
7. ДСТУ 5036:2008 (2009). Насіння дерев та кущів. Методи відбирання проб, визначення чистоти, маси 1000 насінин та вологості. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіційне. Київ: Держспоживстандарт України.
8. ДСТУ 7127:2009 (2011). Насіння дерев та кущів. Методи фітопатологічної та ентомологічної експертизи. [Чинний від 2012-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України.
9. ДСТУ 8558:2015 (2017). Насіння дерев і кущів. Методи визначення посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності). [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «Укр НДНЦ».
10. ДСТУ 4780:2007 (2008) Садивний матеріал горіхоплідних культур. Технічні умови. - [Чинний від 2009.01.01]. - К. : Держспоживстандарт України
11. ДСТУ 9053:2020 (2021).. Насіння дерев і кущів. Посівні якості. Технічні умови. [Чинний від 2021-04-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «Укр НДНЦ»
12. Іщук Г.П. Історія виникнення, поширення та філогенетичні зв'язки роду *Juglans*. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. Вип. 23.5.С.62-68.
13. Меженський В. М. Історія і перспективи районування та реєстрації сортів волоського горіха (*Juglans regia* L.) в Україні. Plant Varieties Studying and Protection (Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин). 2018. Т. 14. № 2. С.137-143 <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134759>
14. Соболев В. А., Натальчук Д. Ю. Особливості розвитку кореневої системи саджанців персика (*Persica vulgaris* Mill.) залежно від підщепи у північній частині Лісостепу України. Садівництво, 2015, 69. с.104-110.
15. Соболев В. А., Натальчук Д. Ю. Вирощування садивного матеріалу персика (*Persica vulgaris* Mill.) на клонових підщепах у північній частині Лісостепу України. Садівництво, (70), 2015. с.52-57.
16. Assessing the Global Climate in 2021 (2022). National Centers for Environmental Information (NCEI). <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202112>
17. Avanzato, D., Ducci, F., Gorian, F., Gui, L., Major, A., Malvolti, E.M., Mezzalana, G., Pollegioni, P. and Proietti, R. (2005). Propagation ability of selected walnut hybrids (JUGLANS REGIA L. × J. NIGRA L.). Acta Hort. 705, 359-364 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.705.50>
18. Corneanu, G., Rominger, E., Petre, L., & Corneanu, M. (1997). Research concerning walnut tree grafting directly in the field. Cercetări Agronomice în Moldova, 30(2), 73-76.
19. Eissenstat, D. M., Bauerle, T. L., Comas, L. H., Lakso, A. N., Neilsen, D., Neilsen, G. H., & Smart, D. R. (2005, January). Seasonal patterns of root growth in relation to shoot phenology in grape and apple. In V

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Plants 721 (pp. 21-26).

20. Emilia M., Spada M., Beritognolo, I. Cannata Differentiation of walnut hybrids (*Juglans nigra* L. X *Juglans regia* L.) through RAPD markers. In: III International Walnut Congress 442., 1995, P. 43-52. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.442.4>

21. Gandev, S. (2009). Propagation of walnut (*Juglans regia* L.) under controlled temperature by the methods of omega bench grafting, hot callus and epicotyl grafting. *Agr. Sci.*, 15(2), 105-108. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.544.71>

22. Jackson, R. y A. Jenkins. (2012). Vital signs of the planet: global climate change and global warming: uncertainties. California Institute of Technology: Earth Science Communications Team at NASA's Jet Propulsion Laboratory.

23. Leslie, C.A., McGranahan, G.H. (2014). The California walnut improvement program: scion breeding and rootstock development. *Acta Hortic.* 1050, P. 81-88. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1050.9>

24. Lobell, D. B., Field, C. B., Cahill, K. N., & Bonfils, C. (2006). Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties. *Agricultural and Forest Meteorology*, 141(2-4), 208–218.

25. Maria Loreto Contador, Louise H. Comas, Samuel G. Metcalf, William L. Stewart, Ignacio Porris Gomez, Claudia Negron, Bruce D. Lampinen (2015), Root growth dynamics linked to above-ground growth in walnut (*Juglans regia*), *Annals of Botany*, Volume 116, Issue 1, , Pages 49–60, <https://doi.org/10.1093/aob/mcv064>

26. Ozkan, Y. and Gumus, A. (2001). EFFECTS OF DIFFERENT APPLICATIONS ON GRAFTING UNDER CONTROLLED CONDITIONS OF WALNUT (*Juglans regia* L.). *Acta Hortic.* 544, 515-520

27. Rezaee, R., Vahdati, K., Grigoorian, V., & Valizadeh, M. (2008). Walnut grafting success and bleeding rate as affected by different grafting methods and seedling vigour.

The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 83(1), 94-99.

28. Sun, S.J., Meng, P., Zhang, J.S., Wan, X. (2011): Variation in soil water uptake and its effect on plant water status in *Juglans regia* L. during dry and wet seasons. *Tree Physiology* 31(12): 1378-1389.

29. Westphal, A., Buzo, T.R., Maung, Z.T.Z., McKenry, M., Leslie, C.A., Brown, P.J. and Kluepfel, D.A. (2022). Identifying walnut (*Juglans* spp.) rootstocks with resistance and tolerance to plant-parasitic nematodes. *Acta Hortic.* 1346, 647-654 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1346.81>

30. Zhao, B., Liu, F., Gong, Y., Li, D., Chang, Y., & Wang, Y. (2020). 'Liaoning 1' Walnut Cultivar. *HortScience horts*, 55(3), 392-394. Retrieved Apr 9, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14801-19>

Reference

1. Aboimova, O.M. (2020) The phenomenon of dichogamy and productivity of representatives of the genus *Juglans* L. in the conditions of Kyiv Polissya *Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*, 30 (3), pp. 47-50 doi: <https://doi.org/10.36930/40300308>

2. Aboimova, O.M., Levon, V.F. (2019) Drought tolerance of species of the genus *Juglans* L. in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *News of the Askania-Nova Biosphere Reserve*, 21, 183-186 <https://doi.org/10.53904/1682-2374/2019-21/25>

3. Assessing the Global Climate in 2021 (2022). National Centers for Environmental Information (NCEI). <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202112>

4. Avanzato, D., et al. Propagation Ability of Selected Walnut Hybrids (*Juglans regia* L. × *J. nigra* L.). In: V International Walnut Symposium 705. 2004. p. 359-364. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.705.50>

5. Boyko, T. O., Kostrytska, K. O., & Dementieva, O. I. (2019). Features of growing *Juglans regia* L. in the conditions of Kherson region. *Tavrian Scientific Bulletin*, 108, 218-223. doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.29>

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

6. Corneanu, G., Rominger, E., Petre, L., & Corneanu, M. (1997). Research concerning walnut tree grafting directly in the field. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 30(2), 73-76.
7. Dronyk, N.I. (2015) Highly productive varieties of walnut for industrial gardening. *Garden, grapes and wine of Ukraine*. 5(8), 12-15.
8. DSTU 5036:2008 (2009). Seeds of trees and shrubs. Methods of sampling, determination of pu-rity, 1,000-seed weight, and moisture content. [Effective from January 01, 2009]. Official edition. Kyiv: Ukraine's Derzh spozhyvstandart (in Ukrainian)
9. DSTU 7127:2009 (2011). Seeds of trees and shrubs. Methods of phytopathological and entomological examination. [Effective from January 01, 2012. Official edition. Kyiv: Ukraine's Derzhspozhyvstandart (in Ukrainian)
10. DSTU 8558:2015 (2017). Seeds of trees and shrubs. Methods for determining sowing qualities (germination, viability, good quality). [Effective from January 01, 2017]. Official edition. Kyiv: the UkrNDNTs State Enterprise (in Ukrainian)
11. DSTU 4780:2007 (2008) Planting material of nut-bearing crops. Technical conditions: - [Effective from 2009.01.01]. - K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy (in Ukrainian)
12. DSTU 9053: 2020 (2021). Seeds of trees and shrubs. Sowing qualities. Technical specifications. [Effective from 2021-04-01]. Published by the official. Kyiv: SE "Ukr NRDC".(in Ukrainian)
13. Eissenstat, D. M., Bauerle, T. L., Comas, L. H., Lakso, A. N., Neilsen, D., Neilsen, G. H., & Smart, D. R. (2005, January). Seasonal patterns of root growth in relation to shoot phenology in grape and apple. In V International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Plants 721 (pp. 21-26).
14. Gandev, S. (2009). Propagation of walnut (*Juglans regia* L.) under controlled temperature by the methods of omega bench grafting, hot callus and epicotyl grafting. *Agr. Sci*, 15(2), 105-108.
15. Guz, M. M. (1996) Root systems of tree species of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, *Yasmina*, 145.
16. Guz, M. M., & Grechanyk, R. M. Y. (2008). Polymorphism and selection of walnut. Scientific works: Collection of scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine. 6, 74-77.
17. Ishchuk, G.P. (2013) History of origin, distribution and phylogenetic relationships of the genus *Juglans* Scientific, *Bulletin of the National Forestry and Hunting University of Ukraine*, 23(5), 62-68.
18. Jackson, R. y A. Jenkins. (2012). Vital signs of the planet: global climate change and global warming: uncertainties. California Institute of Technology: Earth Science Communications Team at NASA's Jet Propulsion Laboratory.
19. Leslie, C.A. and McGranahan, G.H. (2014). The california walnut improvement program: scion breeding and rootstock development. *Acta Hortic*. 1050, 81-88. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1050.9>
20. Lobell, D. B., Field, C. B., Cahill, K. N., & Bonfils, C. (2006). Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties. *Agricultural and Forest Meteorology*, 141(2-4), 208–218.
21. M. Emilia, M. Spada, I. Beritognolo, F. Cannata (1995) Differentiation of walnut hybrids (*Juglans nigra* L. X *Juglans regia* L.) through RAPD markers. In: III International Walnut Congress 442. p. 43-52. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.442.4>
22. Maria Loreto Contador, Louise H. Comas, Samuel G. Metcalf, William L. Stewart, Ignacio Porris Gomez, Claudia Negron, Bruce D. Lampinen, (2015), Root growth dynamics linked to above-ground growth in walnut (*Juglans regia*), *Annals of Botany*, Volume 116, Issue 1, , Pages 49–60, <https://doi.org/10.1093/aob/mcv064>
23. Mezensky, V.M (2018) History and prospects of zoning and registration of walnut varieties (*Juglans regia* L.) in Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 14 (2), 137-143 <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134759>
24. Ozkan, Y. and Gumus, A. (2001). EFFECTS OF DIFFERENT APPLICATIONS ON GRAFTING UNDER CONTROLLED

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

CONDITIONS OF WALNUT (*Juglans regia* L.). *Acta Hortic.* 544, 515-520 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.544.71>

25. Rezaee, R., Vahdati, K., Grigoorian, V., & Valizadeh, M. (2008). Walnut grafting success and bleeding rate as affected by different grafting methods and seedling vigour. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83(1), 94-99.

26. Sobol, V. A.; Natalchuk, D. Y. (2015) Features of the root system development of peach (*Persica vulgaris* Mill.) seedlings depending on the rootstock in the northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *Horticulture*, 69, 104-110.

27. Sobol, V.A., Natalchuk, D.Y. (2015) Cultivation of peach (*Persica vulgaris* Mill.) planting material on clonal rootstocks in the northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *Horticulture*, 70, 52-57.

28. Sun, S.J., Meng, P., Zhang, J.S., Wan, X. (2011): Variation in soil water uptake and its effect on plant water status in *Juglans regia* L. during dry and wet seasons. *Tree Physiology* 31(12): 1378-1389.

29. Westphal, A., et al. Identifying walnut (*Juglans* spp.) rootstocks with resistance and tolerance to plant-parasitic nematodes. In: XII International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems 1346. 2021. p. 647-654.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1346.81>

30. Zhao, B., Liu, F., Gong, Y., Li, D., Chang, Y., & Wang, Y. (2020). 'Liaoning 1' Walnut Cultivar. *HortScience horts*, 55(3), 392-394. Retrieved Apr 9, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14801-19>

USING BLACK WALNUT ROOTSTOCK FOR CREATING HIGH-YIELDING WALNUT PLANTATIONS

V. K. Maguran, L. S. Osadchuk

Abstract. *The comparative analysis of seed germination and growth of walnut and black walnut seedlings in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine was carried out. It was found that in rows with a sowing depth of 10 cm and 13 cm, the germination rate of walnut had the highest rates and amounted to 70% and 63%, respectively, and black walnut - 80% and 84%. The lowest germination rate was observed at a sowing depth of 17 cm for walnut and 6 cm for black walnut, 46% and 39%, respectively. The influence of the position of the walnut seeds on their germination was determined. In particular, when sown by the "top up" and "on the edge" methods, the germination rate was 70% and 72%, which is 24-26% higher than the "top down" and "side by side" methods. The germination energy of black walnut seedlings was found to be higher than that of walnut seedlings. The first signs of germination of black walnut were observed 7 days earlier than in field crops of walnut. It was found that the main growth of seedlings in height began from the end of the first decade of June and lasted until the first decade of August. The average height of black walnut seedlings was 50 cm, while the average height of walnut seedlings was 19 cm lower and amounted to 31 cm. The yield of standard black walnut seedlings was recorded at 69% of the total number of seedlings, while in walnut this figure was only 12%. The compatibility of the varieties 'Webu-6', 'Chandler' and 'Kazaku' with black walnut and walnut during the cultivation of grafted seedlings was studied. It was found that the selected experimental varieties of walnut, which were grafted onto black walnut seedlings, showed approximately the same formation of callus tissues, except for the variety 'Webu-6'. This once again confirms the information that not all walnut*

Магуран В. К., Осадчук Л. С.

varieties can participate in interspecific combinations. It was found that the length of the central root of the black walnut at the end of the first year of cultivation is 15 cm longer than the length of the central root of the walnut and averages 43 cm. The main branching of lateral roots in walnut occurs at a depth of 10 to 20 cm. The number of main skeletal roots is generally 3-4 units. At the end of the first year of cultivation, the seedlings had a significantly smaller root system compared to black walnut. The root system of standard black walnut seedlings is on average 60% larger than that of walnut. The main branching of lateral roots is on average at a root length of 7 to 30 cm. Similar to the walnut, the root system of black walnut has 2-3 tiers. The number of skeletal roots averages 8-10 pieces, and the length of the main skeletal roots ranges from 15 to 30 cm. According to the research results, it can be concluded that walnut seedlings grafted on black walnut seedlings have prospects for further introduction into production as they can bear fruit faster, have relatively restrained growth, allow for the formation of a crown at the 3rd year of life and have a more powerful root system.

Keywords: *'Webu-6' variety, 'Chandler' variety, 'Kazaku' variety, grafting, seed germination, seedlings, root system architecture*

ЗМІЦНЕННЯ ТВЕРДОГО СПЛАВУ ДЕРЕВОРІЗАЛЬНИХ ПИЛ КОМПОЗИЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

З. С. СІРКО, кандидат технічних наук
О. С. ПРОТАСОВ, С. М. ОХРИМЕНКО, Д. П. ТОРЧИЛЕВСЬКИЙ,
Є. А. СТАРИШ, Л. М. ШЕВЧУК

Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»

E-mail: z.sirko@ukr.net

Heinrich Nickel

Altendorf GmbH & Co KG Maschinenbau

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.022](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.022)

***Анотація.** У статті висвітлені питання, пов'язані із зміцненням пластинок твердого вольфрамо-кобальтового сплаву дереворізальних дискових пил новими безвольфрамовими композиційними матеріалами. Показано, що вітчизняний твердий сплав значно поступається аналогічному твердому сплаву зарубіжного виробництва. Це, насамперед, пов'язано із технологією його виготовлення (недосконалістю устаткування для розмелювання вольфраму, що не дає можливість отримувати потрібну його дисперсність та способом спікання). Зазначено, що одним із шляхів вирішення даних проблем є розроблення технології зміцнення пластинок твердого сплаву, яка дасть можливість підвищити показники стійкості інструменту. Підвищити стійкість до зношення можна спеціальним поверхневим обробленням за допомогою нових композиційних матеріалів, що змінює такі властивості основного матеріалу, як твердість, корозійну та експлуатаційну зносостійкість та міцність. Проблема поверхневого зміцнення дереворізального інструменту із застосуванням зносостійких покриттів досить актуальна, так як відкриває широкі можливості із створення нових спеціальних матеріалів з принципово новими фізико-механічними та фізико-хімічними властивостями. До прогресивних технологій отримання таких покриттів відноситься метод їх формування під дією концентрованих потоків енергії із застосуванням електроіскрового легування. Основною перевагою поверхневого оброблення матеріалів є те, що не зважаючи на високу твердість та міцність поверхневого шару зберігається висока пластичність і в'язкість основи. Тому актуальними є дослідження, що направлені на зміцнення новими матеріалами дереворізальних пил методом електроіскрового легування.*

***Ключові слова:** дереворізальні пили, твердий сплав, зміцнення, композиційні матеріали, електроіскрове легування*

Постановка проблеми. дереворізального інструменту з високими зносостійкими властивостями. У той же час потребує високоякісного вітчизняний твердий вольфрамо-

Сірко З. С., Протасов О. С., Охріменко С. М., Торчиловський Д. П., Стариш Є. А., Шевчук Л. М., Nickel Н. кобальтовий сплав за своїми стійкісними показниками поступається аналогічному твердому сплаву зарубіжного виробництва (Prokovich, 2020). Це, насамперед, пов'язано із технологією його виробництва. Наприклад фірма «LEUKO» (Німеччина) завдяки досконалій технології розмолу вольфраму із застосуванням сучасного устаткування дає можливість отримувати необхідну дисперсність матеріалу. Досить вагоме значення має технологія спікання твердого сплаву, що є науково-технічним здобутком фірми і її технологічним надбанням. Оптимізація властивостей матеріалів – один із основних шляхів підвищення експлуатаційних характеристик дереворізального інструменту. Така зміна властивостей може досягатися як об'ємним легуванням матеріалу, тобто введенням в нього других більш стійких до зношення речовин, так і спеціальним поверхневим обробленням, що змінює такі властивості основного матеріалу, як твердість, корозійну та експлуатаційну зносостійкість, міцність тощо (Vlasenko, 2019; Litovchenko, & Ivanova L.P., 2016; Palivoda, Dyachun, Leshchuk, 2019). Проблема поверхневого зміцнення дереворізального інструменту із застосуванням зносостійких покриттів є однією з актуальних, оскільки відкриває широкі можливості із створення спеціальних матеріалів з принципово новими фізико-механічними та заданими експлуатаційними властивостями для інструменту. Основною перевагою поверхневого оброблення матеріалів є те, що незважаючи на високу твердість та міцність поверхневого шару зберігається висока пластичність і в'язкість основи. Поверхнєве зміцнення інструменту дає великий економічний ефект за рахунок підвищення у 3 – 4 рази його терміну служби через збільшення не тільки твердості, але також зносо-жаро-корозійної стійкості робочої поверхні. До прогресивних технологій отримання таких покриттів відносяться методи їхнього формування під дією концентрованих потоків енергії, насамперед із застосуванням лазерного і електроіскрового легування. Новим напрямком є створення економічних високоефективних композиційних матеріалів на основі тугоплавких з'єднань та кераміки, що мають більш високий рівень фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей у порівнянні з матеріалами, які традиційно використовують. До числа таких матеріалів відносяться безвольфрамові тверді сплави, що отримують методами порошкової металургії. Тому актуальними є дослідження, що направлені на зміцнення новими матеріалами дереворізальних пил методом електроіскрового легування.

Мета дослідження – збільшити експлуатаційний ресурс дереворізального інструменту шляхом електроіскрового легування твердого сплаву новими композиційними матеріалами та зменшити дефіцит твердих сплавів.

Матеріали і методи досліджень. Для проведення експериментальних досліджень були виготовлені дослідні зразки трьох дискових пил діаметром 400 мм з пластинками твердого сплаву ВК6. Кількість зубів пил – 56, товщина диску – 2,8 мм, матеріал корпусу пил – сталь 5Н1А. Для зміцнення інструменту були вибрані наступні матеріали: КТФХ, КНТ7А та ТБФХ.

КТФХ – сплав на основі карбиду титану. Карбід титану (TiC) – з'єднання вуглецю з титаном. Тугоплавкий, хімічно стійкий карбід, що має найбільшу серед карбідів твердість. В'язкими у сплаві служать нікель-молібденові сплави, сталі і т. і. Суттєва відмінність даного сплаву перед вольфрамо-кобальтовими твердими сплавами – округла форма зерен карбиду титану, що обумовлює високу зносостійкість різального інструменту за рахунок виключення наростоутворення.

КНТ7А – сплав на основі карбонітриду титану. Карбонітрид титану – твердий розчин карбідів та нітридів, що мають близькі кристалічні решітки. Сплав отримують азотуванням карбиду титана за температур вище $1200^{\circ}K$.

ТБФХ – сплав на основі бориду титану. Борид титану (TiB_2) – з'єднання бора з титаном. Тугоплавкий (точка плавлення біля $3250^{\circ}K$), з високою хімічною стійкістю.

Зміцнення зубів пил виконували методом електроіскрового легування, що полягає в створенні на поверхні матеріалу шару, легуваного за рахунок масопереносу, який проходить під час електричного розряду. Розряд електричного струму проходить при короточасному дотику аноду, що виготовлений із матеріалу, що наноситься та катоду – матеріалу підкладки (твердий сплав ВК6). Під час розриву контакту в зазорі високі температури і проходить перенос речовини анода в поверхню катода.

Електроіскрове легування проводили на установці «Елі трон-21». Основні параметри легування: струм короткого замикання – 1А; частота імпульсів – 1000 Гц; питомий час нанесення – $1\text{см}^2/\text{хв}$. Нанесення композиційних матеріалів проводили по передній, задній та бокових гранях зубів пил. Товщина нанесеного шару 30-35 мкм, мікротвердість $H = 12,5 - 16,5$ ГПа.

Були виготовлені три експериментальні зразки дереворізальних пил із зміцнюючим обробленням зубів, а також одна контрольна пила без зміцнюючого оброблення. Розпилювали деревинностружкові плити марки П-

Сірко З. С., Протасов О. С., Охріменко С. М., Торчиловський Д. П., Стариш Є. А., Шевчук Л. М. Nickel Н. А, шліфовані, товщиною 16 мм на верстаті з програмним керуванням ЦТМФ, що входить у лінію розкрою листових та плитних матеріалів МРП-1[5]. Визначали періоди стійкості пил до наступного їх перезаточення (поява сколів на матеріалі, що розпилюється).

Результати досліджень. Фізико-механічні характеристики зон зміцнення у сталі Х12М після електроіскрового легування стандартним твердим сплавом ВК8 та новим безвольфрамовим сплавом КТФХ23 наведені у табл. 1.

1. Фізико-механічні характеристики зон зміцнення у сталі Х12М після електроіскрового легування стандартним твердим сплавам ВК8 та новим без вольфрамовим сплавом КТФХ23

Зона зміцнення	Спосіб оброблення	Ширина зони, мкм	Коефіцієнт тертя	Відносне зношення J мкм/км	Модуль Юнга, ± 30 ГПа
ВК8					
Вихідне покриття	Електроіскрове легування	15	0,11	47	374
КТФХ23					
Вихідне покриття	Електроіскрове легування	20	0,12	38	350

Для визначення ефективності електроіскрового легування стандартним твердим сплавом ВК8 та композиційним матеріалом КТФХ23 були проведені дослідження, результати яких відображені у таблиці 1.

Періоди стійкості пил до перезаточування наведені у таблиці 2.

Результати випробувань показали, що дереворізальні пили із зміцнюючим обробленням зубів мають більш високі експлуатаційні показники.

2. Періоди стійкості пил до перезаточування

Зміцнюючий матеріал	№ зразка дереворізальної пили	Період стійкості, год
КНТ7А	1	19
ТБФХ	2	18
КТФХ	3	22
Без зміцнення	Контрольний зразок	12

Із результатів досліджень видно, що найбільша стійкість пили із зміцнюючим обробленням зубів матеріалом на основі карбїду титану КТФХ, яка у 1,83 рази більша, ніж контрольної пили.

Стійкість пил зі зміцнюючим обробленням зубів матеріалами на основі карбонїтриду титану КН7А і бориду титану ТБФХ дещо нижча, але перевищує стійкість контрольної пили відповідно у 1,58 і 1,5 рази. Отже, найбільш зносостійким є зміцнюючий матеріал на основі карбїду титану КТФХ.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що на відміну від контрольної пили з незміцненими зубами, на зубцях зміцнених пил не спостерігається інтенсивне початкове (первісне) зношення. Водночас швидше інших зношується задня поверхня, що вказує на абразивний характер зношення. Аналіз досліджень показав також, що під час зношення зміцнених зубів пил створюється своєрідна буферна площадка із зміцненого шару попередній і задній поверхням, що перешкоджає інтенсивному стиранню основи. При цьому дещо збільшується кут загострення, що також сприяє

Список використаних джерел

1. Прокопович І. (2020). Металознавство: навчальний посібник. ОНПУ.
2. Власенко А. (2019). Металознавство та технологія металів: підручник. Літера ЛТД.

підвищенню зносостійкості зубів пил. Отже, підвищення стійкості дискових пил з покриттям досягається за рахунок покращення властивостей поверхневого шару і характеру стирання, що перешкоджає інтенсивності процесу затуплення.

На основі викладеного можна рекомендувати заточення пил з покриттям проводити тільки по передній поверхні. Це збереже зміцнюючий шар на задній грані зуба, що піддається тертю та інтенсивному зношенню.

Висновки.

1. Проведені дослідження ефективних композиційних матеріалів і технологій підвищення ресурсу дереворізального інструменту з пластинками твердого сплаву показали перспективність електроіскрового легування інструменту новими композиційними матеріалами.

2. Результати досліджень показали, що найбільша стійкість пил зі зміцнюючим обробленням зубів матеріалів на основі карбїду титану КТФХ.

3. На основі досліджень можна рекомендувати заточення із зміцнюючим покриттям проводити тільки по передній грані.

3. Літовченко П.І., Іванова Л.П. (2016). Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник. НАНГУ.

4. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. (2019). Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник. Тернопільський національний

Сірко З. С., Протасов О. С., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Стариш Є. А., Шевчук Л. М. Nickel Н. технічний університет імені Івана Пулюя. НАНГУ.

5. Сірко З.С. (2017). Експлуатація лісопиляльних рам. Центр учбової літератури.

References

1. Prokopovich I. (2020). Metallurgy: textbook. ONPU.

2. Vlasenko A. (2019). Materials science and technology of metals: textbook. Letter LTD.

3. Litovchenko P.I., Ivanova L.P. (2016). Technology of structural materials: a study guide. NANGU.

4. Palivoda Yu.E., Dyachun A.E., Leshchuk R.Ya. (2019). Tool materials, cutting modes, technical standardization of mechanical processing: training manual. Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu. NANGU.

5. Sirko Z.S. (2017). Operation of sawmill frames. Center of educational literature.

STRENGTHENING OF THE CARBIDE ALLOY OF WOOD CUTTING SAWS WITH COMPOSITE MATERIALS

Z. Sirko, O. Protasov, S. Okhrimenko, D. Torchilevsky, E. Starish, L. Shevchuk, H. Nickel

Abstract. *The article covers issues related to the strengthening of solid tungsten-cobalt alloy plates of wood-cutting disc saws with new tungsten-free composite materials. It is shown that the domestic hard alloy is significantly inferior to the similar hard alloy of foreign production. This is primarily related to the technology of its production (the imperfection of the equipment for grinding tungsten, which does not make it possible to obtain the required dispersion and the method of sintering). It is noted that one of the ways to solve these problems is the development of a technology for strengthening hard alloy plates, which will make it possible to increase the stability indicators of the tool. Wear resistance can be increased by special surface treatment with the help of new composite materials, which changes such properties of the main material as hardness, corrosion and operational wear resistance, and strength. The problem of surface strengthening of wood-cutting tools with the use of wear-resistant coatings is quite urgent, as it opens wide opportunities for the creation of new special materials with fundamentally new physico-mechanical and physico-chemical properties. Advanced technologies for obtaining such coatings include the method of their formation under the action of concentrated energy flows with the use of electrospark alloying. The main advantage of the surface treatment of materials is that despite the high hardness and strength of the surface layer, the high plasticity and viscosity of the base is preserved. That is why research aimed at strengthening wood-cutting saws with new materials using the electrospark alloying method is relevant. The purpose of the research is to increase the service life of the wood-cutting tool by electrospark alloying of hard alloy with new composite materials and to reduce the shortage of hard alloys. The research results showed that dusts with strengthening treatment of teeth with a material based on titanium carbide $KT\Phi X$ have the greatest resistance.*

Keywords: wood cutting saws, hard alloy, strengthening, composite materials, electrospark alloying

UDC 629.7.054

**DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE DEVICE SHELL WITH
ARBITRARY GEOMETRY OF THE MERIDIAN LINE****V. M. MEL'NICK**, doctor of technical sciences, professor,<https://orcid.org/0000-0002-0004-7218>

E-mail: vmm71@i.ua

V. P. KOSOVA, <https://orcid.org/0000-0002-3441-6536>

E-mail: vera_62@ukr.net

G. V. BOIKO, candidate of technical sciences,<https://orcid.org/0009-0006-2433-8710>

E-mail: galy4ka1609@gmail.com

Zh. I. OSTAPENKO, postgraduate, <https://orcid.org/0000-0003-0949-9912>

E-mail: zhanna.ost@gmail.com

*National Technical University of Ukraine Kiev Polytechnic Institute***V. P. PAVLENKO**, <https://orcid.org/0000-0003-2303-0993>*UkraYinskiy naukovo-doslIdniy Institut spetsIalnoYi tehnIki ta sudovih ekspertiz**Sluzhbi bezpeki UkraYini*

E-mail: vica-kiev@i.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.023](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.023)

Abstract. *The theory describes the shell part of the apparatus as a surface with an arbitrary geometric outline and general acting factors. A mathematical model is constructed, and boundary conditions are formulated to determine the coordinate deformation functions of the shell part under any external disturbances. The methodology for calculating the elastic deformations of its surface with an arbitrary outline of the meridian line is also described. When analyzing the nature of a phenomenon and determining how to combat negative impacts on inertial navigation devices caused by certain factors, it is crucial to calculate the coordinate functions of the deformation of the vehicle's shell under the influence of spatial disturbances. It has been proved that inaccuracies or excessive simplifications lead to errors in the integration of the shell equations, and thus to errors in the calculation of the coordinate functions of the surface deformation and distortion of the meaning of the phenomenon. The equations for determining partial frequencies have been developed, revealing that oscillatory processes on the float's surface affect each other in all directions. Therefore, it is possible to determine the degree of influence for specific mass and dimensional modifications of the RMS. The scientific foundations have been laid for a deep analysis of the dynamics of the vehicle's shell under full-scale conditions. Additionally, a reasoned comparative analysis with the classical cylindrical modification of the float has been revealed. It is now possible to optimize the weight and size characteristics of the device. Theoretical foundations for improving the accuracy and reliability of float devices (and inertial navigation systems in general)*

are being developed based on passive methods of sound insulation and their combination with other methods, such as active and auto-compensation.

Keywords: *shell part, boundary conditions, mathematical modeling, arbitrary geometry of the shell, coordinate functions*

Introduction. Penetrating acoustic radiation generates elastic deformations on the surface of the float. Moreover, the radial components are most susceptible to this influence, which is explained by the lower stiffness of the shell in the plane of the frame compared to the other two - longitudinal and circumferential. Let us analyze the possibility of reducing this effect by abandoning the classical geometry of a circular cylinder in favor of a shell of revolution with a non-zero Gaussian curvature of the side surface - convex or concave (Fig. 1). As a partial example, the case of a circular cylinder is derived from the obtained regularities of elastic motion of the float surface in three directions. To do this, we should assume the Lamé constants $A_1 = 1$; $A_2 = R = const$.

The available scientific data make it possible to use ready-made differential equations of state for shells. At the same time, the authors simplified each specific problem, taking into account the problem being solved. Thus, in their final form, they may differ quite significantly. Therefore, there is a need to construct the differential equations of the shell dynamics in the most general form - with an arbitrary geometry of the meridian line delineation but to be able to obtain other variants of the shell of rotation - convex, concave, etc[1,2]. This

creates opportunities for scientifically based conclusions on comparative analysis and the selection of ways to optimize the design.

Literature review and problem statement. To build a plane of a given angular orientation on moving objects, three-axis gyrostabilized platforms are used. They are known to have coordinate system creation errors due to the influence of a number of factors, of which cross-tie can be considered the main one [3-5]. But, basically, its drift is still caused by the errors of two-stage gyroscopes (for example, of the DUSU type), which serve as the platform's sensing elements.

An in-depth analysis of the errors of a two-stage float gyroscope under kinematic, power disturbance, unbalance of the moving part, gravity of current leads, due to the action of cross-angle velocity, and other external factors is given in the scientific literature [2]. At the same time, as it turned out, other negative factors that occur in the field but have not yet been identified require serious study. We are talking about penetrating acoustic radiation, which leads to wave processes in the suspension and additional measurement errors. And, importantly, it is necessary to create computational models that would take into account not only, and not so much, the actual effect of sound

fields, but their simultaneous influence with the angular movement of the base. The computational model analyzes the effect of the joint action of acoustic radiation and low-frequency angular motion of an object on the error of a two-stage float gyroscope. The kinematic impact acts on the device through the supports, while the acoustic impact acts through the environment. The elastic movements of the float surface resulting from a sound wave, subject to the angular motion of the base, cause Coriolis moments of inertia forces to appear[6]. These forces act as a false' angular velocity on the input axis for the gyroscope and result in measurement errors (or output signal drift in the case of an integrating gyroscope).

The **purpose** of the research is to formulate a reasonable formulation of the boundary conditions of the state of a cylindrical float of an industrial-strength two-stage gyroscope. The use of a generalized approach allows for the expansion of the problem's boundaries and a better understanding of the phenomenon. The coordinate functions of the deformed surface of the float can be calculated to clarify the regularity of wave processes in the gyroscope suspension and their contribution to the appearance of additional device errors, under certain boundary conditions.

The **object** of research is a commercially manufactured two-stage

float gyroscope of the DUSU2-6AS series, which is used on long-range aircraft. The device consists of two coaxial cylinders separated by a heavy liquid. The inner one contains the gyro unit itself[7].

Shell with arbitrary geometry of the meridian line.

A shell is formed by rotating any curve around the chosen axis of symmetry. Let's assume that this curve does not cross the axis of rotation (Fig. 1). The reference (inertial) and bound coordinate systems are shown in the diagram, where the following notations are used: $r = f(z)$ – rotation curve; r – is the distance from the axis of rotation to point M .

Let's take the length of the shell equal to l . Then $z \in [0, l]$.

Let φ be the coordinate that defines the position of the point M on the parallel. Then, for an infinitesimal distance between two points on the median surface π of the shell, we can write the following relation

$$dS^2 = dS_1^2 + dS_2^2,$$

where dS_1 is the arc differential along the meridian; dS_2 is the arc differential along the parallel.

$$\text{Since } dS_1^2 = [1 + f'^2(z)] dz^2;$$

$$dS_2^2 = r^2 d\varphi^2 = [f(z)]^2 d\varphi^2,$$

then

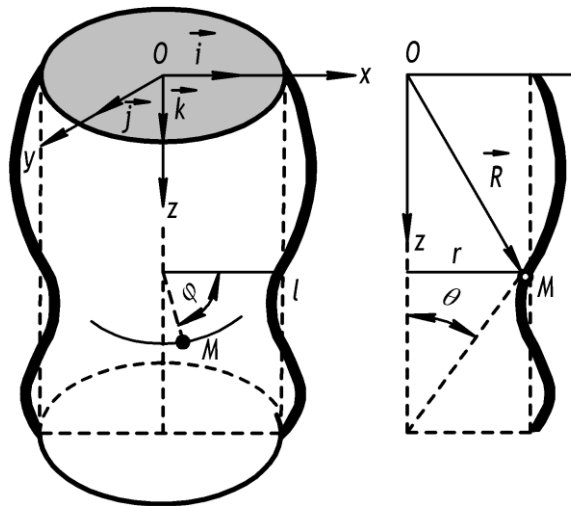


Fig. 1. Moving vehicle in the form of a shell with an arbitrary geometry of the meridian line

$$dS^2 = [1 + f'^2(z)] dz^2 + [f(z)]^2 d\varphi^2. \quad (1)$$

Hence, it follows that the coordinates α_1 and α_2 the appropriate choice is [8,9].

$$\alpha_1 = z; \quad \alpha_2 = \varphi.$$

Then

$$A_1 = \sqrt{1 + f'^2(z)}; \quad A_2 = f(z). \quad (2)$$

This enables us to draw an important conclusion: the Lamé parameters A_1 and A_2 are functions of a single coordinate, z .

Other curved coordinates can also be selected as a coordinate α_i , for example, $\alpha_1 = \theta$, $\alpha_2 = \varphi$.

$$U_1 \Rightarrow U_z; \quad U_2 \Rightarrow U_\varphi; \quad W \Rightarrow W; \quad \alpha_1 \Rightarrow z; \quad \alpha_2 \Rightarrow \varphi.$$

With this in mind, these equations take on a different form. The equation

$$\frac{Eh}{1-\nu^2} \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{A_2}{A_1} \frac{\partial U_z}{\partial z} + \nu \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\nu}{A_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z + W \left(\frac{A_2}{R_1} + \nu \frac{A_2}{R_2} \right) \right] +$$

$$+ \frac{Eh}{2(1+\nu)} \frac{1}{A_1} \left(A_1 \frac{\partial^2 U_\varphi}{\partial z \partial \varphi} + \frac{A_1^2}{A_2} \frac{\partial^2 U_z}{\partial \varphi^2} - \frac{A_1}{A_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} \right) -$$

Let us write the equations of the shell's motion in the coordinates $\alpha_1 = z$, and $\alpha_2 = \varphi$. In this case, the expressions should be replaced with the appropriate notation:

in the z coordinate is written in the form

Мельник В. М., Косова В. П., Бойко Г. В., Остапенко Ж. І., Павленко В. П.

$$\begin{aligned}
& -\frac{Eh}{1-\nu^2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \left[\nu \frac{1}{A_1} \frac{\partial U_z}{\partial z} + \frac{1}{A_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{1}{A_1 A_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z + W \left(\nu \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \right] + \\
& + \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \frac{1}{R_1} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{A_2}{A_1^3} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{A_2}{A_1^2} \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - \frac{\nu}{A_2} \frac{\partial^2 W}{\partial \varphi^2} - \frac{A_2}{A_1 R_1^2} \frac{\partial R_1}{\partial z} U_z + \right. \\
& \quad \left. + \frac{A_2}{A_1 R_1} \frac{\partial U_z}{\partial z} + \frac{\nu}{R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{\nu}{A_1^2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} + \frac{\nu}{A_1 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z \right) + \tag{3} \\
& + \frac{Eh^3}{12(1+\nu)} \frac{1}{A_1} \frac{1}{R_1} \left[-\frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{A_1}{A_2} \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial \varphi} \right) + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{A_1}{A_2^2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial \varphi} \right) + \right. \\
& + \left. \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{A_1^2}{A_2 R_1} \frac{\partial U_z}{\partial \varphi} \right) - \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{A_1}{A_2 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z \right) + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{A_1}{R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial z} \right) \right] + \\
& + \frac{Eh^3}{12(1+\nu)} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(-\frac{1}{A_2 R_1} \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial \varphi} + \frac{1}{A_2^2 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial \varphi} + \frac{A_1}{A_2 R_1^2} \frac{\partial U_z}{\partial \varphi} - \right. \\
& - \left. \frac{1}{A_2 R_1^2} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z + \frac{1}{R_1 R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial z} \right) - \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \frac{1}{R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} \left(\frac{\nu}{A_1^3} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} - \right. \\
& + \left. \frac{\nu}{A_1 R_1} \frac{\partial U_z}{\partial z} + \frac{1}{A_2 R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} - \right. \\
& - \left. \frac{1}{A_1^2 A_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{1}{A_1 A_2 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z = A_1 A_2 \left(-q_1 + \rho h \frac{\partial^2 U_z}{dt^2} \right). \right.
\end{aligned}$$

The φ coordinate equation takes the form

$$\begin{aligned}
& \frac{Eh}{1-\nu^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left[\nu \frac{\partial U_z}{\partial z} + \frac{A_1}{A_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{1}{A_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z + W \left(\frac{\nu A_1}{R_1} + \frac{A_1}{R_2} \right) \right] + \\
& + \frac{Eh}{2(1+\nu)} \frac{1}{A_2} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{A_2^2}{A_1} \frac{\partial U_\varphi}{\partial z} + A_2 \frac{\partial U_z}{\partial \varphi} - \frac{A_2}{A_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_\varphi \right) + \\
& + \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \frac{1}{R_2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{\nu}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{\nu}{A_1} \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - \frac{A_1}{A_2^2} \frac{\partial^2 W}{\partial \varphi^2} - \frac{\nu}{R_1^2} \frac{\partial R_1}{\partial z} U_z + \right. \\
& + \left. \frac{\nu}{R_1} \frac{\partial U_z}{\partial z} + \frac{A_1}{A_2 R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{1}{A_1 A_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} + \frac{1}{A_2 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z \right) + \\
& + \frac{Eh^3}{12(1+\nu)} \frac{1}{A_2} \frac{1}{R_1} \frac{\partial}{\partial z} \left(-\frac{A_2}{A_1} \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial \varphi} + \frac{1}{A_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial \varphi} + \frac{A_2}{R_1} \frac{\partial U_z}{\partial \varphi} - \frac{A_2}{A_1 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z + \right. \\
& + \left. \frac{A_2^2}{A_1 R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} \right) + \frac{Eh^3}{12(1+\nu)} \frac{\partial}{\partial z} \left(-\frac{1}{A_1 R_2} \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial \varphi} + \frac{1}{A_1 A_2 R_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial \varphi} + \frac{1}{R_1 R_2} \frac{\partial U_z}{\partial \varphi} - \right. \\
& \quad \left. - \frac{1}{A_1 R_1 R_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z + \frac{A_2}{A_1 R_2^2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial z} \right) + \tag{4}
\end{aligned}$$

$$+ \frac{Eh^3}{12(1+\nu)} \frac{1}{R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} \left(-\frac{1}{A_1 A_2} \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial \varphi} + \frac{1}{A_1 A_2^2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial \varphi} + \frac{1}{A_2 R_1} \frac{\partial U_z}{\partial \varphi} - \frac{1}{A_1 A_2 R_1} U_z + \frac{1}{A_1 R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial z} \right) = A_1 A_2 \left(-q_2 + \rho h \frac{\partial^2 U_\varphi}{\partial t^2} \right).$$

Finally, we get:

$$\begin{aligned} & \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \frac{1}{A_1} \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{A_2}{A_1^3} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{A_2}{A_1^2} \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - \frac{\nu}{A_2} \frac{\partial^2 W}{\partial \varphi^2} - \frac{A_2}{A_1 R_1^2} \frac{\partial R_1}{\partial z} U_z + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{A_2}{A_1 R_1} \frac{\partial U_z}{\partial z} + \frac{\nu}{R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{\nu}{A_1^2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} + \frac{\nu}{A_1 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z \right) \right] + \frac{Eh^3}{12(1+\nu)} \frac{1}{A_1} \frac{\partial}{\partial z} \times \\ & \times \left[\frac{1}{A_1} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(-\frac{A_1}{A_2} \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial \varphi} + \frac{A_1}{A_2^2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial \varphi} + \frac{A_1^2}{A_2 R_1} \frac{\partial U_z}{\partial \varphi} - \frac{A_1}{A_2 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z + \frac{A_1}{R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial z} \right) \right] - \\ & - \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \left\{ \frac{1}{A_1} \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{\partial A_2}{\partial z} \left(\frac{\nu}{A_1^3} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{\nu}{A_1^2} \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - \frac{1}{A_2^2} \frac{\partial^2 W}{\partial \varphi^2} - \frac{\nu}{A_1 R_1^2} \frac{\partial R_1}{\partial z} U_z + \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. + \frac{\nu}{A_1 R_1} \frac{\partial U_z}{\partial z} + \frac{1}{A_2 R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{1}{A_1^2 A_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} + \frac{1}{A_1 A_2 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z \right) \right] \right\} - \quad (5) \\ & - \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{A_2}{A_1^3} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{A_2}{A_1^2} \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - \frac{\nu}{A_2} \frac{\partial^2 W}{\partial \varphi^2} - \frac{A_2}{A_1 R_1^2} \frac{\partial R_1}{\partial z} U_z + \right. \\ & \left. + \frac{A_2}{A_1 R_1} \frac{\partial U_z}{\partial z} + \frac{\nu}{R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{\nu}{A_1^2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} + \frac{\nu}{A_1 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z \right) - \\ & - \frac{Eh^3}{12(1+\nu)} \frac{1}{A_1^3} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(-\frac{A_1}{A_2} \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial \varphi} + \frac{A_1}{A_2^2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial \varphi} + \frac{A_1^2}{A_2 R_1} \frac{\partial U_z}{\partial \varphi} - \frac{A_1}{A_2 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z + \right. \\ & \left. + \frac{A_1}{R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial z} \right) + \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial A_2}{\partial z} \left(\frac{\nu}{A_1^3} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{\nu}{A_1^2} \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - \frac{1}{A_2^2} \frac{\partial^2 W}{\partial \varphi^2} - \right. \\ & \left. - \frac{\nu}{A_1 R_1^2} \frac{\partial R_1}{\partial z} U_z + \frac{\nu}{A_1 R_1} \frac{\partial U_z}{\partial z} + \frac{1}{A_2 R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{1}{A_1^2 A_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} + \frac{1}{A_1 A_2 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z \right) + \\ & + \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \frac{1}{A_2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left[\frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{\nu}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{A_1}{A_2^2} \frac{\partial^2 W}{\partial \varphi^2} - \frac{\nu}{A_1} \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - \frac{\nu}{R_1^2} \frac{\partial R_1}{\partial z} U_z + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{A_1}{A_2 R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\nu}{R_1} \frac{\partial U_z}{\partial z} - \frac{1}{A_1 A_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} + \frac{1}{A_2 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z \right) \right] + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{Eh^3}{12(1+\nu)} \frac{1}{A_2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left[\frac{1}{A_2} \frac{\partial}{\partial z} \left(-\frac{A_2}{A_1} \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial \varphi} + \frac{1}{A_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial \varphi} + \frac{A_2^2}{A_1 R_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial z} + \frac{A_2}{R_1} \frac{\partial U_z}{\partial \varphi} - \frac{A_2}{A_1 R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z \right) \right] - \\
 & - \frac{Eh}{1-\nu^2} A_1 A_2 \left\{ \frac{1}{R_1} \left[\frac{1}{A_1} \frac{\partial U_z}{\partial z} + \nu \frac{1}{A_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\nu}{A_1 A_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z + W \left(\frac{1}{R_1} + \frac{\nu}{R_2} \right) \right] \right\} + \\
 & + \frac{1}{R_2} \left[\frac{\nu}{A_1} \frac{\partial u_z}{\partial z} + \frac{1}{A_2} \frac{\partial U_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{1}{A_1 A_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} U_z + W \left(\frac{\nu}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \right] \Bigg\} = -A_1 A_2 \left(q_n + \rho h \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} \right).
 \end{aligned}$$

Thus, the equations of the investigated shell have been greatly simplified compared to the original ones.

As a special case, the equations of a circular cylindrical shell are derived

$$A_1=1; \quad A_2=R=\text{const}$$

Differential equations of a special shape shell

Consider the convex (Fig. 2, a) and concave (Fig. 2, b) shells of rotation relative to the axis of rotation. In both cases, it is assumed that $OD=BA=R$, and the curve $f(z)$, which forms the shell of

from expressions (3) – (5). To do this, it is enough to take the following values of the Lamé constants:

rotation, is symmetric with respect to the line CM, which intersects the axis of rotation in the middle ($OB = l; OC = CB = \frac{l}{2}$).

We also assume that

$$f(0) = f(l) = R = \text{const}. \tag{6}$$

Consider the coordinate system $C_1 z_1 r_1$ (Fig. 2). The relationship

between this system and the reference Ozr is defined by the relations

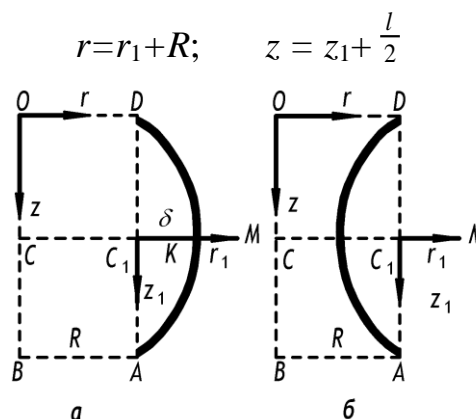


Fig. 2. A special shape of the rotation shell: a) convex; b) concave

In the frame of reference $C_1 z_1 r_1$ the shape of the shell (meridian line) is given by the expression

$$r_1 = \pm f_1(z_1), \quad (7)$$

where the «+» sign corresponds to Fig. 10.2, *a*, and the «-» – sign corresponds to Fig. 2, *b*.

$$f_1(-z_1) = f_1(z_1); \quad f_1\left(\pm \frac{l}{2}\right) = 0;$$

functions $[+f_1(z_1)]$ are strictly convex, and functions $[-f_1(z_1)]$ are strictly concave; the point with coordinate $z_1 = 0$ is the point of extremum for the functions $\pm f_1(z_1)$;

Let us find out for which class of curves $f_1(z_1)$ the following conditions are fulfilled:

function $f_1(z_1)$ is decreasing if $\forall z_1 \in \left(0; \frac{l}{2}\right)$ (Fig. 2, *a*) and increasing if $\forall z_1 \in \left(0; \frac{l}{2}\right)$ (Fig. 2, *b*).

Now let's consider an example.

Let's say that

$$F_1(z_1) = a_2 - a_0 z_1^2, \quad a_2 > 0; \quad a_0 > 0.$$

Obviously, $f_1(-z_1) = f_1(z_1)$. Then, according to Fig. 2, we have:

$$f_1\left(\pm \frac{l}{2}\right) = 0 \Rightarrow a_2 - a_0 \frac{l^2}{4} = 0.$$

Hence $a_2 = a_0 \frac{l^2}{4}$. With that in mind, we can write it down:

$$f_1(z_1) = a_0 \left(\frac{l^2}{4} - z_1^2 \right), \quad a_0 > 0. \quad (8)$$

We denote the rise of the parabola C_1K at the point $z_1 = 0$ by δ (Fig. 2, *a*). Then

$$\delta = a_0 \frac{l^2}{4} \Rightarrow a_0 = \frac{4\delta}{l^2}.$$

It can be written down that

$$f_1(z_1) = \delta - \frac{4\delta}{l^2} z_1^2 = \delta \left(1 - 4 \frac{z_1^2}{l^2} \right). \quad (9)$$

The equation of the shell meridian line in the Ozr reference coordinate system is:

$$r = f(z) = R + \delta \left[1 - \frac{4}{l^2} \left(z - \frac{l}{2} \right)^2 \right]. \quad (10)$$

Or

$$f(z) = R \left[1 + \frac{\delta}{R} - \frac{4\delta}{Rl^2} \left(z - \frac{l}{2} \right)^2 \right]; \quad (11)$$

$$f'(z) = -\frac{8\delta}{l^2} \left(z - \frac{l}{2} \right); \quad (12)$$

$$A_1 = \sqrt{1 + 64 \frac{\delta^2}{l^4} \left(z - \frac{l}{2} \right)^2}; \quad (13)$$

$$A_2 = R \left[1 + \frac{\delta}{R} - \frac{4\delta}{Rl^2} \left(z - \frac{l}{2} \right)^2 \right]. \quad (14)$$

In lines of curvature, the rules for differentiating unit vectors \vec{e}_i are as follows:

$$\frac{1}{A_1} \frac{\partial \vec{e}_1}{\partial \alpha_1} = -\frac{1}{A_1 A_2} \frac{\partial A_1}{\partial \alpha} \vec{e}_2 - \frac{1}{R_1} \vec{e}_3; \quad \frac{1}{A_1} \frac{\partial \vec{e}_2}{\partial \alpha_1} = \frac{1}{A_1 A_2} \frac{\partial A_1}{\partial \alpha} \vec{e}_1; \quad \frac{1}{A_1} \frac{\partial \vec{e}_3}{\partial \alpha_1} = \frac{1}{R_1} \vec{e}_1, \quad (15)$$

where \vec{e}_3 is the normal vector to the surface.

These expressions will be useful for further calculations.

Let's move on to deriving the formulas for calculating the curvature of

coordinate lines $\left(\frac{1}{R_1} \right)$ and $\left(\frac{1}{R_2} \right)$ in the undeformed state of the shell surface.

From Fig. 1 we obtain the obvious vector equation for the points of the median surface:

$$\vec{R} = \vec{R}(z, \varphi) = \vec{i}r \cos \varphi + \vec{j}r \sin \varphi + \vec{k}z = \vec{i}f(z) \cos \varphi + \vec{j}f(z) \sin \varphi + \vec{k}z. \quad (16)$$

Then

$$\left. \begin{aligned} \vec{R}_z = \frac{\partial \vec{R}}{\partial z} = \vec{i}f'(z) \cos \varphi + \vec{j}f'(z) \sin \varphi + \vec{k}; \quad \vec{e}_1 = \vec{e}_z = \frac{1}{|\vec{R}_z|}; \\ \vec{R}_\varphi = \frac{1}{A_1} \left[\vec{i}f'(z) \cos \varphi + \vec{j}f'(z) \sin \varphi + \vec{k} \right], \quad A_1 = \sqrt{1 + f'^2(z)}; \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

$$\vec{R}_\varphi = \left[-\vec{i}r \sin \varphi + \vec{j}r \cos \varphi \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{e}_2 = \vec{e}_\varphi = \frac{1}{|\vec{R}_\varphi|} \left(-\vec{i}r \sin \varphi + \vec{j}r \cos \varphi \right) = \frac{1}{A_2} \left(-\vec{i}r \sin \varphi + \vec{j}r \cos \varphi \right). \quad (18)$$

$$\vec{e}_3 = \vec{e}_1 \times \vec{e}_2 = \frac{1}{A_1} \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ f'(z) \cos \varphi & f'(z) \sin \varphi & 1 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \end{vmatrix} = \frac{1}{A_1} \left[-\vec{i} \cos \varphi + \vec{j} \sin \varphi + \vec{k} f'(z) \right]. \quad (19)$$

From formulas (15) it follows:

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{A_1} \vec{e}_1 \frac{\partial \vec{e}_3}{\partial z};$$

$$\frac{\partial \vec{e}_3}{\partial z} = -\frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \left[-\vec{i} \cos \varphi - \vec{j} \sin \varphi + \vec{k} f'(z) + \frac{\vec{k}}{A_1} f''(z) \right] =$$

$$= \vec{i} \frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \cos \varphi + \vec{j} \frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \sin \varphi + \vec{k} \left[-\frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} f'(z) + \frac{1}{A_1} f''(z) \right]. \quad (20)$$

Then

$$\vec{e}_1 \frac{\partial \vec{e}_3}{\partial z} = \frac{1}{A_1^3} f'(z) \cos^2 \varphi + \frac{1}{A_1^3} f'(z) \sin^2 \varphi - \frac{1}{A_1^3} \frac{\partial A_1}{\partial z} f'(z) + \frac{1}{A_1^2} f''(z) = \frac{1}{A_1^2} f''(z).$$

Taking into account the above, we can write down the known ratio –

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{A_1^3} f''(z) = \frac{f''(z)}{[1+f'^2(z)]^{\frac{3}{2}}}. \quad (21)$$

Consequently,

$$\frac{1}{R_2} = -\frac{1}{A_1 A_2}, \quad (22)$$

or

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_2(z)} = -\frac{1}{f(z) \sqrt{1+f'^2(z)}}. \quad (23)$$

If the shell of revolution is a cylindrical surface, then $f(z) = R = \text{const}$, where R is the radius of the shell.

The Codazzi identity for the considered shell of revolution will change as follows:

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_1} \left(\frac{A_2}{R_2} \right) = \frac{\partial}{\partial z} \left[A_2 \left(-\frac{1}{A_1 A_2} \right) \right] = -\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{A_1} \right) = \frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z}; \quad A_1 = \sqrt{1+f'^2(z)};$$

$$\frac{\partial A_1}{\partial z} = \frac{1}{A_1} f''(z) f'(z).$$

$$\text{And so, } \frac{\partial}{\partial \alpha_1} \left(\frac{A_2}{R_2} \right) \Rightarrow \frac{f''(z) f'(z)}{[1+f'^2(z)]^{\frac{3}{2}}}.$$

$$\text{The right side will look like this } \frac{1}{R_1} \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_1} \Rightarrow \frac{f''(z) f'(z)}{[1+f'^2(z)]^{\frac{3}{2}}}.$$

The second ratio turns to zero.

Let's clarify the relations for calculating the Lamé parameters A_1 and

A_2 , as well as the curvature $\left(\frac{1}{R_1}\right)$ and

we will assume that the following conditions must be met $\zeta = \frac{\delta}{R} < 1$.

$\left(\frac{1}{R_2}\right)$. In the course of further research,

Parameter A_2 should be given in the form

$$A_2 = R + \delta - \delta \left(\frac{2z}{l} - 1\right)^2 = (R + \delta) \left[1 - \frac{\delta}{R + \delta} \left(\frac{2z}{l} - 1\right)^2\right] = (R + \delta) [1 - \xi(z)], \quad (24)$$

$$\text{where } \xi(z) = \frac{\delta}{R + \delta} \left(\frac{2z}{l} - 1\right)^2.$$

It is easy to establish that the function $\xi(z) \leq 1$ at $\forall z \in [0, l]$, i.e.

Parameter A_1 is represented as

$$0 \leq \xi(z) \ll 1.$$

$$A_1 = [1 + f'^2(z)]^{\frac{1}{2}} = \left[1 + 16 \frac{\delta^2}{l^2} \left(\frac{2z}{l} - 1\right)^2 \xi(z)\right]^{\frac{1}{2}} = [1 + 16\zeta(1 + \zeta)\eta^2 \xi(z)]^{\frac{1}{2}},$$

$$\text{where } \eta = \frac{R}{l}.$$

The final parameter value

$$A_1 = [1 + 2\mu \xi(z)]^{\frac{1}{2}}, \quad (25)$$

$$\text{where } \mu = 8\zeta(1 + \zeta)\eta^2.$$

From now on, we consider the shell geometry to be such that the condition

$$2\mu \ll 1. \quad (26)$$

This condition has the feature of containing characteristic geometric parameters.

Taking into account the caveat (26), we assume that

$$A_1 \cong 1 + \mu \xi(z) - \frac{1}{2} \mu^2 \xi^2(z). \quad (27)$$

Now let us transform the relations (21)

We have:

and (22) to calculate the values $\frac{1}{R_1}$ and

$$\frac{1}{R_2}.$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{-\frac{8\delta}{l^2}}{\left[1 + 16\left(\frac{\delta}{l}\right)^2 \left(\frac{2z}{l} - 1\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} = -\frac{\mu}{R + \delta} \left[1 + 2\mu \xi(z)\right]^{\frac{3}{2}}. \quad (28)$$

Given the basic assumption (26), expression (28) is simplified:

$$\frac{1}{R_1} \cong -\frac{1}{R} \frac{\mu}{1 + \zeta} \left[1 - \zeta \mu \xi(z) + \frac{15}{2} \mu^2 \xi^2(z)\right]. \quad (29)$$

It is obvious that if $\delta \rightarrow 0$, then $\mu \rightarrow 0$, therefore, $\frac{1}{R_1} \rightarrow 0$. According to (23)

$$\frac{1}{R_2} = -\frac{1}{f(z) \left[1 + f'^2(z)\right]^{\frac{1}{2}}} = -\frac{1}{A_1 A_2}.$$

Taking into account expressions (24) and (27), we obtain:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_2} &= -\frac{1}{\left[1 + \mu \xi(z)\right] (R + \delta) \left[1 - \xi(z)\right]} = \\ &= -\frac{1}{R + \delta} \left[1 - \mu \xi(z) + \mu^2 \xi^2(z) - \dots\right] \left[1 + \xi(z) + \xi^2(z) + \dots\right] = \\ &= -\frac{1}{R + \delta} \left[1 + (1 - \mu) \xi(z) + (1 - \mu + \mu^2) \xi^2(z) + \dots\right]. \end{aligned} \quad (30)$$

Finally, we have:

$$\frac{1}{R_2} \cong -\frac{1}{R(1 + \zeta)} \left[1 + (1 - \mu + \mu^2) \xi(z) + (1 - \mu)^2 \xi^2(z) + \dots\right].$$

If $\delta \rightarrow 0$, $\xi \rightarrow 0$ i $\mu \rightarrow 0$, then from the formula (26)

$$\frac{1}{R_2} \Rightarrow -\frac{1}{R}.$$

Formulas (24), (27), (28), and (30) are valid only for the fulfillment of condition (26).

$\zeta = \frac{\delta}{R} = 0,3$. This is a sufficient convexity (or concavity) of the surface. Then.

Let us numerically evaluate the possible geometry of the shell. Let

$$2\mu = 16\zeta(1 + \zeta)\eta^2 = 16 \cdot 0,3 \cdot 1,3\eta^2 = 6,24\eta^2, \quad \eta = \frac{R}{l}.$$

Мельник В. М., Косова В. П., Бойко Г. В., Остапенко Ж. І., Павленко В. П.

In order to fulfill conditions (30) and $2\mu \ll 1$, it is necessary to take relatively long shells with significant convexity (or curvature).

Let $\eta = 0,1$. Then

$$2\mu = 6,24 \cdot 0,01 \cong 0,06 \Rightarrow \mu \cong 0,030.$$

If $\eta = 0,2, \Rightarrow \eta^2 = 0,04, \Rightarrow \mu \cong 0,125$.

The last case is the most unfavorable. Let's analyze the values of the coefficients in expressions (24), (27), (28), and (30).

First of all

$$\xi(z) = \frac{\zeta}{1+\zeta} \left(\frac{2z}{l} - 1 \right).$$

Then the maximum value of $\xi(z)$, if $\forall z \in [0, l]$ and $\zeta = 0,3$, will be equal to $\frac{0,3}{1,3} = 0,23$. Maximum values of other parameters:

$$A_1 \cong 1 + 0,125 \cdot 0,23 - \frac{1}{2} (0,125)^2 (0,23)^2 \cong 1 + 0,03; \quad A_2 = 1,3 R (1 - 0,23);$$

$$\frac{1}{R_1} \cong \frac{-1,25}{1,3 R} [1 - 3 \cdot 0,125 \cdot 0,23 + 7,5 \cdot 0,016 \cdot 0,053] \cong$$

$$\cong -\frac{1,25}{13 R} [1 - 0,375 \cdot 0,23 + \dots] \cong -\frac{1,25}{13 R} (1 - 0,086);$$

$$\frac{1}{R_2} = -\frac{1}{1,3 R} [1 + (1 - 0,125 + 0,0156) \cdot 0,23 + (1 - 0,25 + 0,0156) \cdot 0,053] =$$

$$= -\frac{1}{1,3 R} (1 + 0,205 + 0,04).$$

Thus, the above numerical calculations give us the right to assert that it is possible to set such geometric dimensions of the shell that in the parameters $A_1, A_2, \frac{1}{R_1}$ and $\frac{1}{R_2}$, we can neglect the terms after the third term.

Conclusion

These results enable the solution of a broad range of applied problems. For

Список використаних джерел

1. Карачун В.В., Мельник В.М., Ладогубець Н.В. Надзвукові літальні

instance, comparative calculations can be performed for a classical circular float shell. There are various methods to determine the coordinate functions, and one of them has been analyzed here. This option has the advantage of allowing the selection of a side surface geometry that meets the conditions of a specific technical problem.

апарати: монографія. Київ: Корнійчук, 2014. 240 с.

Мельник В. М., Косова В. П., Бойко Г. В., Остапенко Ж. І., Павленко В. П.

2. Korobiichuk, I.V., Mel'nick, V.M., Kosova, V.P., Maksymenko, K.A. Equations of Disturbed Motion of the Moving Part of the Gyroscope Suspension. *Journal of Sensors*. 2022. Vol. 22. No. 19. Article number 7442. <https://doi.org/10.3390/s22197442>.

<https://www.mdpi.com/1424-8220/22/19/7442>.

3. Korobiichuk, I.V., Mel'nick, V.M., Kosova, V.P., Ostapenko, Zh.I., Gnateiko, N.V., & Rzeplinska-Rykala, K.O. Mathematical Model of the Approximate Function as the Result of Identification of the Object of Automatic Control: 27th International Conference on Automation, AUTOMATION (Warsaw, March 7-9 March, 2023). Warsaw, 2023. Vol. 630. pp. 173–182. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25844-2_16.

4. Мельник, В.Н., Ладогубец Н.В., Волновые задачи в акустических средах: монографія. Киев: Корнейчук, 2016. 432 с.

5. Мельник В.Н., Карачун В.В. Звуковий бар'єр і вплив потужної N-хвилі на пружні конструкції апаратів класу "Air to Air". *Космічна наука і технологія*. 2012. Т. 18, № 5. С. 12–23.

6. Kulyk M.S., Mel'nyck V.M., Karachun V.V., Ladogubets N.V. Suborbital and Atmospheric Hypersound Technologies: monograph. Kyiv: NAU, 2015. 328 p.

7. Mel'nick V.N. Stress-strain state of a gyroscope suspension under acoustic loading. *Strength of Materials*. Vol. 39, Issue 1. P. 24 – 36. <https://doi.org/10.1007/s11223-007-0004-6>.

8. Heng, M.O., Erkorkmaz, K.P. Design of a NURBS Interpolator with minimal feed fluctuations and continuous feed modulation capability. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2010. Vol. 50, Issue 3. P. 281–293. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2009.11.005>.

1. Karachun, V.V., Mel'nick, V.N., & Ladogubets, N.V. (2014). *Nadzvukovi litalni aparaty*. Kyiv: Korniyuchuk.

2. Korobiichuk, I.V., Mel'nick, V.M., Kosova, V.P., & Maksymenko, K.A. (2022). Equations of Disturbed Motion of the Moving Part of the Gyroscope Suspension. *Sensors*, 22(19).

<https://doi.org/https://www.mdpi.com/1424-8220/22/19/7442>.

3. Korobiichuk, I.V., Mel'nick, V.M., Kosova, V.P., Ostapenko, Zh.I., Gnateiko, N.V., & Rzeplinska-Rykala, K.O. (2023). Mathematical Model of the Approximate Function as the Result of the Object of Automatic Control, *27th International Conference on Automation, AUTOMATION* (pp. 173–182). Warsaw: Springer Science and Business Media. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25844-2_16.

4. Mel'nick, V.N., & Ladogubets, N.V. (2016). *Wave problems in acoustic environments*. Kyiv: Korniyuchuk.

5. Mel'nick, V.N., & Karachun, V.V. (2012). The sound barrier and influence of the powerful N-wave on elastic constructions of "Air to Air" class. *Space Science and Technology*, 18(5), 12–23.

6. Kulyk, M.S., Mel'nick, V.N., Karachun, V.V., & Ladogubets, N.V. (2015). *Suborbital and Atmospheric Hypersound Technologies*. Kyiv: NAU.

7. Mel'nick, V.N. (2007). Stress-strain state of a gyroscope suspension under acoustic loading. *Strength of Materials*. 39(1), 24 – 36. <https://doi.org/10.1007/s11223-007-0004-6>.

8. Heng, M.O., & Erkorkmaz, K.P. (2010). Design of a NURBS Interpolator with minimal feed fluctuations and continuous feed modulation capability. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 50(3), 281–293. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2009.11.005>.

References

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ ОБОЛОНКИ АПАРАТУ З ДОВІЛЬНОЮ ГЕОМЕТРІЄЮ ЛІНІЇ МЕРИДІАНУ**В. М. Мельник, В. П. Косова, Г. В. Бойко, Ж. І. Остапенко, В. П. Павленко**

Анотація. Узагальнюється теорія шляхом опису оболонкової частини у вигляді поверхні з довільним геометричним окресленням і діючими чинниками загального виду. Будується математична модель та формулюються граничні умови для визначення координатних функцій деформації оболонкової частини апарату за будь-якої структури зовнішніх збурень. Узагальнюється методика обчислень пружних деформацій її поверхні з довільним окресленням лінії меридіану. Найважливішим на етапі аналізу природи явища з наступним обранням шляху боротьби з негативним впливом розглядаємих чинників на прилади інерціальної навігації постає обчислення координатних функцій деформації оболонкової частини апарату під дією просторового збурення. Доведено, що некоректності, або зайві спрощення, призведуть до похибок інтегрування рівнянь оболонки, отже – до похибок обчислення координатних функцій деформації поверхні і викривлення змісту явища. Будуються рівняння для визначення парціальних частот. З'ясовано, що коливальні процеси на поверхні поплаця певним чином діють один на одний за всіма напрямками. Тож, для конкретних масогабаритних модифікацій ДУСУ можна визначити ступінь їх впливу. Закладені наукові засади для глибокого аналізу динаміки оболонкової частини апарату за натурних умов, з одного боку, та виявлена можливість для аргументованого порівняльного аналізу з класичною циліндричною модифікацією поплавця – з другого. З'явилася можливість для вирішення задач оптимізації масогабаритних характеристик приладу. Будуються теоретичні засади розв'язання задач підвищення точності і надійності поплавкових приладів (і систем інерціальної навігації в цілому) на підґрунті пасивних методів звукоізоляції та їх поєднання з іншими методами – активними, автокомпенсаційними тощо.

Ключові слова: оболонкова частина, граничні умови, математичне моделювання, довільна геометрія оболонки, координатні функції

ДЕКОМПОЗИЦІЯ СТАНІВ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

І. Л. РОГОВСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри,
<https://orcid.org/0000-0002-6957-1616>

E-mail: rogovskii@nubip.edu.ua

І. М. НИЧАЙ, аспірант, <https://orcid.org/0000-0003-3720-5061>

E-mail: nychay@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.024](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.024)

***Анотація.** У статті розкрито методологічні підходи до формування обґрунтованості застосування імітаційної модель декомпозиції станів безвідмовності зернозбиральних комбайнів. Автори відтворюють функціональну декомпозицію безвідмовності зернозбиральних комбайнів виходить через аналіз функцій системи. Авторами розкриваються аналітичні підходи до питання, що робить система, незалежно від того, як вона працює. Базисом автори сформували розбиття на функціональні підсистеми у спільності функцій, виконуваних групами елементів. Під час проведення експерименту спочатку згенеровано набір випадкових подій, що відбуваються з модулем, що розглядається – подія виходу з ладу блокованого модуля, подія спрацьовування блокування модуля і подія справності передачі модуля. Потім, призначаючи відповідні ймовірності визначено стани та знайдено логічні залежності між ними. Експеримент полягав у послідовній генерації подій та отриманні підсумкових станів функціонального модуля. Даний експеримент повторювався кілька разів, потім розраховувався, у кількох випадках функціональний модуль за підсумками роботи зернозбиральний комбайн опинився у справному стані. Відношення кількості результатів експерименту, в яких функціональний модуль виявився справним до всіх результатів показує можливість справності функціонального модуля. Виконуючи певну кількість обчислень кожного стану, підсумовуючи результати кожного обчислення, приймаючи справжнє значення за одиницю, а хибне – за нуль, а потім ділячи результат на довжину множини, отримуємо значення ймовірності заблокованої відмови, обчислене методом Монте-Карло. При виконанні обчислень та вихідними даними воно дорівнювало 0,885. Схожість результату до результату прийнятої за вірну доводить вірність. Наведена в статті методика дозволяє поліпшити якість роботи системи безвідмовності зернозбиральних комбайнів, забезпечуючи більш точний облік безвідмовності, розширення списку аналізованих параметрів надійності і повніше використання технічних засобів контролю параметрів технічного стану.*

***Ключові слова:** безвідмовність, декомпозиція, імітація, модель, зернозбиральний комбайн*

Актуальність. На етапі декомпозиції станів безвідмовності зернозбиральних комбайнів, що забезпечує загальне уявлення системи, здійснюються визначення та декомпозиція загальної мети дослідження та основної функції системи як обмеження траєкторії у просторі станів системи або в області допустимих ситуацій (Parekh et al., 2022). Найчастіше декомпозиція проводиться шляхом побудови дерева цілей та дерева функцій (Aulin et al., 2024). Глибина декомпозиції обмежується. Декомпозиція повинна припинятись, якщо необхідно змінити рівень абстракції – подати елемент як підсистему (Prytz et al., 2015). Якщо декомпозиції з'ясовується, що модель починає описувати внутрішній алгоритм функціонування елемента замість закону його функціонування у вигляді «чорної скриньки», то в цьому випадку відбулася зміна рівня абстракції (Volokha, et al., 2023). Це означає вихід межі мети дослідження системи і, отже, викликає припинення декомпозиції (Chen X., & Chen, J., 2020).

Декомпозиція за компонентами виділяє окремі складові безвідмовності зернозбиральних комбайнів – її модулі (Rogovskii, Lyubarets, & Borek, 2022). У випадку компонент не є принципово неподільним (Ahmed & Gharavi, 2018). Таким чином, постає завдання постановки межі декомпозиції (Rogovskii, 2021). Декомпозиція

обмежується шляхом встановлення ознаки виділення (Padilla-Atondo, et al., 2021). Ознака виділення окремих компонентів – сильний зв'язок між їхніми деталями за одним із типів відносин (зв'язків), що існують у системі (інформаційних, логічних, ієрархічних, енергетичних тощо) (Rolison, et al., 2018). Силу зв'язку, наприклад, за інформацією можна оцінити коефіцієнтом інформаційного взаємозв'язку $k = N/N_0$, де N – кількість інформаційних масивів, що взаємовикористовуються, N_0 – загальна кількість інформаційних масивів. Для опису всієї системи має бути побудована складова модель, що поєднує всі окремі моделі (Rogovskii, 2021a). Рекомендується використовувати розкладання на підсистеми лише тоді, коли такий поділ на основні частини системи не змінюється (Nazarenko, et al, 2021). Нестабільність кордонів підсистем швидко знецінить як окремі моделі, і їх об'єднання (Kuzmich, et al, 2021). Тобто межі окремих компонентів задаватимуться зв'язками між їхніми частинами.

Функціональна декомпозиція безвідмовності зернозбиральних комбайнів виходить з аналізу функцій системи (Gorea, 2016). При цьому порушується питання, що робить система, незалежно від того, як вона працює (Rogovskii, 2021b). Підставою розбиття на функціональні підсистеми є спільність функцій,

Роговський І. Л., Ничай І. М.

виконуваних групами елементів (Rogovskii, 2021c). У базовому методі передбачається декомпозиція рівня одиничних резервованих функціональних модулів безвідмовності зернозбиральних комбайнів.

Актуальною проблемою на сьогоднішній день є те, що у базовій методі безвідмовності зернозбиральних комбайнів передбачається декомпозиція рівня одиничних резервованих функціональних модулів.

Запропонована глибина декомпозиції безвідмовності зернозбиральних комбайнів обмежується рівнем функціональних послідовностей. Дані послідовності є безліччю модулів, чия працездатність необхідна для виконання певної функції системи (Britton, Asnaashari, & Read, 2016).

І кожна така послідовність, забезпечуючи виконання своєї частини загальної функції системи безвідмовності зернозбиральних комбайнів, вносить свою частку W_n до загального кінцевого результату W .

$$W = W_1 + W_2 + \dots + W_n \quad (1)$$

Отже, дослідження можливих станів послідовностей показує, наскільки повно виконується функція системи (Dirnbach, et al., 2020). Задля більшої виконання виявлених функцій застосовуються методи підвищення безвідмовності зернозбиральних комбайнів (Dela Cruz, Padilla, & Victoria, 2021).

Показником, що визначає здатність технічного пристрою виконувати основні свої функції, незважаючи на отримані ушкодження, є живучість (Low, Tekler, & Cheah, 2020). Це властивість системи, що полягає у її здатності протистояти великим збуренням поза, встановленими їхнього штатного функціонування, не допускаючи подальшого каскадного розвитку аварійних ситуацій. Система при виникненні відмови у певній послідовності елементів продовжує виконувати відповідну функцію (Young, et al., 2014). Збереження функціональних можливостей системи безвідмовності зернозбиральних комбайнів забезпечується широкою розгалуженістю її первинної мережі, організацією обхідних напрямів та резервних каналів зв'язку, використанням резервних засобів. До кожної окремої послідовності функції належать елементи, при несправності яких виконання порушується (Slobodyanyuk, & Gorobchenko, 2020). У цьому зовсім необов'язково, щоб ці елементи розташовувалися послідовно у структурі передачі. У першу чергу функцією системи управління технологічного процесу безвідмовності зернозбиральних комбайнів можна назвати отримання будь-якого матеріального результату, вихідного продукту, але також функцією безвідмовності зернозбиральних комбайнів може бути контроль над певним

Роговський І. Л., Ничай І. М.

параметром, отримання інформації. Отже, кількість виконуваних функцій визначається сумою кількості виходів та кількості елементів, що виконують контроль параметрів технічного стану зернозбирального комбайну. З погляду наслідків відмови важливішою є функція управління технологічним процесом. Функція контролю процесу менш важливою. З огляду на це змінюється підхід до визначення надійних показників системи загалом (Oladimeji, et al., 2023).

Стан усієї системи безвідмовності зернозбиральних комбайнів виражається шляхом обчислення логічної формули системи, аргументами якої стану окремих елементів, що входять у функціональні послідовності (Casado-Sanz, Guirao, Attard, 2020). Можливими станами системи звично називаються працездатне та непрацездатне. Такий дуальний підхід дозволяє застосовувати до розрахунку фактичного стану звичайну булеву логіку. Але такий набір станів не є всеосяжним. Можливо запропонувати розширене уявлення про стан елементів/системи. Для оперування різноманітними станами, звичайно, потрібно застосовувати особливу систему обчислень, хоча вона багато в чому буде ґрунтуватися на звичній булевій логіці. Відмінністю запропонованої системи буде більше можливих значень змінних стану. Для ілюстрації

універсальності даного підходу розглянемо кілька станів V_1 , V_2 , V_3 , у яких може перебувати як система, і її модулі:

V_1 – непрацездатний стан. В даному стані зернозбиральний комбайн повністю не виконує своєї функції, і всі його параметри не відповідають необхідним.

V_2 – несправний стан комбайну, при якому він не відповідає хоча б одній із вимог нормативної технічної та (або) конструкторської документації.

V_3 – стан справний. У ньому комбайн відповідає всім вимогам нормативно-технічної та конструкторської документації.

Залежно від справності тієї чи іншої функції визначається економічний ефект, який приносить система (Abu Dabous, et al., 2021). Згідно з цими визначеннями, система, яка не виконує жодну свою функцію, буде несправна. Несправна система знаходиться у прикордонному стані, який може дозволити виконати її мету.

Методи та матеріали дослідження. Опишемо послідовність виконання системою функцій (рис. 1), як наведено вище. Для виконання будь-яким довільно взятим пристроєм функції збору інформації про параметри об'єкта потрібно, щоб справні всі устрою, управляючі об'єктом. Кількість послідовностей, що виконують функції, повинна враховуватися при

виборі пріоритетного резервування модуля.

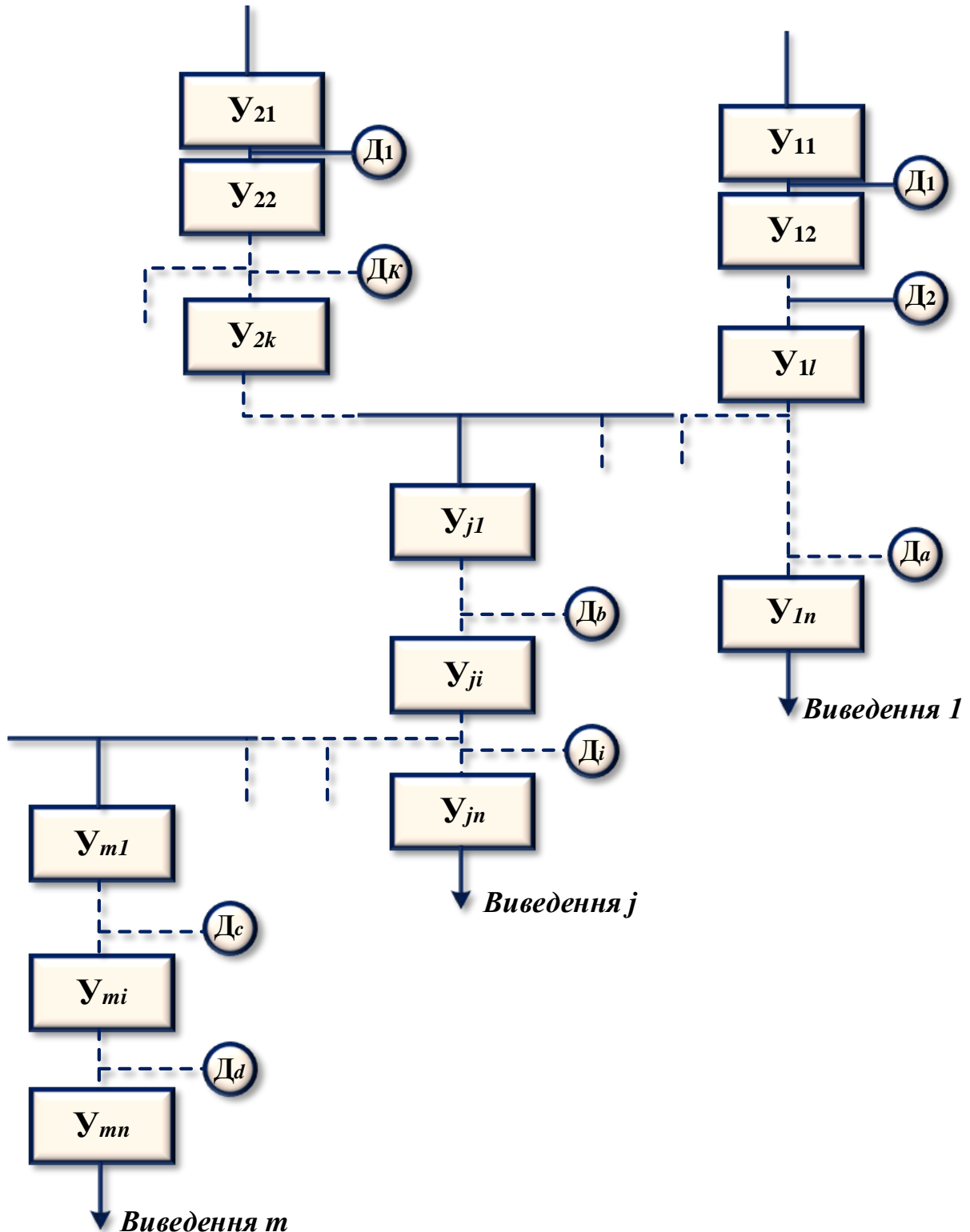


Рис. 1. Загальний вид деревоподібної структури

У разі представленого рисунку 1 пристрою збору інформації D ; ймовірність того, що їм виконуватиметься його функція,

дорівнює добутку ймовірностей безвідмовної роботи всіх елементів, що лежать вище за процесом, враховуючи всі сполуки матеріальних

потоків.

формула виглядатиме як

Для наведеного елемента

$$P = \prod_{s=1}^l D_{1s} \cdot \prod_{s=1}^k D_{2s} \cdot \dots \cdot \prod_{s=1}^i D_{js} \quad (2)$$

Аналогічно, у разі пристрою Y_{ji}

$$P = \prod_{s=1}^l Y_{1s} \cdot \prod_{s=1}^k Y_{2s} \cdot \dots \cdot \prod_{s=1}^i Y_{js} \quad (3)$$

Кількість послідовностей, що виконують функції, повинна враховуватися при виборі пріоритетного резервування модуля. Важливість послідовностей, що виконують функції, повинна враховуватися при виборі пріоритетного для резервування модуля. Цей облік може бути здійснений шляхом запровадження коефіцієнта, що відображає важливість кожної функції.

Результати дослідження та їх обговорення. У процесі виконання функції системою її елементах виникають події. Деякі з цих подій завдають зниження безвідмовності зернозбиральних комбайнів. А ще один набір подій можуть мати події, що завдають шкоди, своїм наслідком. Для кращого розгляду ланцюжків таких подій будуються схеми структури подій (рис. 2).

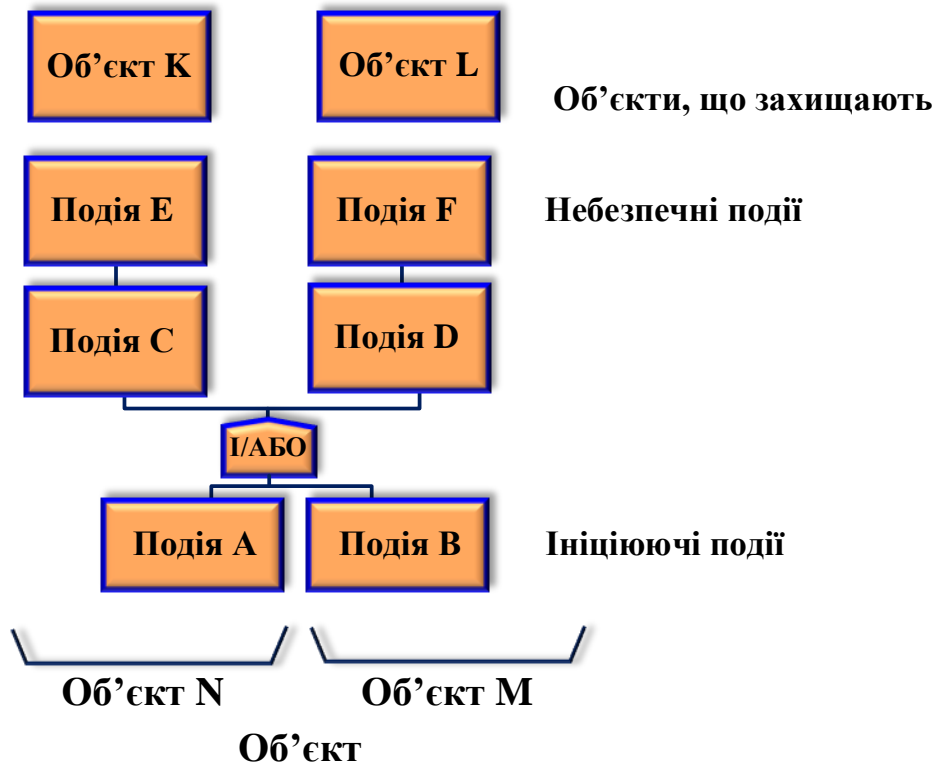


Рис. 2. Схема структури подій

Пристрої та заходи, що забезпечують усунення небезпеки,

захист від неї таким чином будуть своєрідними обробниками подій.

Роговський І. Л., Ничай І. М.

Такими пристроями будуть системи пожежогасіння, плани та схеми процесів пожежогасіння, набори ізолюючого спецодягу та інструментів, матеріали, що адсорбують та абсорбують шкідливі речовини та інші подібні об'єкти. Відмінність небезпек щодо їхнього впливу може бути виражена у вигляді певної величини, коефіцієнта. Слід визначити для кожного модуля значення величини, що кількісно оцінює небезпеку, яку несе відмова, причому необхідно враховувати поділ по модулях небезпеки, що викликається взаємним впливом двох або більше відмов.

Цей коефіцієнт допоможе оцінити відносну важливість підвищення ймовірності безвідмовної роботи кожного елемента зернозбиральних комбайнів. Виникнення небезпечних подій спричиняє збитки для підприємства, економічного середовища, в якому функціонує безвідмовність зернозбиральних комбайнів. Він може мати різний характер, але для аналізу слід висловити його через єдину величину. Оцінка прийнятності є дуже важливим питанням проектування систем безвідмовності зернозбиральних комбайнів. Необхідно враховувати як, наскільки якісно працює система, а й наскільки економічно виправдана та чи інша її конфігурація.

Виникаючі ризики різняться характером виникнення. Існують

небезпеки, що виникають, коли повністю припиняється виконання функції тим чи іншим модулем. Запобігаються дані загрози шляхом підвищення безвідмовності модуля, наприклад, резервуванням. Але є також небезпеки, які виникають, коли відбувається відмова лише елемента. Прикладом джерела таких небезпек можуть бути паралельно та одночасно працюючі робочі та резервні реле або магнітні пускачі. У такому випадку для запобігання небезпеці необхідно застосовувати методи запобігання відмові елементів або поглинання небезпечних впливів.

Залежно від походження небезпеки від відмови модуля або елемента величина C переводиться в величину C_T для небезпеки, що виникає при відмові модуля, або C_e для небезпеки, що виникає при відмові елемента. Алгоритм обліку небезпек відмов зернозбиральних комбайнів (рис. 3) складається з наступних етапів:

- визначення можливих небезпечних впливів системи;
- визначення для кожного модуля величини, що кількісно – оцінює небезпеку відмови;
- аналіз того, чи виникає небезпечна дія при відмові модуля або його резервного елемента;
- виявлення комплексних небезпек - небезпек, що виникають через кілька одночасних відмов;
- обчислення для модулів чи елементів коефіцієнтів пріоритету з

урахуванням їх часток у комплексних небезпеках.

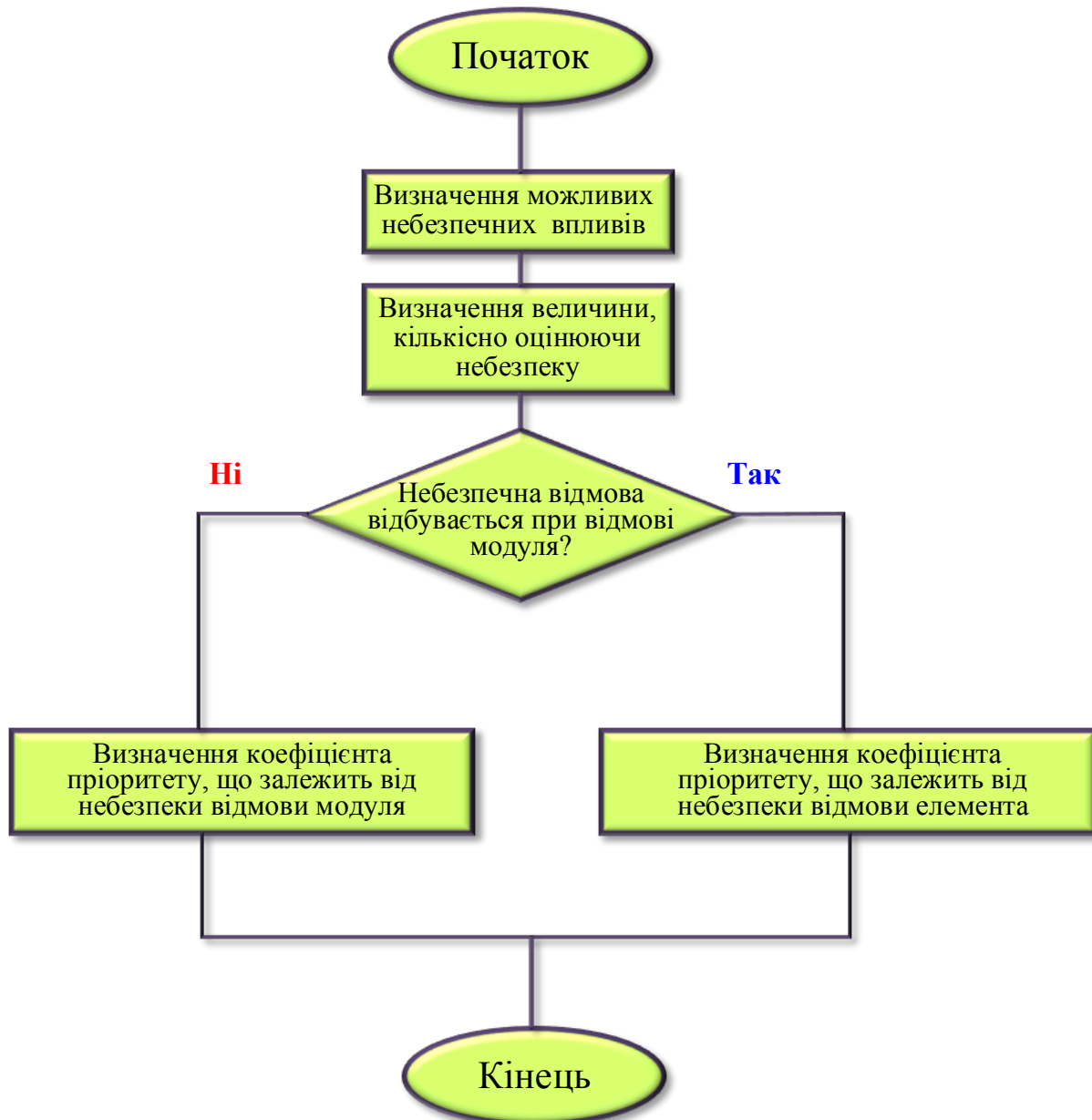


Рис. 3. Блок схема алгоритму обліку небезпек

Створення алгоритму обліку небезпек потенційних відмов дозволяє системі розділити небезпеки на категорії за значущістю залежно від масштабів небезпеки і шкоди, що завдаються ними.

Розгляд небезпечних впливів, що виникають через відмов, і особливо небезпечних впливів, що виникають через відмов резервних елементів, призводить до необхідності

застосування додаткових, інших, ніж додавання резервних елементів, що знаходяться під навантаженням, заходів.

Для максимального підвищення ефективності аналізу та підвищення надійності слід враховувати інші напрями підвищення ймовірності виконання системою всіх функцій.

Для якіснішого розгляду надійності системи слід підходити до

Роговський І. Л., Ничай І. М.

цього комплексно. Поряд із резервуванням можна застосовувати і часткові методи підвищення надійності, специфічні для безвідмовності зернозбиральних комбайнів. Одним із таких методів є метод блокуючих модулів. Ними досягається підвищення ймовірності безвідмовної роботи зернозбиральних комбайнів шляхом введення елементів, що блокують руйнівні зовнішні впливи, по відношенню до

$$P = P_1 + P_2 = 1 \quad (4)$$

де P - ймовірність виходу з ладу модуля,

P_1 - ймовірність того, що напруга на виході зникла,

P_2 - ймовірність того, що напруга на виході мережі не зникла.

Причому подія, що описується P_1 , поділяється на під дії:

P_a - ймовірність того, що

$$P_2 = 1 - P_1 \quad (5)$$

$$P_2 = 1 - (1 - P_2) \quad (6)$$

Запишемо можливість виходу з

$$P_1 = 1 - P_2 \quad (7)$$

Але якщо виходи з ладу блокуватимуться, то модуль вийде з

$$P_1 = (1 - P_2) \times (1 - P_b). \quad (8)$$

Отже,

$$P_2 = 1 - (1 - P_2) \times (1 - P_b). \quad (9)$$

З урахуванням ймовірності виходу з ладу самого блокуючого

$$P = (1 - (1 - P_2) \times (1 - P_b)) \times P_c, \quad (10)$$

де P_2 - ймовірність того, що відмова функціонального модуля не відбулася,

системи пристроїв, що забезпечують її роботу. Ці відмови та блокують модулі, через що вони і отримали свою назву.

Розглянемо формулу підвищення надійності модуля, що блокує відмову. Відповідно до теорії ймовірності це описується так. Повна сукупність подій, властива цим пристроям, описується такими величинами:

пристрій спрацював,

P_b - ймовірність того, що пристрій не спрацював.

І водночас існує певна ймовірність виходу з ладу самого пристрою P_c , припинення передачі їм напруги.

Ймовірність того, що модуль не вийшов з ладу, буде

ладу як:

ладу, коли не працюватиме ні він, ні блокуючий модуль.

модуля формула надійності матиме вигляд:

P_b - ймовірність того, що блокуючий модуль не спрацював,

P_c - можливість виходу з ладу

Роговський І. Л., Ничай І. М.

самого блокуючого модуля.

Щоб перевірити формули для обчислення надійностей подібних систем, проведемо обчислювальний експеримент, який імітує роботу модуля, скориставшись методом Монте-Карло. Вибір подібного методу обумовлюється його універсальністю і гарантованою точністю, оскільки він дозволяє розраховувати надійність систем з фактичних подій у системі. Основна ідея методу Монте-Карло при статистичному моделюванні надійності елементів полягає в багаторазовому розрахунку визначального параметра або параметрів за відомими

Оскільки аргументи функції (n) є випадковими величинами, то параметр X є випадковою величиною. Тому для аналізу надійності за параметром X необхідно проаналізувати його розподіл і для оцінки ймовірності безвідмовної роботи визначити частку, яку складають допустимі режими (загалом $X_{min} \leq X \leq X_{max}$). На першому етапі реалізації методу Монте-Карло в залежності від

$$Z_1 \in \{\xi_{11}, \xi_{12}, \dots, \xi_{1\varphi}, \dots, \xi_{1N}\}$$

$$Z_2 \in \{\xi_{21}, \xi_{22}, \dots, \xi_{2\varphi}, \dots, \xi_{2N}\}$$

...

$$Z_t \in \{\xi_{t1}, \xi_{t2}, \dots, \xi_{t\varphi}, \dots, \xi_{tN}\}$$

$$Z_v \in \{\xi_{v1}, \xi_{v2}, \dots, \xi_{v\varphi}, \dots, \xi_{vN}\}$$

Після цього з отриманих значень аргументів Z_i випадково вибираються

залежностями, що описують процес втрати працездатності, причому для випадкових аргументів, що входять до формул, вибираються їх найбільш ймовірні значення відповідно до відомих законів розподілу. Кожне статистичне випробування полягає у виявленні однієї з реалізацій випадкового процесу, які сукупність дозволяє оцінити хід цього процесу його основні параметри.

У випадку можна вважати, що значення визначального параметра X визначається набором випадкових величин $Z_t (i = 1, 2, \dots, n)$, закони розподілу яких відомі (або дискретні значення яких задані своїми ймовірностями):

$$X = X(Z_1, Z_2, \dots, Z_n) \quad (11)$$

необхідної точності визначення характеристик надійності вибирається необхідна кількість реалізацій N . Потім із заданого діапазону зміни кожного з аргументів Z_t , за відомими законами розподілу $f(Z_i)$ випадковим чином (з використанням таблиць або генератора випадкових чисел) вибирається за N значень кожного з аргументів:

Роговський І. Л., Ничай І. М.

N наборів значень (у кожному наборі по одному значенню кожного аргументу Z). Для кожного набору значень за формулою (11) розраховується визначальний параметр X . Визначальним параметром системи, що розглядається, буде справність. Вона виражається функціями, які використовують логічні залежності. Справність кожного елемента

$$S_i = 1, \text{ при } R_i < P_i \quad (12)$$

$$S_i = 0, \text{ при } R_i > P_i \quad (13)$$

де 1 означає робочий стан, а 0 - неробочий.

При проведенні експерименту спочатку призначимо (згенеруємо) набір випадкових подій, що відбуваються з модулем, що розглядається – подія виходу з ладу

1. Показники надійності модулів

Надійність передачі	Надійність блокування	Надійність модуля
0,9	0,9	0,8

Функціональний модуль буде справним, якщо він справний сам собою або несправний, але справна

$$(S_1 \vee \bar{S}_1 \wedge S_a) \wedge S_c \quad (14)$$

Експеримент полягатиме у послідовній генерації подій та отриманні підсумкових станів функціонального модуля, використовуючи вирази (12), (13), (14). Даний експеримент повторюється кілька разів, потім підраховується, у кількох випадках

виражається значенням P_i – ймовірності безвідмовної роботи, а стан – традиційно логічної змінної S_i , що приймає значення 1 у разі справності елемента і 0 у разі несправності. Визначає ж наступ стану випадкове подія, що виражається числом R_i , що приймає випадкове значення з інтервалу $(0...1)$. Отже, визначення стану бачиться можливим застосувати такі вирази:

блокованого модуля (R_1), подія спрацьовування блокування модуля (R_a) і подія справності передачі модуля (R_c). Потім, призначаючи відповідні ймовірності (табл. 1), визначаємо стани та знаходимо логічні залежності між ними.

блокуюча функція, а також справний сам модуль.

функціональний модуль за підсумками роботи зернозбиральний комбайн опинився у справному стані. Відношення кількості результатів експерименту, в яких функціональний модуль виявився справним до всіх результатів показує можливість справності

Роговський І. Л., Ничай І. М.

функціонального модуля.

Виконуючи певну кількість обчислень кожного стану, підставляючи в (14), підсумовуючи результати кожного обчислення, приймаючи справжнє значення за одиницю, а хибне – за нуль, а потім ділячи результат на довжину множини, отримаємо значення ймовірності заблокованої відмови, обчислене методом Монте-Карло. При виконанні обчислень над (14) та вихідними даними з таблиці 1 воно дорівнюватиме $P_2 \approx 0,885$. А при підстановці (10) результатом обчислення буде $P_2 = 0,882$.

Схожість результату формули (10) до результату прийнятої за вірну (14) доводить вірність (10). Наведена вище методика дозволяє поліпшити якість роботи системи безвідмовності зернозбиральних комбайнів, забезпечуючи більш точний облік безвідмовності, розширення списку аналізованих параметрів надійності і повніше використання технічних засобів контролю параметрів технічного стану.

Висновки

1. Запропонована методика декомпозиції безвідмовності

Список використаних джерел

1. Parekh, D., Poddar, N., Rajpurkar, A., Chahal, M., Kumar, N., Joshi, G. P. & Cho, W. (2022). A review on autonomous vehicles: progress, methods and challenges. *Electronics*, 11 (14), 2162. <https://doi.org/10.3390/electronics11142162>.

2. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O.

зернозбиральних комбайнів на функціональні послідовності з урахуванням важливості дозволяє оцінити ймовірність перебування системи у різних станах та підвищити ймовірність безвідмовної роботи найважливішої для мети функції.

2. Алгоритм обліку системою небезпек дозволяє при побудові системи цілеспрямовано знижувати ймовірність небезпечної відмови зернозбиральних комбайнів. Механізм включення системою на етапі розробки блокувальних модулів для формування структури безвідмовності зернозбиральних комбайнів дозволяє забезпечити зменшення небезпечних впливів та підвищення надійності модулів системи.

3. Алгоритм включення при формуванні системи блокуючих модулів дозволяє забезпечити зменшення небезпечних впливів та підвищення надійності модулів системи. Таким чином, запропоновані модифікації дозволяють не тільки підвищити безвідмовність системи безвідмовності зернозбиральних комбайнів, а й забезпечити безпеку відмов та обмеженість їх наслідків.

& Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.

3. Prytz, R., Nowaczyk, S., Rögnavaldsson, T. & Byttner, S. (2015). Predicting the need for vehicle compressor repairs using maintenance records and logged

Роговський І. Л., Ничай І. М.

vehicle data. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 41, 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.02.009>

4. Volokha, M., Rogovskii, I., Fryshev, S., Sobczuk, H., Virchenko, G. & Yablonskyi, P. (2023). Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, 10(2), F1-F9, [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).f1).

5. Chen, X., Chen, J. (2020). Optimization of the impeller geometry for an automotive torque converter using response surface methodology and desirability function. *Open Journal of Applied Sciences*, 10 (07), 455–475. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2020.107032>.

6. Rogovskii, I., Lyubarets, B. & Borek, K. (2022). Analyticity of non-stationary processes of change in diagnostic parameters of hydrostatic transmissions of harvesters. *Machinery and Energetics*, 13(1), 67–76. <https://doi.org/10.31548/machenergy2022.01.067>.

7. Ahmed, E., Gharavi, H. (2018). Cooperative vehicular networking: a survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19 (3), 996–1014. <https://doi.org/10.1109/tits.2018.2795381>.

8. Rogovskii, I.L. (2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*, 12(1), 137–146, <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

9. Padilla-Atondo, J. M., Limon-Romero, J., Perez-Sanchez, A., Tlapa, D., Baez-Lopez, Y., Puente, C. & Ontiveros, S. (2021). The impact of hydrogen on a stationary gasoline-based engine through multi-response optimization: a desirability function approach. *Sustainability*, 13 (3), 1385. <https://doi.org/10.3390/su13031385>.

10. Rolison, J., Regev, S., Moutari, S. & Feeney, A. (2018). What are the factors that contribute to road accidents? An assessment of law enforcement views, ordinary drivers' opinions, and road accident records. *Accident Analysis & Prevention*, 115, 11–24. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.025>.

11. Rogovskii, I. L. (2021a). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*, 12(2), 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.

12. Nazarenko, I., Bernyk, I., Dedov, O., Rogovskii, I., Ruchynskyi, M., Pereginets, I., & Titova, L. (2021). Research of technical systems of processes of mixing materials. Dynamic processes in technological technical systems. Kharkiv: PC Technology Center. 57–76. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-49-7.ch4>.

13. Kuzmich, I.M., Rogovskii, I.L., Titova, L.L. & Nadtochiy, O.V. (2021). Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 677, 052002, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002>.

14. Gorea, R. K. (2016). Financial impact of road traffic accidents on the society. *International Journal of Ethics, Trauma & Victimology*, 2 (01), 6–9. <https://doi.org/10.18099/ijetv.v2i1.11129>

15. Rogovskii, I.L. (2021b). Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. *Machinery and Energetics*, 12(3), 157–166. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.03.157>

16. Rogovskii, I.L. (2021c). Analyticity of complex criteria for evaluation of grain production in agricultural enterprises intensification of engineering management. *Machinery and Energetics*, 12(4), 129–138. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>

17. Britton, M., Asnaashari, S. & Read, G. (2016). Analysis of train derailment cause and outcome in Victoria, Australia, between 2007 and 2013: implications for regulation. *Journal of Transportation Safety & Security*, 9 (1), 45–63. <https://doi.org/10.1080/19439962.2015.1088906>.

18. Dirnbach, I., Kubjatko, T., Kolla, E., Ondruš, J. & Šarić, Ž. (2020). Methodology Designed to Evaluate Accidents at Intersection Crossings with Respect to Forensic Purposes

Роговський І. Л., Нічай І. М.

and Transport Sustainability. Sustainability, 12 (5), 1972. <https://doi.org/10.3390/su12051972>.

19. Dela Cruz, O.G., Padilla, J.A. & Victoria, A.N. (2021). Managing Road Traffic Accidents: A Review on Its Contributing Factors. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 822 (1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/822/1/012015>.

20. Low, R., Tekler, Z. & Cheah, L. (2020). Predicting commercial vehicle parking duration using generative adversarial multiple imputation networks. transportation research record. Journal of the Transportation Research Board, 2674(9), 820–831. <https://doi.org/10.1177/0361198120932166>.

21. Young, W., Sobhani, A., Lenné, M. & Sarvi, M. (2014). Simulation of safety: A review of the state of the art in road safety simulation modelling. Accident Analysis & Prevention, 66, 89–103. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.01.008>.

22. Slobodyanyuk, M., Gorobchenko, O. (2020). Structural analysis of territorial transport systems based on classification methods. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (4(103)), 23–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194158>.

23. Oladimeji, D., Gupta, K., Kose, N., Gundogan, K., Ge, L. & Liang, F. (2023). Smart transportation: an overview of technologies and applications. Sensors, 23 (8), 3880. <https://doi.org/10.3390/s23083880>.

24. Casado-Sanz, N., Guirao, B. & Attard, M. (2020). Analysis of the risk factors affecting the severity of traffic accidents on spanish crosstown roads: the driver's perspective. Sustainability, 12 (6), 2237. <https://doi.org/10.3390/su12062237>.

25. Abu Dabous, S., Ibrahim, F., Feroz, S. & Alsyouf, I. (2021). Integration of failure mode, effects, and criticality analysis with multi-criteria decision-making in engineering applications: Part I – Manufacturing industry. Engineering Failure Analysis, 122, 105264. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105264>.

References

1. Parekh, D., Poddar, N., Rajpurkar, A., Chahal, M., Kumar, N., Joshi, G. P. & Cho, W. (2022). A review on autonomous vehicles:

progress, methods and challenges. Electronics, 11 (14), 2162. <https://doi.org/10.3390/electronics11142162>.

2. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O. & Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (3(127)), 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.

3. Prytz, R., Nowaczyk, S., Rögnavaldsson, T. & Byttner, S. (2015). Predicting the need for vehicle compressor repairs using maintenance records and logged vehicle data. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 41, 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.02.009>.

4. Volokha, M., Rogovskii, I., Fryshev, S., Sobczuk, H., Virchenko, G. & Yablonskyi, P. (2023). Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), 10(2), F1-F9, [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).f1).

5. Chen, X., Chen, J. (2020). Optimization of the impeller geometry for an automotive torque converter using response surface methodology and desirability function. Open Journal of Applied Sciences, 10 (07), 455–475. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2020.107032>.

6. Rogovskii, I., Lyubarets, B. & Borek, K. (2022). Analyticity of non-stationary processes of change in diagnostic parameters of hydrostatic transmissions of harvesters. Machinery and Energetics, 13(1), 67–76. <https://doi.org/10.31548/machenergy2022.01.067>.

7. Ahmed, E., Gharavi, H. (2018). Cooperative vehicular networking: a survey. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 19 (3), 996–1014. <https://doi.org/10.1109/tits.2018.2795381>.

8. Rogovskii, I.L. (2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. Machinery and Energetics, 12(1), 137–146,

Роговський І. Л., Нічай І. М.

<https://doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

9. Padilla-Atondo, J. M., Limon-Romero, J., Perez-Sanchez, A., Tlapa, D., Baez-Lopez, Y., Puente, C. & Ontiveros, S. (2021). The impact of hydrogen on a stationary gasoline-based engine through multi-response optimization: a desirability function approach. *Sustainability*, 13 (3), 1385. <https://doi.org/10.3390/su13031385>.

10. Rolison, J., Regev, S., Moutari, S. & Feeney, A. (2018). What are the factors that contribute to road accidents? An assessment of law enforcement views, ordinary drivers' opinions, and road accident records. *Accident Analysis & Prevention*, 115, 11–24. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.025>.

11. Rogovskii, I. L. (2021a). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*, 12(2), 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.

12. Nazarenko, I., Bernyk, I., Dedov, O., Rogovskii, I., Ruchynskiy, M., Pereginets, I., & Titova, L. (2021). Research of technical systems of processes of mixing materials. Dynamic processes in technological technical systems. Kharkiv: PC Technology Center. 57–76. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-49-7.ch4>.

13. Kuzmich, I.M., Rogovskii, I.L., Titova, L.L. & Nadtochiy, O.V. (2021). Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 677, 052002, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002>.

14. Gorea, R. K. (2016). Financial impact of road traffic accidents on the society. *International Journal of Ethics, Trauma & Victimology*, 2 (01), 6–9. <https://doi.org/10.18099/ijetv.v2i1.11129>

15. Rogovskii, I.L. (2021b). Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. *Machinery and Energetics*, 12(3), 157–166. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.03.157>

16. Rogovskii, I.L. (2021c). Analyticity of complex criteria for evaluation of grain

production in agricultural enterprises intensification of engineering management. *Machinery and Energetics*, 12(4), 129–138. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>

17. Britton, M., Asnaashari, S. & Read, G. (2016). Analysis of train derailment cause and outcome in Victoria, Australia, between 2007 and 2013: implications for regulation. *Journal of Transportation Safety & Security*, 9 (1), 45–63. <https://doi.org/10.1080/19439962.2015.1088906>.

18. Dirnbach, I., Kubjatko, T., Kolla, E., Ondruš, J. & Šarić, Ž. (2020). Methodology Designed to Evaluate Accidents at Intersection Crossings with Respect to Forensic Purposes and Transport Sustainability. *Sustainability*, 12 (5), 1972. <https://doi.org/10.3390/su12051972>.

19. Dela Cruz, O.G., Padilla, J.A. & Victoria, A.N. (2021). Managing Road Traffic Accidents: A Review on Its Contributing Factors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 822 (1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/822/1/012015>.

20. Low, R., Tekler, Z. & Cheah, L. (2020). Predicting commercial vehicle parking duration using generative adversarial multiple imputation networks. *transportation research record*. *Journal of the Transportation Research Board*, 2674(9), 820–831. <https://doi.org/10.1177/0361198120932166>.

21. Young, W., Sobhani, A., Lenné, M. & Sarvi, M. (2014). Simulation of safety: A review of the state of the art in road safety simulation modelling. *Accident Analysis & Prevention*, 66, 89–103. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.01.008>.

22. Slobodyanyuk, M., Gorobchenko, O. (2020). Structural analysis of territorial transport systems based on classification methods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (4(103)), 23–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194158>.

23. Oladimeji, D., Gupta, K., Kose, N., Gundogan, K., Ge, L. & Liang, F. (2023). Smart transportation: an overview of technologies and applications. *Sensors*, 23 (8), 3880. <https://doi.org/10.3390/s23083880>.

24. Casado-Sanz, N., Guirao, B. & Attard, M. (2020). Analysis of the risk factors affecting the severity of traffic accidents on spanish crosstown roads: the driver's perspective. Sustainability, 12 (6), 2237. <https://doi.org/10.3390/su12062237>.

25. Abu Dabous, S., Ibrahim, F., Feroz, S. & Alsyouf, I. (2021). Integration of failure

mode, effects, and criticality analysis with multi-criteria decision-making in engineering applications: Part I – Manufacturing industry. Engineering Failure Analysis, 122, 105264. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105264>.

DECOMPOSITION OF FAILURE STATES OF GRAIN HARVESTING COMBINERS

I. L. Rogovskii, I. M. Nichay

Abstract. *The article discloses methodological approaches to the formation of the validity of the application of the simulation model of the decomposition of failure-free states of combine harvesters. The authors reproduce the functional decomposition of the reliability of grain harvesters obtained through the analysis of system functions. The authors reveal analytical approaches to the question of what the system does, regardless of how it works. As a basis, the authors formed a division into functional subsystems in the community of functions performed by groups of elements. When conducting the experiment, a set of random events that occur with the module under consideration is first generated - the event of failure of the blocked module, the event of activation of the blocking of the module and the event of the transmission of the module. Then, by assigning the corresponding probabilities, states are defined and logical dependencies between them are found. The experiment consisted in the sequential generation of events and obtaining the final states of the functional module. This experiment was repeated several times, then it was calculated, in several cases the functional module of the grain harvester was in good condition. The ratio of the number of experiment results in which the functional module was found to be working to all results shows the possibility of the functioning of the functional module. By performing a certain number of calculations of each state, summing the results of each calculation, taking the true value as one and the false value as zero, and then dividing the result by the length of the set, we obtain the value of the probability of blocked failure calculated by the Monte Carlo method. When performing the calculations and with the original data, it was equal to 0.885. The similarity of the result to the result accepted as true proves the truth. The method given in the article allows to improve the quality of work of the fail-safe system of grain harvesters, providing more accurate failure-free accounting, expanding the list of analyzed reliability parameters and making fuller use of technical means of monitoring technical condition parameters.*

Key words: *reliability, decomposition, simulation, model, harvesting combine*