

**Зміст електронного журналу
«Наукові доповіді НУБіП України»
№ 2/102 (квітень), 2023**

**Рекомендований до видання Вченою Радою НУБіП України
протокол № 8 від 22 березня 2023 р.**

Біологія, біотехнологія, екологія

- 1. Брошков М. М., Федькалова Т. М., Віщур О. І.** Динаміка показників клітинного імунітету у цуценят залежно від кратності введення біологічного подразника
- 2. Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.** Вплив ультрафіолетового випромінювання на генеративну сферу і розвиток ендемічного виду *Gypsophila Thyraica* A. Krasnova (Caryophyllaceae)
- 3. Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.** Аналіз морфологічної структури та хімічного складу едафотопів посттехногенних територій сірчанних кар'єрів

Агрономія

- 4. Демидась Г. І., Вейлер С. С.** Особливості формування одновидових і сумісних кормових агрофітоценозів тритикале ярого і горошку посівного залежно від співвідношення компонентів та удобрення
- 5. Діордієва І. П., Масловата С. А.** Технологічні та хлібопекарські властивості зерна форм пшениці створених за гібридизації *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L.
- 6. Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.** Сортовивчення капусти білоголової за органічної технології у відкритому ґрунті
- 7. Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.** Продуктивність люцерни посівної за органічного виробництва рослинної сировини в умовах зміни клімату

Тваринництво. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

- 8. Кондратюк В. М., Сичов М. Ю., Ільчук І. І., Уманець Д. П., Баланчук І. М., Голубєва Т. А.** Ріст цьоголіток райдужної форелі за різних рівнів та співвідношень лізину і аргініну у комбікормі
- 9. Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М.** Ефективність використання кормів молодняком великої рогатої худоби при згодовуванні кормової добавки

- 10. Ільчук І. І., Сичов М. Ю., Кондратюк В. М., Уманець Д. П., Баланчук І. М., Голубєва Т. А.** Показники забою курчат-бройлерів за різних рівнів та співвідношень лізину і треоніну у комбікормі

Харчові технології

- 11. Кушнір Ю. М., Ніколаєнко М. С.** Розробка рецептури січених напівфабрикатів функціонального призначення на рослинній сировині
- 12. Баль-Прилипко Л. В., Муштрук М. М., Омельян А. М.** Вплив хітозану на якість ягід малини під час холодильного зберігання
- 13. Кислиця Я. О., Паламарчук І. П., Менчинська А. А.** Споживні властивості копченої продукції з гідробіонтів

Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва

- 14. Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. Є., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Оробченко О. Л., Ушкалов В. О.** Валідація методу визначення рідкісноземельних металів у біологічних зразках методом атомно-емісійної індуктивно-зв'язаної плазми (ICP OES)
- 15. Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.** Київська школа порівняльних морфологів

Лісове і садово-паркове господарство

- 16. Бровді А. А., Поліщук В. В.** Оцінювання стійкості сортів троянд групи флорібунда до впливу факторів навколишнього середовища в умовах Правобережного Лісостепу України
- 17. Васишин Р. Д., Лакида М. О., Бідолах Д. І., Лакида І. П.** Вуглецедепонувальна здатність соснових насаджень у міських лісах Києва

Техніка та енергетика АПК

- 18. Сірко З. С., Д'яконов В. К., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Стариш Є. А., Грицун В. М.** Формування міжпоручневих з'єднань
- 19. Ляшенко Д. О., Мельянцов П. Т.** Сучасні тенденції системи контролю технічного стану гідроприводів сільськогосподарських машин
- 20. Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.** Зміцнення та відновлення геометричних параметрів дереворізальних пил методом плазмового нанесення зносостійких сплавів

21.Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Великоіваненко Д. І. Побудова законів руху механізмів зміни вильоту вантажу і повороту баштового крана

Biology, biotechnology, ecology

1. **Broshkov M. M., Fedkalova T. M., Vishchur O. I.** Dynamics of indicators of cellular immunity in puppies depending on the multiplicity of introduction the biological stimulus
2. **Yuzyk M. A., Optasiuk O. M., Lisova U. I. Klepko A. V.** Influence of ultraviolet radiation on the generative sphere and development of an endemic species *Gypsophila Thyraica* A. Krasnova (Caryophyllaceae)
3. **Oliferchuk V. P., Shukel I. V., Marutyak S. B., Taras U. M.** Analysis of morphological structure and chemical composition of edaphotopes of post-technogenic areas of sulfur quarries

Agronomy

4. **Demydas G. I., Weiler S. S.** Characteristics of the formation of single-species and compatible forage agrophytocoenoses of tritical yargo and peas depending on the ratio of components and fertilizer
5. **Diordieva I. P., Maslovata S. A.** Technological and bakery properties of grain forms of wheat created by hybridization of *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L.
6. **Vdovenko S. A., Palamarchuk I. I.** Variety study of white-head cabbage using organic technology in the open ground
7. **Hetman N. Y., Burko L. M. , Svystunova I. V.** Productivity of alfalfa in the system of organic production under the conditions of climate change

Technology of production and processing of livestock products

8. **Kondratiuk V. M., Sychov M. Yu, Ilchuk I. I., Umanets D. P., Balanchuk I. M., Holubieva T. A.** Growth of rainbow trout fingerling at different levels and ratios of lysine and arginine in combined feed
9. **Buchkovska V. I., Ievstafiieva Y. M.** Efficiency of feed utilization by young cattle in the rearing of feed double
10. **Ilchuk I. I., Kondratiuk V. M., Sychov M. Yu., Umanets D. P., Balanchuk I. M., Holubieva T. A.** Slaughter parameters of broiler chickens at different levels and ratios of lysine and threonine in the compound feed

Food technology

11. **Kushnir Yu. M., Nikolaienko M. S.** Development of formulation of semi-finished milled functional products based on use of vegetative raw products

- 12. Bal-Prylypko L. V., Mushtruk M. M., Omelian A. M.** Influence of chitosan on the quality of raspberries during refrigerated storage
- 13. Kyslytsia Ya. O., Palamarchuk I. P., Menchynska A. A.** Nutrition properties of smoked products from hydrobionts

Veterinary medicine, quality and safety of livestock products

- 14. Chechet O., Shulyak S., Maslyuk A., Romanko M., Dobrozhan Yu., Malimon Z., Bardik I., Stupak O., Orobchenko O., Ushkalov V.** Validation of the method for the determination of rare earth metals in biological samples by the atomic emission inductively coupled plasma method (ICP OES)
- 15. Rudyk S. K., Stehnei M. M., Stehnei Zh. G.** The Kyiv school of comparative morphologists

Forestry and ornamental plants

- 16. Brovdi A. A., Polishchuk V. V.** Evaluation of the resistance of floribunda rose varieties to the influence of environmental factors in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine
- 17. Vasylyshyn R. D., Lakyda M. O., Bidolakh D. I., Lakyda I. P.** Carbon sequestrative capacity of scots pine stands in urban forests of Kyiv city

Engineering

- 18. Sirko Z., D'yakonov V., Okhrimenko S., Torchilevskyi D., Starysh E., Hrytsun V.** Formation between barrel connections
- 19. Liashenko D. O., Meliantsov P. T.** Modern trends in technical condition monitoring systems of hydraulic drives in agricultural machinery
- 20. Sirko Z., Nosov M., Okhrimenko S., Torchilevskyi D., Starysh E., Hrytsun V.** Strengthening and restoration of the geometric parameters of wood-cutting saws using the method of plasma deposition of wear-resistant alloys
- 21. Romasevych Yu. O., Loveikin V. S., Velykoivanenko D. I.** Motion laws development of trolley movement and tower crane slewing

**ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ КЛІТИННОГО ІМУНІТЕТУ В ЦУЦЕНЯТ
ЗАЛЕЖНО ВІД КРАТНОСТІ ВВЕДЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО
ПОДРАЗНИКА****М. М. БРОШКОВ**, доктор ветеринарних наук, професор,<https://orcid.org/0000-0002-9917-7257>E-mail: mr_m_m@ukr.net**Т. М. ФЕДЬКАЛОВА**, асистент, <https://orcid.org/0000-0001-8732-6123>E-mail: fedkalovatatana@gmail.com*Одеський державний аграрний університет***О. І. ВІЩУР**, доктор ветеринарних наук, професор, професор,<https://orcid.org/0000-0003-4503-3896>E-mail: inenbiol@mail.lviv.ua*Інститут біології тварин НААН*[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.001](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.001)

***Анотація.** Вивчення імунофізіологічних показників у цуценят у критичні періоди життя, у тому числі й за введення біологічного подразника, є актуальним напрямом сучасних досліджень. Актуальність пов'язана з постійною зміною імуногенних властивостей біологічного подразника, зниженням резистентності організму тварин унаслідок екологічних змін та відсутністю доступних методів оцінки імунного статусу цуценят після вакцинації. Мета досліджень полягала у визначенні динаміки показників клітинної ланки імунітету у цуценят залежно від кратності введення біологічного подразника.*

Експеримент проводився на 10 цуценятах з одного виводка. Цуценят розділили на дві групи: перша – одноразове щеплення на 51 день життя; друга – дворазове щеплення на 28 і 51 добу життя. В якості біологічного подразника використовували вакцину Віосап DНРРi (Чехія).

Авторськими дослідженнями встановлено, що незалежно від кратності введення біологічного подразника в організмі цуценят відбувається «фізіологічний перехрест». В наявних наукових джерелах відсутня інформація щодо «фізіологічного перехресту» у собак за введення біологічного подразника, тому авторами були проведені відповідні дослідження для встановлення відповідного факту (чи його спростування). Але водночас варто зазначити, що біологічний подразник впливає на кількісний склад лімфоцитів та нейтрофілів. Це виражається в тому, що в групі цуценят, де вводили біологічний подразник збільшення кількості нейтрофілів було у 2 рази менше, ніж в іншій групі (де його не вводили на 28 добу). Незалежно від кратності введення біологічного подразника на 70 добу кількість нейтрофільних гранулоцитів та лімфоцитів у крові обох груп суттєво не відрізнялася та зберігала таку тенденцію упродовж наступних трьох тижнів спостереження. Встановлено, що введення

Брошков М. М., Федькалова Т. М., Віщур О. І.

біологічного подразника цуценятм спричинює імуносупресивний вплив на організм, про що свідчить зменшення у крові абсолютної кількості нейтрофілів та лімфоцитів. Водночас введення біологічного подразника не впливає на фагоцитарну активність нейтрофільних гранулоцитів крові.

«Фізіологічний перехрест», а саме зменшення абсолютної кількості лімфоцитів і збільшення нейтрофілів у крові цуценят відбувається після 28 доби життя незалежно від введення біологічного подразника. Подальші дослідження потребують вивчення доцільності дворазового введення вакцини в якості біологічного подразника в досліджених термінах.

Ключові слова: вакцина; лейкоцити, фагоцитарна активність нейтрофілів; цуценята; імуносупресія; «фізіологічний перехрест»

Актуальність дослідження.

Адаптація імунної системи до антигенного навантаження доквілля – один з найважливіших фізіологічних чинників, що забезпечують нормальний розвиток тварини [12]. Індукція специфічної несприйнятливості (вакцинація) є одним із засобів захисту тварин від багатьох інфекційних захворювань. Сучасні рекомендації свідчать про те, що цуценятм слід робити першу (або основну) вакцинацію за планом між 6- та 8-тижневим віком, а потім декілька наступних ін'єкцій, які проводяться з інтервалами в 3–4 тижні до 16-тижневого віку. Існує висока вірогідність того, що на цьому етапі рівень материнських антитіл може зменшуватися, тому їхня ймовірність втручатися в дію антигену вакцини є низькою [5, 15, 16]. Кількість введення вакцин необхідних під час цієї фази може змінюватися в залежності від віку, з якого розпочато протокол вакцинації [18]. З огляду на те, що титр специфічних антитіл (IgG) у

більшості випадків корелює із ступенем захищеності організму, кількісне визначення специфічних IgG можна розглядати як спосіб оцінки імунного захисту у вакцинованих і невакцинованих тварин [4]. Ця оцінка має важливе значення для зменшення кількості необхідних щеплень і виявлення можливих негативних наслідків від введення вакцини, але при цьому зменшуючи ймовірність сприйнятливих до інфекційних агентів тварин у популяції [8, 10].

Динаміка показників клітинного імунітету у цуценят упродовж перших двох місяців життя характеризується значним зниженням фагоцитарної активності нейтрофільних гранулоцитів крові у перші дні життя. Натомість поступовим (протягом перших 60 днів) збільшенням Т–супресорів та зменшенням В–лімфоцитів крові. Перший «фізіологічний перехрест» (зрівняння в певні періоди кількості лімфоцитів і нейтрофілів) у цуценят відбувається з 10-ї по 24-у доби

Брошков М. М., Федькалова Т. М., Віщур О. І.

життя, що виражається у вирівнюванні відносної кількості лімфоцитів та фагоцитуючих нейтрофілів у межах 39–42 % [1].

Отже, вивчення імунофізіологічних показників у цуценят у критичні періоди розвитку, в т.ч. і за введення біологічного подразника, є актуальним як у науковому так і прикладному напрямку сучасних досліджень. Це може бути пов'язане зі зміною імуногенних властивостей біологічного подразника, зниженням опірності організму тварин та відсутністю доступних методів оцінки імунного стану цуценят за введення вакцини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вірусні інфекційні захворювання в умовах сьогодення продовжують бути основною причиною захворюваності та смертності серед популяції собак у всьому світі [6]. Універсальним способом профілактики та захисту від інфекційних агентів вірусного походження є введення біологічного подразника (вакцини), але немає науково визначеного критерію щодо кратності його введення та методів оцінки імунного статусу собак перед введенням. Результати досліджень які проведені в Німеччині, свідчать про те, що імунний статус собак після введення біологічного подразника не забезпечив захист тварин від хвороби в подальшому [18].

Більшість сучасних схем вакцинації тварин передбачає первинну вакцинацію, за якою пізніше йде повторна вакцинація [8]. В інших дослідженнях акцентується увага на тому, що однією з унікальних особливостей собак є їх надзвичайна варіація розмірів, а це створює проблеми пов'язані із введенням однакової дози вакцини всім собакам, незалежно від їхнього розміру [14]. Також триває дискусія щодо кратності введення біологічного подразника та впливу материнських антитіл на формування імунної відповіді [9].

Мета досліджень полягала у визначенні динаміки показників клітинної ланки імунітету у цуценят залежно від кратності введення біологічного подразника (БП).

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проведено на кафедрі фізіології, патофізіології та біохімії Одеського державного аграрного університету. Окремі етапи досліджень були виконані в умовах лабораторії імунології ДП «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П. Філатова» та багатопрофільної лабораторії ветеринарної медицини ОДАУ.

Дослід проведено на 10 цуценятах одного виводку породи середньоазіатська вівчарка. Цуценята були поділені на дві групи: перша – однократне введення вакцини у 51-добовому віці; друга –

Брошков М. М., Федькалова Т. М., Віщур О. І.
двократне введення вакцини на 28 та 51-шу доби життя. В якості біологічного подразника застосовували двовалентну вакцину Біокан Purru (Чехія), яка містить живий атеінурований вірус чуми всеїдних та інактивований вірус парвовірусного ентериту собак. Вакцину вводили підшкірно в рекомендованій виробником дозі.

Для проведення імунологічних досліджень використовували кров, яку брали у цуценят з яремної вени у 7-, 14-, 28-, 51-, 71- і 90-добовому віці. На 28 та 51 доби дослідження кров відбирали безпосередньо за 5 хвилин до введення БП.

У стабілізованій гепарином крові визначали абсолютну кількість лейкоцитів, нейтрофілів, моноцитів, лімфоцитів та фагоцитарну активність нейтрофілів.

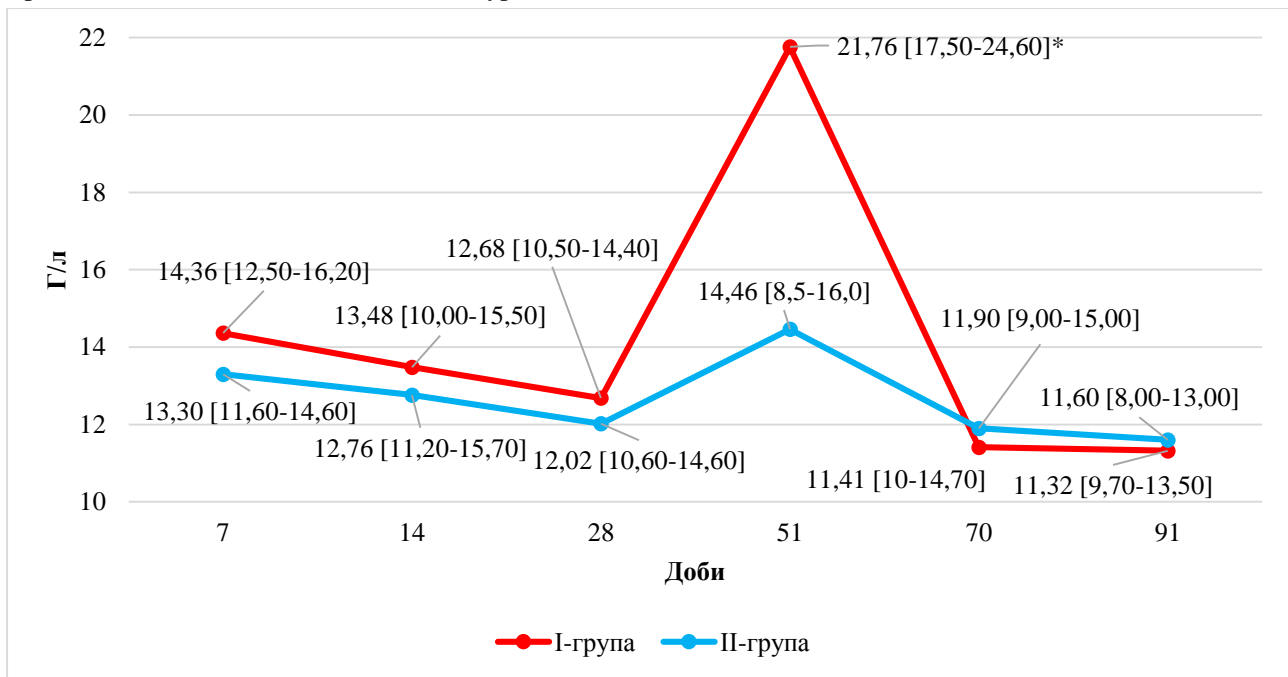
Визначення абсолютної кількості лейкоцитів, нейтрофілів, моноцитів та лімфоцитів проводили за допомогою гематологічного аналізатора BC-2800Vet фірми MINDRAY. Одиниця виміру представлених даних – Г/л.

Визначення фагоцитарної активності нейтрофілів (ФАН) проводили за методикою [2]. У якості об'єкту фагоцитозу застосовували

0,1%-ову суспензію клітин інактивованих пекарських дріжджів. У препаратах підраховували кількість фагоцитуючих нейтрофілів на 50 нейтрофілів. За фагоцитуючу вважали клітину (нейтрофіл), що поглинула 1 та більше дріжджових клітин.

Отримані результати досліджень виражали як медіану [мінімум-максимум] за допомогою програмного забезпечення PRIMER. Після порівняння досліджуваних параметрів та їх міжгрупових відмінностей використовували критерій Манна-Уїтні, а результат вважали вірогідним при $P \leq 0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення. Результати дослідження вмісту абсолютної кількості лейкоцитів (АКЛ). Відомо, що одним з базових показників реактивності імунної системи є кількість лейкоцитів, яка вказує на загальний стан імунної системи, а саме прояв імуносупресії або імуноагресії. З наведених на рисунку 1 даних бачимо, що абсолютна кількість лейкоцитів (АКЛ) у крові цуценят, як першої так і другої груп упродовж першого місяця життя мала тенденцію до зниження.



Примітка. На цьому та інших рисунках вірогідна різниця між групами: * $P \leq 0,05$.

Рис. 1. Динаміка АКЛ у крові цуценят упродовж 90 діб життя та за різної кратності введення біологічного подразника

Незначна різниця в АКЛ на 7 добу життя між двома групами не відображає жодної закономірності і є лише середнім арифметичним значенням умовно підібраних груп. У динаміці впродовж тижня, а саме на 14 добу життя у крові цуценят обох груп зафіксовано тенденцію до зниження АКЛ, в середньому на 5 %. Подібні зміни виявлено також у 28-добовому віці, а саме АКЛ у крові тварин обох груп зменшилась в середньому на 6 %, відносно 14 доби. Натомість упродовж наступних трьох тижнів констатовано зростання АКЛ. При цьому вказані зміни були виражені більшою мірою у крові цуценят першої групи, особливо у 51-добовому віці. Так, у крові цуценят першої і другої груп АКЛ у 51-добовому віці була відповідно в 1,7 і

1,2 рази більша, ніж у 28-добовому віці. Разом з цим необхідно зауважити, що у вказаний період досліджень АКЛ у крові цуценят першої групи була в 1,5 рази більша, ніж у другій. На 51-у добу цуценят другої групи повторно вводили БП, а першу групу вакцинували вперше, що призвело (на 70-ту добу) до зниження АКЛ у крові цуценят у першій групі майже вдвічі (11,41 Г/л), а у цуценят другої групи – 1,2 разу (11,9 Г/л). Результати цих досліджень свідчать про те, що введення БП істотно впливає (51 день) на абсолютну кількість лейкоцитів крові цуценят.

Результати дослідження вмісту абсолютної кількості нейтрофілів крові та їх фагоцитарної активності. Нейтрофіли є високорухливими

Брошков М. М., Федькалова Т. М., Віщур О. І.

фагоцитами, які слугують початковими ефекторами проти патогенів і активно залучаються до місць запалення. Хемоатрактанти скеровують їх до місця запалення, а їх взаємодія з ендотеліальними

клітинами направляє їх через посткапілярні венули в тканини [11]. Динаміка кількісних змін популяції нейтрофілів протягом дослідного періоду представлена на рисунку 2.

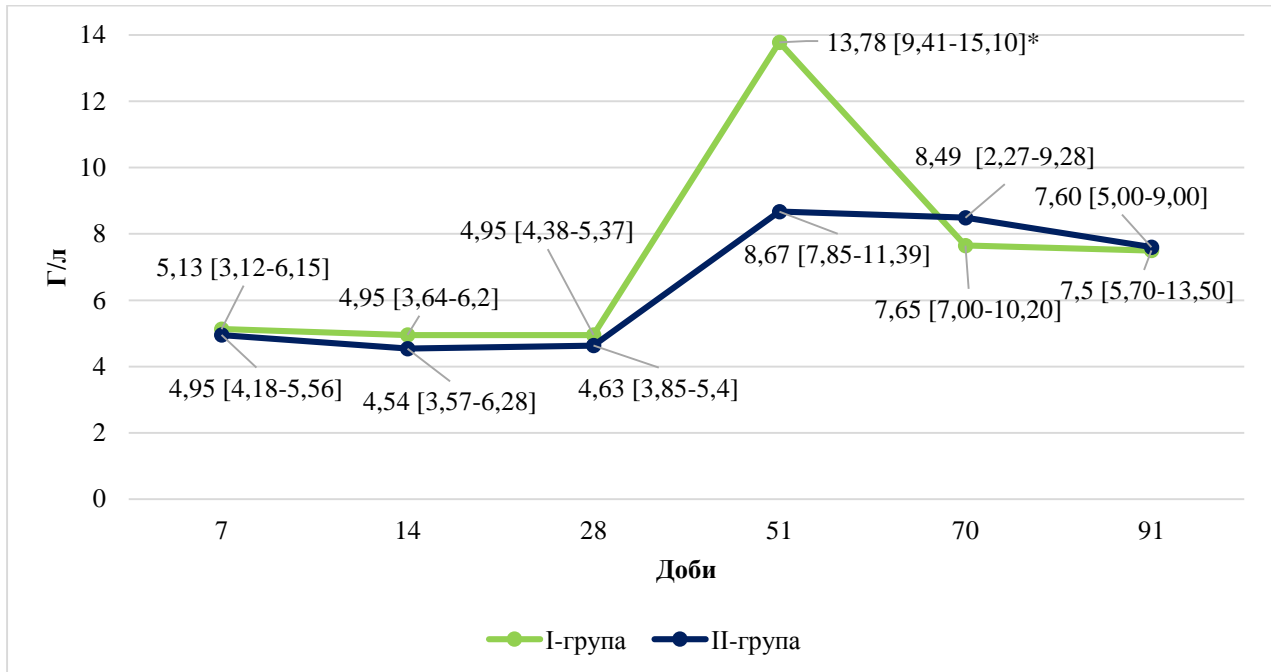


Рис. 2. Динаміка абсолютної кількості нейтрофілів у крові цуценят упродовж перших 90 днів життя та за різної кратності введення біологічного подразника

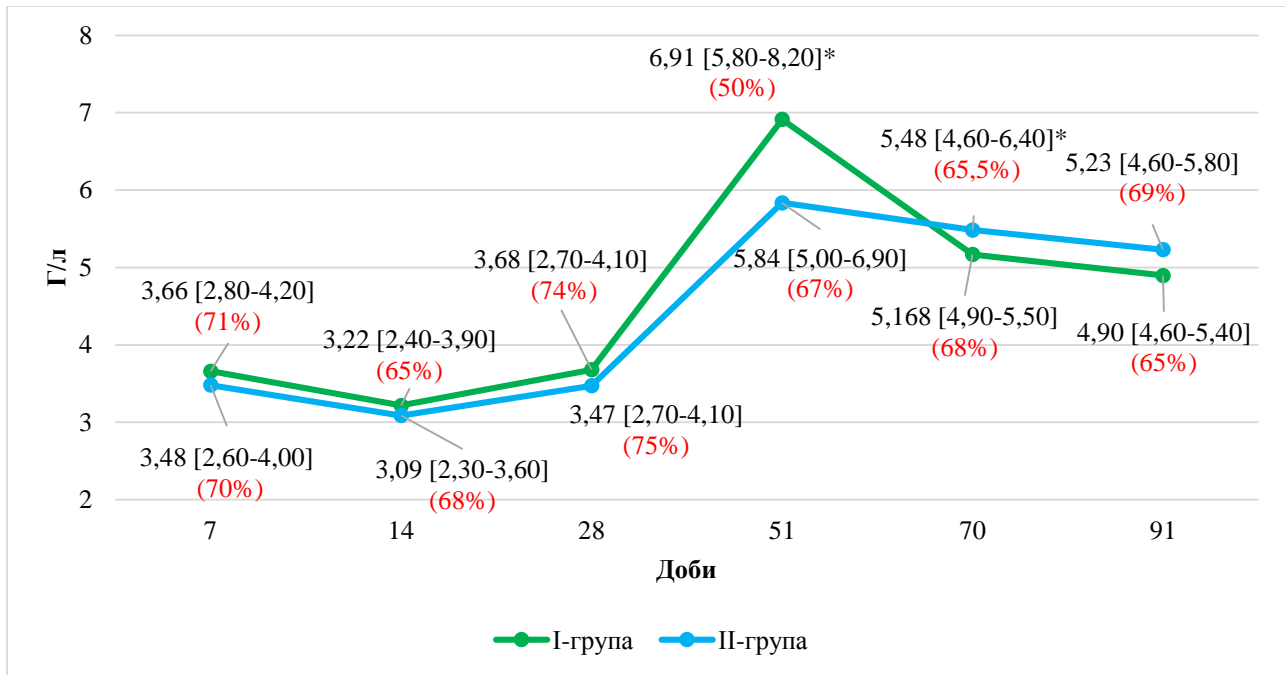
З даних цього рисунку бачимо, що впродовж першого місяця постнатального періоду, абсолютна кількість нейтрофілів у крові цуценят обох груп була майже однакова, різниця між групами була в межах 0,2–0,7 Г/л. Починаючи з 28 доби зафіксовано значне збільшення кількості нейтрофілів у крові цуценят, подібно як при визначенні кількості лейкоцитів. Так, у 51-добовому віці абсолютна кількість нейтрофілів у крові цуценят першої і другої дослідної груп була відповідно в 2,8 ($P \leq 0,05$) і 1,9 рази більша, ніж у 28-

добовому віці. Водночас кількість нейтрофілів у крові цуценят першої дослідної групи у цей період досліджень була в 1,6 рази більша, ніж у другій групі.

Протягом наступного періоду досліджень констатовано зниження цього показника і на 90 добу в першій та другій групах він був майже однаковий. Саме на третій місяць після народження у цуценят закінчується формування органів імунної системи і її параметри вирівнюються з дорослими [18]. Імовірно з цим пов'язано вирівнювання

Брошков М. М., Федькалова Т. М., Віщур О. І.

кількісного вмісту в крові нейтрофілів.

Примітка: * $p \leq 0,05$ достовірна різниця між групами;

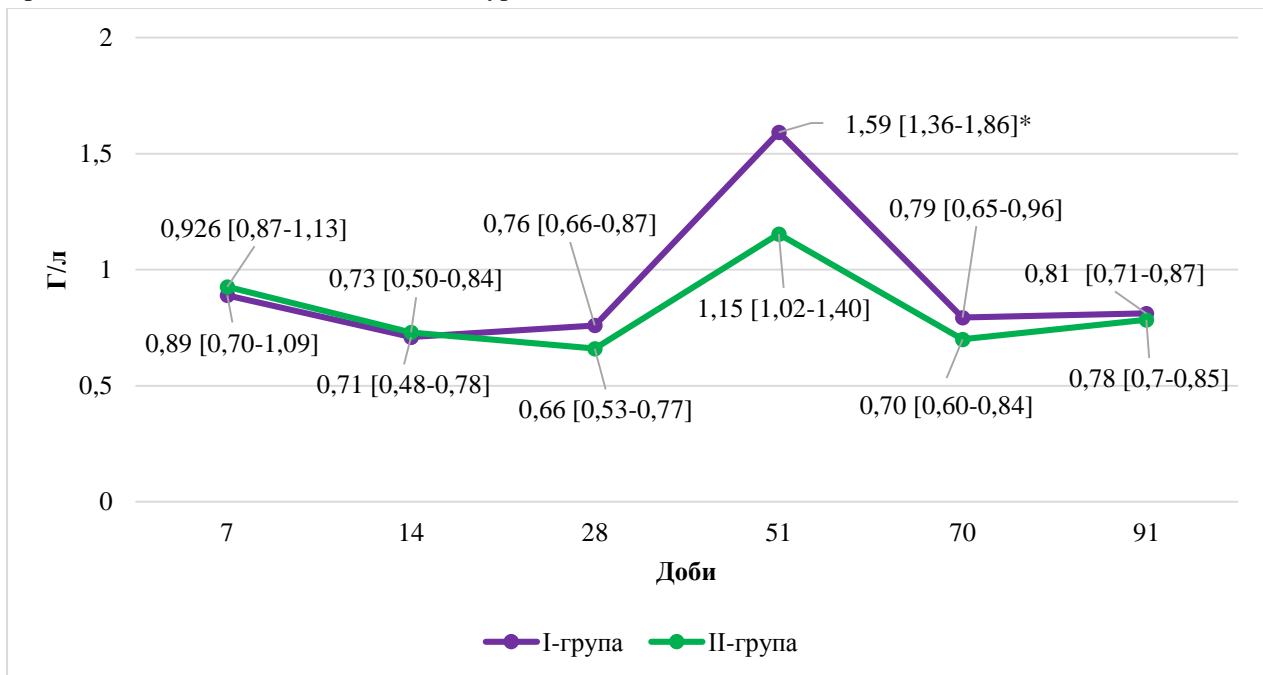
**червоним показано відносний показник ФАН по відношенню до загальної кількості нейтрофілів.

Рис. 3. Динаміка показника ФАН в крові цуценят протягом перших 90 діб життя та за різної кратності введення біологічного подразника.

Подібну динаміку змін отримано при дослідженні фагоцитарної активності нейтрофілів (ФАН) у крові цуценят (рис. 3). Як бачимо з даних рисунка фагоцитарна активність нейтрофілів у крові цуценят обох груп до 28-добового віку мала однакову динаміку. У 51-добовому віці констатовано підвищення ФАН, при цьому ці зміни були виражені більшою мірою у крові цуценят першої групи. При цьому, ФАН у крові цуценят першої і другої дослідної груп була відповідно в 1,9 ($P \leq 0,05$) і 1,68 рази більша, ніж у 28-

добовому віці. В інші досліджувані періоди в обох групах цей показник фагоцитозу коливався від 65 до 75 %.

Результати дослідження вмісту абсолютної кількості моноцитів. Моноцити є "професійними" фагоцитами. Здатність до фагоцитозу в них виражена більше, ніж у інших лейкоцитів. Для розпізнавання чужорідних агентів моноцити використовують низку лектинових рецепторів, а також рецептори до С3b-компонента комплементу та Fc-фрагментів антитіл [3].

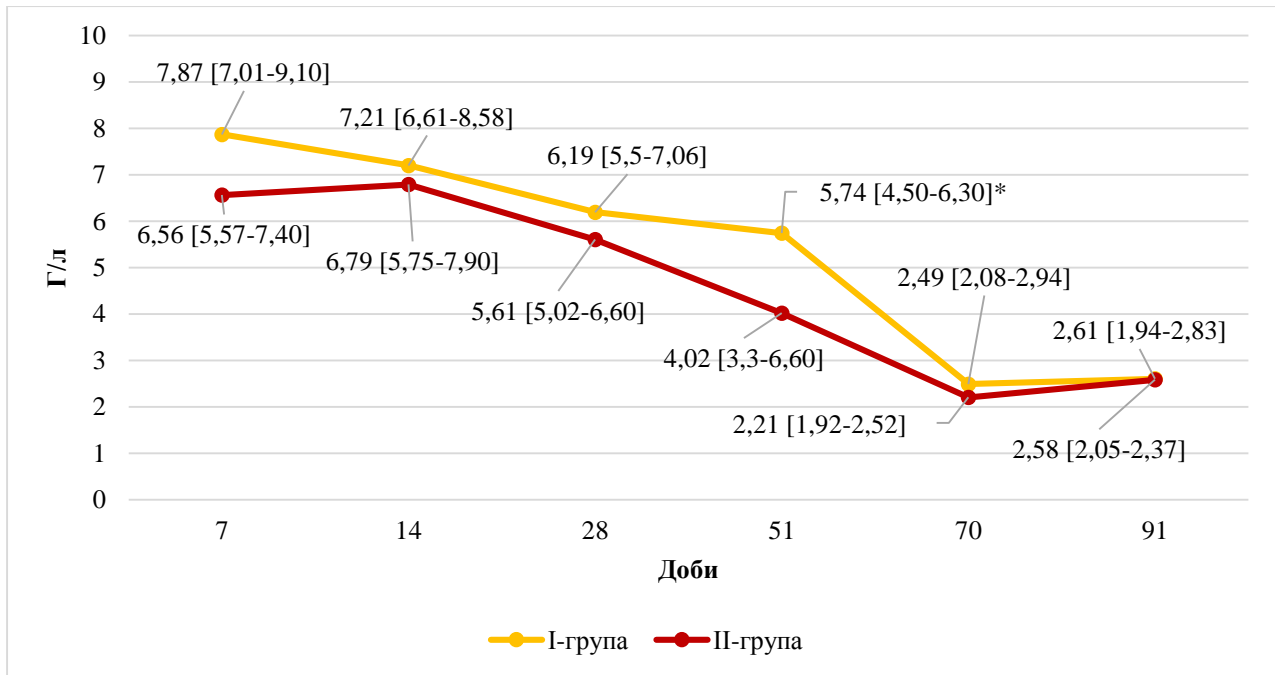


Примітка: * $p \leq 0,05$ достовірна різниця між групами

Рис 4. Динаміка абсолютної кількості моноцитів у крові цуценят упродовж перших 90 днів життя та за різної кратності введення біологічного подразника

З наведених на рисунку 4 результатів досліджень бачимо, що динаміка кількості моноцитів у крові цуценят подібна до даних з визначення кількості нейтрофільних гранулоцитів. Абсолютна кількість моноцитів у крові цуценят першої і другої груп протягом першого місяця життя була майже однакова. Впродовж наступних трьох тижнів абсолютна кількість моноцитів у крові цуценят обох груп збільшується, особливо у тварин першої групи. Подальша динаміка свідчить про зниження кількості моноцитів у крові цуценят обох груп і відсутність істотних різниць між групами.

Результати дослідження вмісту абсолютної кількості лімфоцитів. Відомо, що у формуванні та регуляції імунної відповіді в організмі тварин важливе значення надається лімфоцитам та їх популяціям, як головним клітинам імунної системи. Популяція лімфоцитів різноманітна і містить як клітини вродженого імунітету (NK-клітини), так і адаптивного – Т- та В-лімфоцити. Аналіз отриманих результатів досліджень показав, що абсолютна кількість лімфоцитів на відміну від інших клітин мала чітку тенденцію до зниження, починаючи з 14- і до 70-добового віку (рис 5).



Примітка: * $p \leq 0,05$ достовірна різниця між групами

Рис. 5. Динаміка абсолютної кількості лімфоцитів в крові цуценят упродовж перших 90 днів життя та за різної кратності введення біологічного подразника

Ці зміни були виражені більшою мірою у другій групі цуценят, особливо після введення БП у 28-добовому віці, де констатовано значне зниження популяції цих клітин. У крові цуценят першої групи динаміка абсолютної кількості лімфоцитів впродовж дослідження була подібною. Водночас, у 51-добовому віці абсолютна кількість лімфоцитів у крові цуценят першої групи була в 1,4 рази більша, ніж у тварин другої групи. У наступні періоди досліджень кількість лімфоцитів у крові цуценят була майже однакова в обох групах.

Результати порівняння динаміки абсолютної кількості нейтрофілів та лімфоцитів. З інших результатів досліджень, отриманих у цьому експерименті,

особливе зацікавлення представляють дані про співвідношення між нейтрофілами і лімфоцитами [3].

Проведені авторські дослідження (рис. 6, 7) підтверджують факт, що у крові обох груп цуценят не залежно від кратності введення біологічного подразника відбувся «фізіологічний перехрест» між нейтрофілами і лімфоцитами у проміжку між 28 та 51 добою. Тобто введення біологічного подразника не вплинуло на такий маркер фізіологічної адекватності розвитку імунної системи як «фізіологічний перехрест». У наших попередніх дослідженнях динаміки імунофізіологічних показників клітинної ланки імунітету у цуценят породи доберман, показано, що цей

Брошков М. М., Федькалова Т. М., Віщур О. І.
 «перехрест» відбувся з 20 по 24 доби
 життя [1].

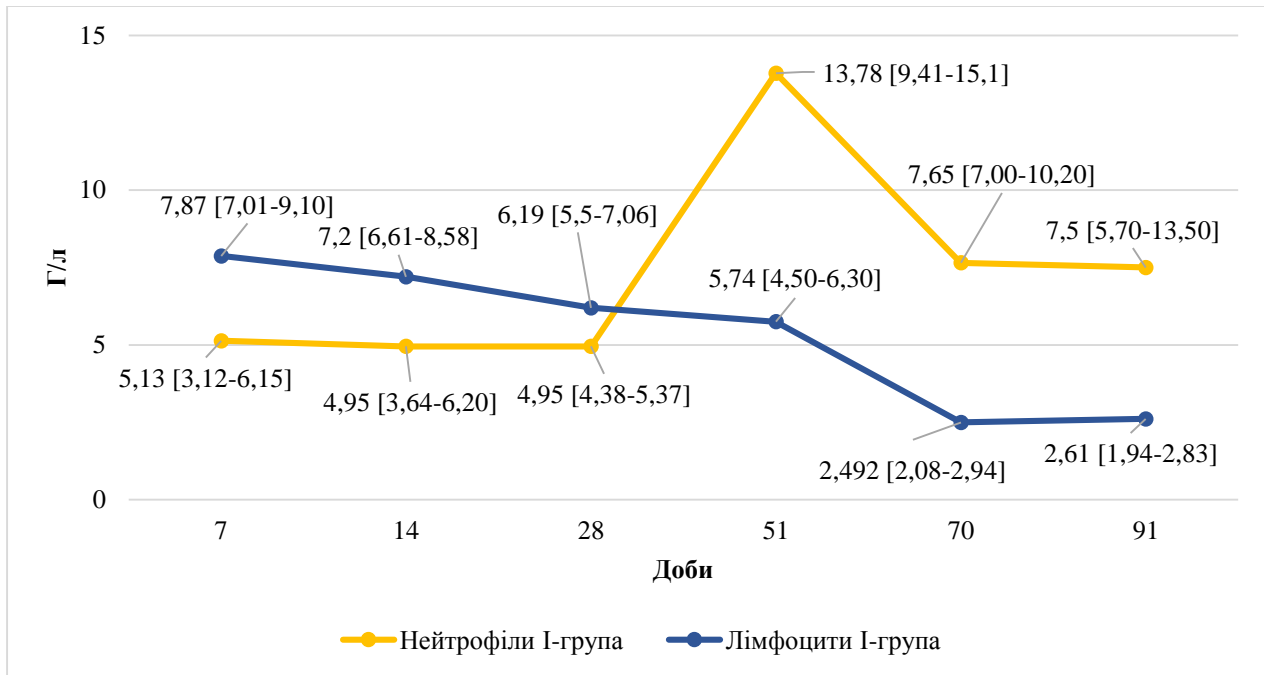


Рис. 6. Динаміки абсолютної кількості нейтрофілів та лімфоцитів в першій групі тварин

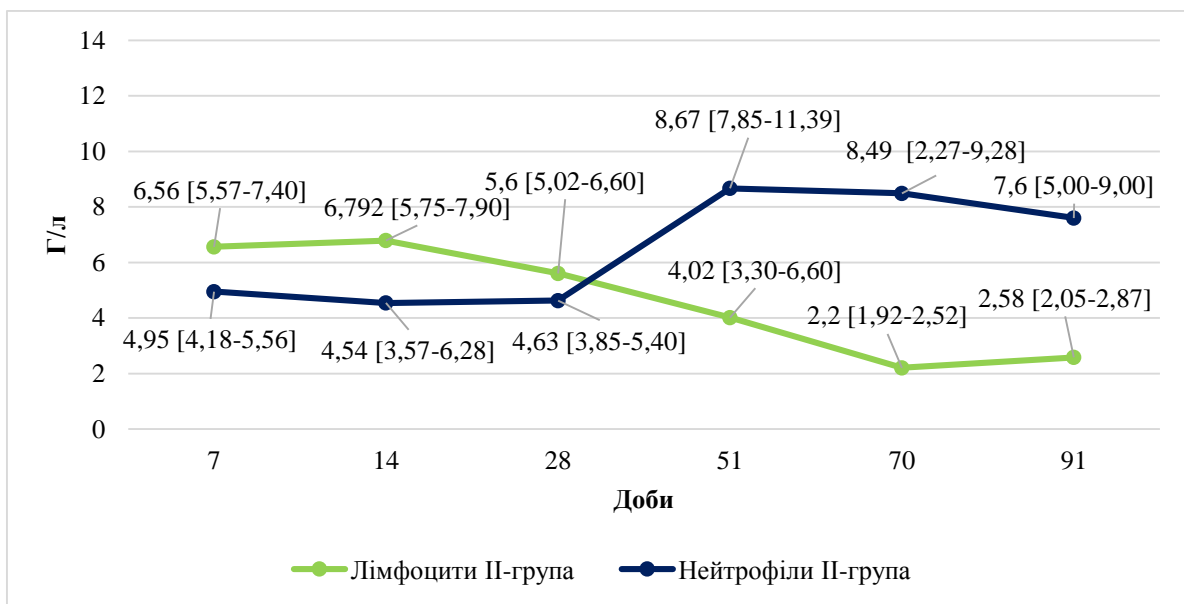


Рис. 7. Динаміки абсолютної кількості нейтрофілів та лімфоцитів в другій групі тварин

Імовірно, цей показник є критерієм оцінки якісного перебігу формування імунної системи, який залежить від впливу чисельних

чинників, пов'язаних із породою, особливостями догляду та іншими чинниками. Як бачимо з даних, неведених на рисунках 6 і 7, у цуценят

Брошков М. М., Федькалова Т. М., Віщур О. І.

першої групи, яким у 28-добовому віці не вводили біологічний подразник, виходячи з аналізу попередніх результатів, зафіксовано значне, більше ніж у 2 рази, збільшення нейтрофільних гранулоцитів крові на 51 добу.

Дослідження динаміки показників клітинного імунітету в цуценят упродовж трьох місяців після народження проведено з метою виявлення закономірностей змін популяційного складу імунокомпетентних клітин, що дасть можливість прогнозування неадекватної імунної відповіді під час введення біологічного подразника.

Авторськими дослідженнями визначено, що після народження співвідношення окремих видів лейкоцитів у лейкограмі крові відрізняється від тварин дорослого віку, а саме кількість нейтрофілів є меншою стосовно лімфоцитів. У новонароджених співвідношення між цими клітинами приблизно таке як і у дорослих. У перші дні життя кількість нейтрофілів починає швидко знижуватися, а кількість лімфоцитів – збільшуватись. Така динаміка зберігається впродовж місяця. У подальшому, відбуваються фізіологічні зміни, унаслідок яких кількість нейтрофілів різко збільшується, а лімфоцити зберігають тенденцію до зниження. З даних літератури відомо, що цей процес відбувається завдяки кількісному збільшенні лімфоїдної тканини

(аденоїди, мигдалини, лімфатичні вузли), у результаті чого імунна система організму поступово набуває типових для неї характеристик [3]. Проведені нами експериментальні дослідження показали, що введення цуценятам другої групи у 28-добовому віці БП (вакцини) спричинило імуносупресивний вплив на організм. Про що вказує більш виражене збільшення кількості нейтрофілів у першій групі (у порівнянні з другою) та менш виражене зниження абсолютного числа лімфоцитів в першій групі (у порівнянні з другою) упродовж трьох тижнів після ін'єкції. Імуносупресивний вплив БП також підтверджується і у тварин першої групи. Зокрема, після введення вакцини у 51-добовому віці у крові цуценят виявлено значне зниження кількості нейтрофілів і лімфоцитів. У попередніх наших дослідженнях показано імунорегуляторний вплив БП на кількість імунокомпетентних клітин у крові цуценят. Зокрема констатовано обернену залежність між кількістю лейкоцитів у крові цуценят до і після введення БП і їх рівнем після імунізації. Так, у цуценят, у яких встановлено високі кількісні показники лейкоцитів, після введення БП спостерігалось їх зменшення і навпаки [1]. Імуносупресивний вплив БП на організм собак зафіксовано також іншими авторами [6]. Результати, отримані іншими авторами, під час

Брошков М. М., Федькалова Т. М., Віщур О. І.

дослідження реакції організму собак на введення БП полягали в тому, що значне поствакцинальне зниження мітогенної відповіді Т-клітин на ФГА, функції нейтрофілів і концентрації неоптерину в сироватці крові супроводжувалось одночасним підвищенням рівня IgG у плазмі та активністю гемолітичного комплексу. Автори стверджують, що імуносупресія була опосередкована зсувом у балансі між клітинно-опосередкованим і гуморальним (Т(Н)1/Т(Н)2) імунітетом [13]. Водночас необхідно зауважити, що за двократного введення БП динаміка зменшення популяції імунокомпетентних клітин мала поступовий характер, а за однократного введення сальтаторний.

Динаміка кількості моноцитів (як клітин попередників системи мононуклеарних фагоцитів (MPS) у крові цуценят загалом була подібна до динаміки нейтрофілів, хоча ці клітини відносяться до агранулоцитів. Є також імовірність того, що вказана динаміка пов'язана з неприродним потраплянням в організм цуценят БП.

З огляду на це, імуносупресивний вплив БП вочевидь є неминучою реакцією організму на його введення тому подальші наші дослідження будуть скеровані на визначення імунопротективних властивостей фармакологічних засобів імуноотропної дії. Проведені

експериментальні дослідження є підґрунтям для використання отриманих результатів у подальших дослідженнях імунобіологічної реактивності організму цуценят, а також слугуватимуть у якості моделі та біологічно обґрунтованого підходу для застосування вакцин, як біологічного подразника.

Висновки і перспективи.

Встановлено, що введення біологічного подразника цуценят спричинює імуносупресивний вплив на організм, про що свідчить зменшення у крові абсолютної кількості нейтрофілів на 19,4 % та лімфоцитів 21 %. Водночас за введення біологічного подразника зменшення абсолютної кількості нейтрофілів не вплинуло на їх фагоцитарну активність. Цей показник на 17 % був більшим за введення біологічного подразника.

«Фізіологічний перехрест», а саме зменшення абсолютної кількості лімфоцитів і збільшення нейтрофілів у крові цуценят відбувається після 28 доби життя. Введення біологічного подразника в цей період викликає менш виражене зменшення кількості лімфоцитів і збільшення нейтрофілів у крові цуценят. Подальші дослідження потребують обґрунтування доцільності дворазового введення вакцини в якості біологічного подразника в досліджених термінах.

Список використаних джерел

Брошков М. М., Федькалова Т. М., Віщур О. І.

1. Брошков М. М. Імунний статус організму собак залежно від фізіологічних особливостей його корекції : дис. ... д-ра вет. наук : 03.00.13. / Національний університет біоресурсів та природокористування. Київ, 2016. 310 с.

2. Дегтяренко Т. В., Макулькін Р.Ф. Біогенні стимулятори та імунореактивність. Одеса : Маяк, 1997. 286 с.

3. Казмірчук В.Є., Ковальчук Л.В., Мальців Д.В.. Клінічна імунологія та алергологія з віковими особливостями. Київ: ВСІ «Медицина», 2012. 520 с.

4. Accuracy of a point-of-care ELISA test kit for predicting the presence of protective canine parvovirus and canine distemper virus antibody concentrations in dogs/ A. L. Litster et al. *Veterinary journal*. 2012, №193(2), P. 363–366. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.01.027>

5. Age and long-term protective immunity in dogs and cats / R.D. Schultz et al. *Journal of comparative pathology*. 2010. №142, P.102–108. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2009.10.009>

6. Antibody Response to Canine Parvovirus Vaccination in Dogs with Hyperadrenocorticism Treated with Trilostane / M. Bergmann et al. *Vaccines*. 2020. №8(3), 547. <https://doi.org/10.3390/vaccines8030547>

7. Birth weight as a risk factor for neonatal mortality: Breed-specific approach to identify at-risk puppies/ A. Mugnier et al. *Preventive veterinary medicine*. 2019. №171, 104746. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104746>

8. Controlled release vaccine implants for delivery of booster immunisations / Freya A. Russell et al. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2022. №253, 10484. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2022.110484>.

9. Development of Dog Immune System: From *in Uterus* to Elderly / M. Pereira et al. *Veterinary sciences*. 2019. №6(4), P.83. <https://doi.org/10.3390/vetsci6040083>

10. Tizard I. R. The administration of vaccines. *Vaccines for Veterinarians*. 2021. №87, P.104. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-68299-2.00017-4>

11. Hostetter S. J. Neutrophil function in small animals. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*. 2012.

№42(1), P. 157-171. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.09.010>

12. MacGillivray D. M., Kollmann T. R. The role of environmental factors in modulating immune responses in early life. *Frontiers in immunology*. 2014. №5. P.434. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00434>

13. Immune modulation following immunization with polyvalent vaccines in dogs/ A. Strasser et al. *Veterinary immunology and immunopathology*. 2003. №94(3-4). P. 113–121. [https://doi.org/10.1016/s0165-2427\(03\)00086-2](https://doi.org/10.1016/s0165-2427(03)00086-2)

14. Novel Vaccine Technologies in Veterinary Medicine: A Herald to Human Medicine Vaccines/ Aida Virginia et al. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. №8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.654289>

15. Niewiesk S. Maternal antibodies: clinical significance, mechanism of interference with immune responses, and possible vaccination strategies. *Frontiers in immunology*. 2014. №5, P.446. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00446>

16. Protection against canine parvovirus type 2 infection in puppies by colostrum-derived antibodies / H. Mila et al. *Journal of nutritional science*. 2014. №3, P.54. <https://doi.org/10.1017/jns.2014.57>

17. Schultz R. D. Duration of immunity for canine and feline vaccines: a review. *Veterinary microbiology*. 2006. №117(1), P. 75–79. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.04.013>

18. WSAVA Guidelines for the vaccination of dogs and cats/ M.J Day et al. *Journal of small animal practice*. 2016. №57(1), P. 1-45. https://doi.org/10.1111/jsap.2_12431

References

1. Broshkov M. M. (2016). *Immune status of dog depending on the physiological features of its correction* (Doctoral dissertation, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine).

2. Degtyarenko, T. V. & Makulkin, R. F. (1997). *Biogenic stimulants and immunoreactivity*. Odesa: Mayak.

3. Kazmirchuk, V.I., Kovalchuk, L.V., Maltsiv, D.V. (2012) *Clinical immunology and allergology with age-related features*. Kiev: VSI “Meditsina”.

Брошков М. М., Федькалова Т. М., Віщур О. І.

4. Litster, A., Pressler, B., Volpe, A. & Dubovi, E. (2012). Accuracy of a point-of-care ELISA test kit for predicting the presence of protective canine parvovirus and canine distemper virus antibody concentrations in dogs. *Veterinary journal*, 193(2), 363–366. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.01.027>
5. Schultz, R. D., Thiel, B., Mukhtar, E., Sharp, P. & Larson, L. J. (2010). Age and long-term protective immunity in dogs and cats. *Journal of comparative pathology*, 142 Suppl 1, 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2009.10.009>
6. Bergmann, M., Freisl, M., Hartmann, K., Speck, S., Truyen, U., Zablotzki, Y., Mayr, M., & Wehner, A. (2020). Antibody Response to Canine Parvovirus Vaccination in Dogs with Hyperadrenocorticism Treated with Trilostane. *Vaccines*, 8(3), 547. <https://doi.org/10.3390/vaccines8030547>
7. Mugnier, A., Mila, H., Guiraud, F., Brévaux, J., Lecarpentier, M., Martinez, C., Mariani, C., Adib-Lesaux, A., Chastant-Maillard, S., Saegerman, C., & Grellet, A. (2019). Birth weight as a risk factor for neonatal mortality: Breed-specific approach to identify at-risk puppies. *Preventive veterinary medicine*, 171, 104746. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104746>
8. Russell, F. A., Trim, L. K., Savi, F. M., Simon, C., Dargaville, T. R., Hutmacher, D. W., & Beagley, K. W. (2022). Controlled release vaccine implants for delivery of booster immunisations. *Veterinary immunology and immunopathology*, 253, 110484. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2022.110484>
9. Pereira, M., Valério-Bolas, A., Saraiva-Marques, C., Alexandre-Pires, G., Pereira da Fonseca, I., & Santos-Gomes, G. (2019). Development of Dog Immune System: From *in Uterus* to Elderly. *Veterinary sciences*, 6(4), 83. <https://doi.org/10.3390/vetsci6040083>
10. Tizard, I. R. (2021). The administration of vaccines. *Vaccines for Veterinarians*, 87, 104. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-68299-2.00017-4>
11. Hostetter, S. J. (2012). Neutrophil function in small animals. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, 42(1), 157–171. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.09.010>
12. MacGillivray, D. M., & Kollmann, T. R. (2014). The role of environmental factors in modulating immune responses in early life. *Frontiers in immunology*, 5, 434. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00434>
13. Strasser, A., May, B., Teltscher, A., Wistrela, E., & Niedermüller, H. (2003). Immune modulation following immunization with polyvalent vaccines in dogs. *Veterinary immunology and immunopathology*, 94(3-4), 113–121. [https://doi.org/10.1016/s0165-2427\(03\)00086-2](https://doi.org/10.1016/s0165-2427(03)00086-2)
14. Aida, V., Pliastas, V. C., Neasham, P. J., North, J. F., McWhorter, K. L., Glover, S. R., & Kyriakis, C. S. (2021). Novel Vaccine Technologies in Veterinary Medicine: A Herald to Human Medicine Vaccines. *Frontiers in veterinary science*, 8, 654289. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.654289>
15. Niewiesk, S. (2014). Maternal antibodies: clinical significance, mechanism of interference with immune responses, and possible vaccination strategies. *Frontiers in immunology*, 5, 446. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00446>
16. Mila, H. et al. (2014). Protection against canine parvovirus type 2 infection in puppies by colostrum-derived antibodies. *Journal of nutritional science*, 3, 54. <https://doi.org/10.1017/jns.2014.57>
17. Schultz, R. D. (2006). Duration of immunity for canine and feline vaccines: a review. *Veterinary microbiology*, 117(1), 75–79. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.04.013>
18. Day, M. J., Horzinek, M. C., Schultz, R. D., Squires, R. A., & Vaccination Guidelines Group (VGG) of the World Small Animal Veterinary Association (WSAVA) (2016). WSAVA Guidelines for the vaccination of dogs and cats. *The Journal of small animal practice*, 57(1), E1–E45. https://doi.org/10.1111/jsap.2_12431

DYNAMICS OF INDICATORS OF CELLULAR IMMUNITY IN PUPPIES DEPENDING ON THE MULTIPLICITY OF INTRODUCTION THE BIOLOGICAL STIMULUS

M. M. Broshkov, T. M. Fedkalova, O. I. Vishchur

Abstract. *Study of immune-physiological indicators in puppies in critical periods of life, including and for the introduction of a biological stimulus, is an actual direction of modern researches. Actuality is related to a change in immunogenic properties of biological stimulus, a decrease in resistance of animal body, and lack of available methods for assessing the immune status of puppies after vaccination.*

The purpose of the research was to determine the dynamics of indicators of the cellular link of immunity in puppies depending on the frequency of a biological stimulus introduction.

The experiment was conducted on 10 puppies from one brood. Puppies were divided into two groups: I – single vaccination at 51 days of life was done; II - two-time vaccination on the 28th and 51st days of life was done. Biocan DHPPi vaccine (Czech Republic) was used as a biological stimulus.

Authors' research established that regardless of the frequency of biological stimulus introduction, a physiological crossover occurs in the body of puppies. However, it should be noted that the biological stimulus affects the quantitative composition of lymphocytes and neutrophils. This is expressed in the fact that in the group of puppies, where the biological stimulus was administered, the increase in the number of neutrophils was 2 times less than in the other group (where it was not administered on the 28th day). Regardless of frequency of the biological stimulus introduction on 70 days, the number of neutrophil granulocytes and lymphocytes in the blood of both groups did not differ significantly and maintained this trend during the next three weeks of observation.

It was established that the administration of biological stimulus to puppies causes an immunosuppressive effect on the body, as evidenced by a decrease in the absolute number of neutrophils and lymphocytes in the blood. At the same time, administration of biological stimulus does not affect the phagocytic activity of blood neutrophil granulocytes.

Physiological crossover, namely a decrease in the absolute number of lymphocytes and an increase in neutrophils in the blood of puppies occurs after 28 days of life without connection to administration of biological stimulus. Further research is needed to study the feasibility of a two-time administration of the vaccine as a biological stimulus in the studied terms.

Key words: *vaccine; phagocytic activity of neutrophils; puppies; immunosuppression; physiological overlap*

УДК 582.661:621.384.4

ВПЛИВ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ГЕНЕРАТИВНУ СФЕРУ І РОЗВИТОК ЕНДЕМІЧНОГО ВИДУ *GYPSOPHILA THYRAICA* A. KRASNOVA (CARYOPHYLLACEAE)**М. А. ЮЗИК**, аспірант, <https://orcid.org/0000-0002-7367-524X>**E-mail:** yuzyk.mykola@gmail.com**О. М. ОПТАСЮК**, кандидат біологічних наук, доцент, доцент,
<https://orcid.org/0000-0001-9007-2494>**E-mail:** linum@ukr.net**У. І. ЛІСОВА**, магістрант, <https://orcid.org/0000-0002-8295-1963>**E-mail:** lisova.kp.u@gmail.com*Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка***А. В. КЛЕПКО**, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник,
завідувач кафедри, <https://orcid.org/0000-0002-7061-453X>**E-mail:** klepko@nubip.edu.ua*Національний університет біоресурсів і природокористування України*[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.002](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.002)

Анотація. Досліджено особливості впливу ультрафіолетового опромінення (УФ-В) на репродуктивні властивості ендемічного, реліктового, рідкісного виду *Gypsophila thyratica* A. Krasnova s. str. з метою виявлення особливостей його адаптації до умов навколишнього середовища та прогнозування подальшого відтворення. Здійснено аналіз насінневої схожості, енергії проростання насіння, особливостей розвитку проростків, фертильності і життєздатності пилку при різних експозиційних варіантах УФ-опромінення. Встановлено стимулюючу дію короткочасного УФ-В опромінення (10-20 хв.) на схожість, енергію проростання насіння і розвиток проростків. Енергія проростання насіння при експозиції 20 хв. у 2-3 рази вища в опроміненіх зразків ніж у неопроміненіх контрольних; аналіз морфометричних показників показав збільшення вдвічі довжини первинних коренів та загальних розмірів проростків у порівнянні з контрольними зразками, у яких переважали деформовані особини, із сповільненим ростом, частіше спостерігалось ураження грибковими захворюваннями. Встановлено, що у природних умовах фертильність і життєздатність пилку *G. thyratica* варіює в межах 75-85 %. Після додаткового УФ-В опромінення при малих дозах, спостерігали поступове зниження запліднюючої здатності пилку; відсоток деформованого пилку збільшувався із підвищенням експозиції опромінення, що є наслідком руйнівного впливу передусім на форму пилкових зерен. Життєздатність пилку при впливі малих доз УФ-В опромінення поступово підвищувалася (до 91,0 %), хоча кількість деформованих пилкових зерен збільшувалася. При довготривалій дії УФ-В світла (60 хв.) фертильність пилку підвищувалася, а життєздатність знижувалася.

Ключові слова: ендемічний рідкісний вид, насіння, пилок, ультрафіолетове опромінення, життєздатність, фертильність

Актуальність. Останніми десятиліттями досить актуальною стала проблема впливу іонізуючих та неіонізуючих випромінювань на біологічні об'єкти. Це зумовлено невідомим зростанням кількості радіоактивних речовин у довкіллі й підвищенням інтенсивності ультрафіолетових променів. Урахування впливу УФ-радіації на вищі рослини, які є найважливішими компонентами природних екосистем, має важливе значення для прогнозування оцінки ризиків для біотичного компонента екосистем від виснаження озонового шару (UF-V radiatsiia i roslyny: mekhanizmy ushkodzhennia ta zakhystu (2007); Mikhieiev O.M., Tykhenko O.M. (2011); Semenov A. O., Burhu Yu. H., Kozhushko H. M. (2018); Yuzyk M.A., Liubinska L.H., Optasiuk O.M., Hryhorchuk I.D. (2021); Frohnmeyer H., Staiger D.(2003)).

Зростання інтенсивності ультрафіолетового випромінювання впливає на морфофізіологічні та біохімічні параметри рослинних організмів. Ці зміни залежать від біологічної структури, що аналізується, етапу онтогенезу, генотипу та умов опромінення: дози, потужності, спектрального складу. Ультрафіолетове випромінювання умовно поділяють на довгохвильове (280–380 нм, діапазони А, В) і

короткохвильове (10–280 нм, діапазон С). Короткохвильове випромінювання навіть в невеликих дозах спричиняє дуже шкідливу дію на рослини: через 10-15 хв опромінення настає повна їх загибель, що викликається денатурацією білків і порушенням функцій цитоплазми клітин. Наслідком збільшення впливу довгохвильового опромінення є зміни репродуктивної функції рослин, пошкодження ДНК, білків і мембран, зміни метаболізму, транспірації, фотосинтезу, розвитку і морфогенезу, транспорту речовин і дихання, а також сигнальний і регуляторний вплив через фоторецепцію і гормональну регуляцію, результатом чого є прискорення квітування і формування генеративних органів (Çetinba, s-Genç, A., Toksöz, O., Piccini, C., Kilin, Ö., Sesal, N.C., Cai, G. (2022)).

Збереження видового різноманіття можливе при використанні різних напрямків охорони і відтворення. Природна раритетність видів зумовлена різними причинами: історичними (реліктовість), географічними (ендемізм, диз'юнктивно-ареальність, пограничноареальність), флорогенетичними (палеоендемізм, неоендемізм), біоморфологічними (послаблене насінневе або

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

вегетативне поновлення, низька схожість насіння), екологічними (стенотопність), ценотичними (низька конкурентоспроможність особин виду). Більшість ендемічних та реліктових видів потребують детального вивчення і охорони, оскільки є неповторними складовими флори, яка постійно перебуває під антропогенним навантаженням і не можуть уникнути радіоактивного впливу (Zaverukha B. V. (1985); Krytska L. I. (1998); Moroz O. M. (2002); Chervona knyha Ukrainy (2009)).

Одним з таких видів є *Gypsophila thyratica* A. Krasnova s. str. – багаторічна трав'яниста рослина, подільська ендемічна раса збірного комплексу *Gypsophila altissima* s.l., реліктовий, рідкісний вид, занесений до Червоної книги України (Chervona knyha Ukrainy (2009)). Рослини мають тривалий життєвий цикл (до 25-30 років), поновлення відбувається повільно, майже виключно насіннєвим способом (Krytska L. I. (1998); Fedoronchuk M. M. (2006)).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Кількість інформації, доступної в науковій літературі, обмежена і не дає чіткого уявлення про вплив УФ опромінення як екологічного стресора на біологію запилення. Аналіз наукових праць (UF-V radiatsiia i roslyny: mekhanizmy ushkodzhennia ta zakhystu (2007); Mikhieiev O.M., Tykhenko O.M. (2011); Semenov A. O., Burhu Yu. H.,

Kozhushko H. M. (2018); Yuzyk M.A., Liubinska L.H., Optasiuk O.M., Hryhorchuk I.D. (2021); Frohnmeyer H., Staiger D.(2003) підтверджує, що у помірних дозах УФ опромінення має позитивну стимулюючу дію на організм: підсилює обмін речовин, викликає синтез вітаміну D, підвищує імунітет, схожість та енергію проростання насіння, покращує розвиток рослин та їх стійкість до захворювань тощо. Інформації щодо проведення подібних досліджень стосовно раритетних представників флори України нами не встановлено.

Мета роботи – аналіз впливу ультрафіолетового опромінення на генеративну сферу і розвиток ендемічного виду *Gypsophila thyratica* A. Krasnova (*Caryophyllaceae*).

Дослідження особливостей впливу ультрафіолетового опромінювання на схожість насіння, фертильність і життєздатність пилових зерен (далі по тексту - п.з.) є перспективним напрямком виявлення адаптації до умов навколишнього середовища та прогнозування подальшого відтворення виду.

Матеріали і методи дослідження. Збір матеріалу в природних умовах проводився у 2019-2021 рр. під час експедиційних виїздів маршрутним способом. Зрілий пилок відібраний із рослин в період їхньої вегетації, насіння – за два-три місяці до початку експерименту в умовах заказника «Вербецькі Товтри»

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

(Хмельницька область). Джерелом ультрафіолетових променів була лампа UV Lamp 36, з випромінюванням в області довжини хвиль 253,7 мкм.

Опромінення пиляків відбувалося відповідно схеми досліду: варіант 1 (В. 1) – час опромінення 10 хвилин; варіант 2 (В. 2) – 20 хвилин; варіант 3 (В. 3) – 30 хвилин; варіант 4 (В. 4) – 60 хв; варіант 5 (В. 5) – контрольний, без опромінення. Якість пилку оцінювали за допомогою йодного методу Alieksieieva Т. Н. (2012) та методу прижиттєвих барвників за В.Н. Юрцевим (Alieksieieva Т. Н. (2012) із застосуванням стандартної мікроскопічної техніки (Bresser Trino Resercher). Пилкові зерна підраховували у 30 полях зору при збільшенні мікроскопу 10x10 для кожного варіанта.

Лабораторну схожість та енергію проростання визначали методом пророщування, який дозволяє визначити кількість насінин у відсотках, здатних утворювати добрі і пропорційно розвинуті, цілі, здорові або ж з незначними дефектами проростки за оптимальних умов пророщування за загальноприйнятими методиками (Nasinnieznavstvo ta metody vyznachennia yakosti nasinnia silskohospodarskykh kultur (2011); Nasinnia silskohospodarskykh kultur (2003)). Експеримент повторювався двічі (проба 1-2). У кожній пробі

аналізувалося по 200 насінин, які розподілені по 50 шт. у чотири варіанти з різною експозицією опромінення. Сухе насіння було розкладене в один шар і опромінене ультрафіолетом на відстані 10 сантиметрів відповідно схеми досліду: варіант 1 – час опромінення 10 хвилин; варіант 2 – 20 хвилин; варіант 3 – 30 хвилин; варіант 4 – контрольний, насіння не опромінювалось. Після початку проростання, щодня, протягом двох тижнів, підраховувалась кількість нормальних та аномальних пророслих насінин, на 4-6 дні вимірювалась довжина проростків, на 4-й день обчислювалася енергія проростання насіння у відсотках до висіяної проби у кожному варіанті. Насіння вважалось пророслим, якщо мало розвинутий головний зародковий корінець, розміром не менше, ніж довжина (діаметр) насінини.

Статистичну обробку результатів дослідження здійснено за загальноприйнятими методами (Prysedskyi Yu.Н. (1999)).

Результати досліджень та їх обговорення. Відомим є факт, що чим вища якість насіння за посівними показниками, тим вища його польова схожість. Одним із сучасних напрямів передпосівної обробки насіння, переважно сільськогосподарських культур, є опромінення його ультрафіолетовими променями, що не тільки збільшує енергію проростання та лабораторну схожість насіння, а й

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

знезаражує його, при цьому підвищується польова схожість і стресостійкість.

Проведено аналіз лабораторної схожості насіння *G. thyraica* при передпосівному УФ-В опроміненні, що є кількісним показником його якості та життєздатності. Насіння з низьким відсотком схожості спричиняє зміну демографічного складу популяції (Nasinnieznavstvo ta metody vyznachennia yakosti nasinnia silskohospodarskykh kultur (2011); Yuzyk M., Optasiuk O., Bobrov O., Lisova U. (2020)) зокрема, знижується

кількість проростків, що особливо небезпечно для раритетних видів. Також, визначено енергію проростання – здатність до швидкого і дружнього проростання насіння, що характеризує його життєвість. Встановлено, що маса 100 насінин лециці дністровської – 0,044 г.

Спостерігали п'ять фаз проростання насіння досліджуваного виду: водопоглинання; набухання (бубнявіння); ріст первинних корінців; розвиток проростка (паростка); становлення проростка (рис. 1).



Рис. 1. Етапи проростання насіння *Gypsophila thyraica* А. Кrasnova, опроміненого ультрафіолетом (5 день): 1 – водопоглинання, 2 – набухання (бубнявіння), 3 – ріст первинних корінців, 4 – розвиток проростка, 5-6 – становлення проростка і перехід до ювенільної стадії.

Проба насіння №1. Тривалість експерименту 2 тижні. Поодинокі проростання насіння почалося на третій день у 1, 2 і 4 варіантах. На четвертий день спостерігається різке

збільшення пророслих насінин у всіх варіантах, крім контрольного: у В. 1 ця кількість складає 17, у В. 2 – 18 (найбільша кількість), у В. 3 – 14 та у В. 4 – 5 проростків. На п'ятий день

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

спостерігається практично вдвічі опромінених варіантах, в порівнянні з більша кількість пророслого насіння у контрольним неопроміненим (рис. 2).

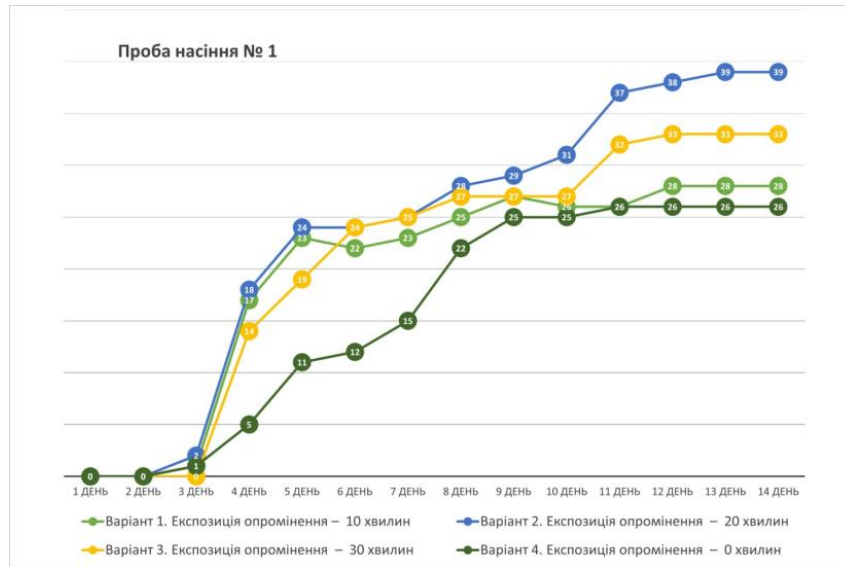


Рис. 2. Кількість пророслих насінин *Gypsophila thyratica* А. Краснова при різних експозиційних варіантах передпосівного ультрафіолетового опромінення. Проба насіння 1.

Інтенсивне проростання насіння тривало до 11 дня експерименту. Станом на 11 день найбільше пророслих насінин зафіксовано у В. 2 (37) і у В. 3 (32), а у В. 1 і В. 4 кількість проростків зрівнялася (по 26). На 12 та 13 день особливих змін щодо проростків не спостерігається. На кінець експерименту (14 день) у 1 варіанті (експозиція 10 хв.) проросло 56 % насінин, у 2 варіанті (експозиція 20 хв.) – 78 %, у 3 варіанті (експозиція 30 хв.) – 66 %, у контрольному, неопроміненому – 52 %.

Енергія проростання насіння у досліджуваній пробі визначалася на 4 день і становила у В. 1 – 34 % (17 нормальних проростків); В. 2 – 36 % (18 проростків); В. 3 – 28 % (14 проростків); В. 4 – 10 % (5

проростків). Висока енергія проростання (В. 1, 2) свідчить про те, що проростки будуть міцними і стійкими до несприятливих умов навколишнього середовища (Semenov A. O., Burhu Yu. N., Kozhushko N. M. (2018). Дослідженнями встановлено, що насіння з високою енергією проростання (В. 1, 2) забезпечує дружніші й рівномірніші сходи, ніж насіння з однаковою схожістю, але з низькою енергією проростання (В. 4).

Починаючи з шостого дня у всіх варіантах окремі проростки почали відділятися від насіння, перейшовши у «фазу двох листочків». Загальна кількість пророслих насінин становила у В. 1 – 22 насінини (6 проростків перейшли до стадії 2-х листочків), цей показник є

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

найбільшим за кількістю. У В. 2 проросло 24 насінини (у 2 проростків з'явилися листочки). У варіанті 3 спостерігається 24 пророслих насінин, серед яких 5, які перейшли до ювенільної фази розвитку. Відмінною є ситуація у 4 контрольному варіанті – проросло 12 насінин, лише один проросток на стадії 2-х листків, що свідчить про значно уповільнений розвиток проростків.

Проба насіння № 2. У другій пробі проростання насіння розпочалося на другий день, але тільки у 1 варіанті. Аналогічно до першої проби на четвертий день спостерігається різке збільшення пророслих насінин у всіх варіантах. Так, у першому варіанті ця кількість складає 15, у другому – 17 (найбільша кількість), у третьому – 15 та четвертому – 8 проростків (рис. 3).

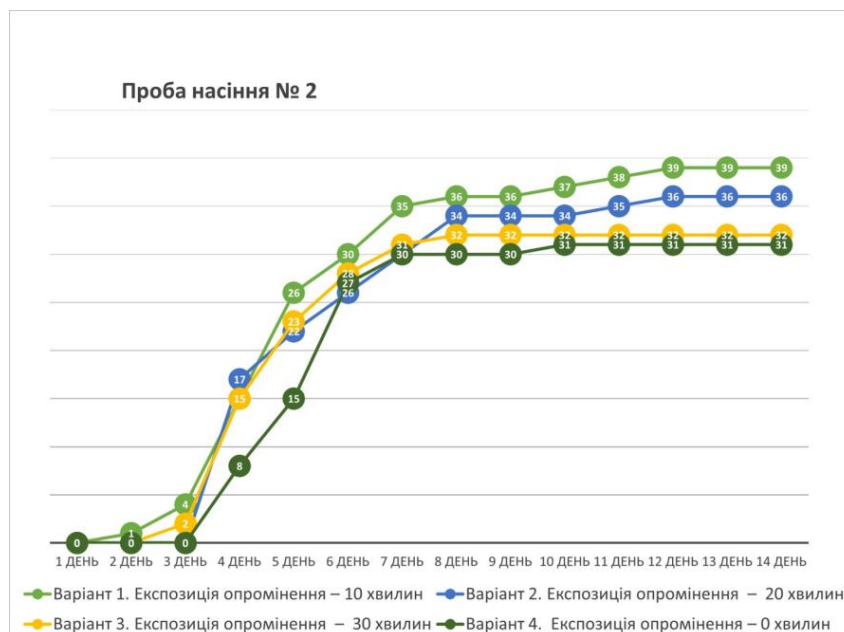


Рис. 3. Кількість пророслих насінин *Gypsophila thyratica* A. Krasnova при різних експозиційних варіантах передпосівного ультрафіолетового опромінення. Проба насіння 2.

На п'ятий день, лише у першому варіанті серед 26 проростків 3 перейшли у фазу «двох листочків». На шостий день стадію «двох листочків» зафіксовано серед пророслих насінин у всіх варіантах (В. 1 – 5 особин, В. 2 – 2, В. 3 – 1, В. 4 – 2).

Встановлено, що інтенсивне проростання насінин спостерігалось у

перший тиждень експерименту у всіх варіантах. Так, станом на восьмий день у В.1. проросло 36 насінин, з них 5 перейшло до ювенільної стадії; у В. 2. – 34 (з них 5); у В. 3 – 32 (з них 3); у В. 4 – 30 (з них 7). Надалі процес проростання різко сповільнився. На десятий день у В. 1 зафіксовано 37 пророслих насінин, з них 17 перейшли в другу стадію, у В. 2 – 34

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

(з них 16), у В. 3 – 32 (з них 14), у В. 4 – 30 (з них 18).

За результатами експерименту загальна кількість пророслих насінин у пробі 2 наступна: варіант 1 – 39 проростків (78 %), варіант 2 – 36 проростків (72 %), варіант 3 – 32 проростки (64 %), варіант 4 – 31 проросток (62%).

Енергія проростання насіння аналізувалася на 4 день і становила у варіанті 1 – 30 % (15 проростків), варіанті 2 – 34 % (17), варіанті 3 – 30 % (15), варіанті 4 – 16 % (8). Встановлено, що при передпосівному опроміненні насіння УФ протягом 20 хв., енергія проростання збільшується вдвічі у порівнянні з контрольним зразком.

Проаналізовано також довжину насінневих проростків *G. thyratica* на 4-5-6 день після УФ-випромінювання у різних експозиційних варіантах кожної з проб. За результатами аналізу кількісних параметрів проростків двох проб їхня середня довжина станом на шостий день становила у 1-4 варіантах відповідно 7,1 мм; 9,2 мм; 7,2 мм; 5,3 мм. Як бачимо, насінини, опромінені УФ-В променями (1-3 варіанти), характеризуються інтенсивнішим ростом і загальним розвитком, переважанням нормальних і практично відсутністю аномальних проростків, одиничними випадками непророслого насіння. Кількісні показники розвитку узгоджуються із результатами визначення

лабораторної схожості та енергії проростання насіння і свідчать про фотостимуляцію насіння *G. thyratica* при опроміненні УФ-В за експозиції 20 хв.

Насіння, опромінене УФ-В, не лише переважає за кількістю пророслого матеріалу, а також за його якістю (рівномірні сходи).

Отже, встановлено стимулюючу дію на схожість, енергію проростання насіння і розвиток проростків *G. thyratica* при короткочасному опроміненні ультрафіолетом протягом 10-20 хв.: насіння проростає вдвічі швидше, рівномірніше, тоді як неопромінене насіння – значно повільніше. Енергія проростання при експозиції 20 хв. у 2-3 рази вища в опроміненних зразків, в порівнянні з неопроміненними контрольними. Аналіз морфометричних показників теж показав позитивну динаміку. В опроміненних зразках збільшується довжина коренів та загальні розміри проростків (вдвічі при експозиції 20 хв у порівнянні з контрольними зразками), практично відсутні пригнічені особини, тоді як у контрольних зразків переважають деформовані проростки, ріст сповільнений, частіше спостерігалось ураження грибковими захворюваннями. Загалом, результати 1 і 2 проб є подібними і підтверджують висновок, про стимулюючу дію короткотривалого (10-20 хв) ультрафіолетового опромінення насіння.

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

Дослідження впливу УФ на генеративну сферу рослин передбачає аналіз репродуктивних функцій чоловічого гаметофіту. В ході еволюції сформувалися різноманітні механізми захисту геному чоловічого гаметофіту рослин від УФ-В радіації: археспоріальна і спорогенна тканини пиляків і насінних зачатків надійно захищені покривами з УФ-В поглинаючими властивостями; орнаментация спородерми, біополімер спорополенін, що входить до складу екзини п.з., теж виконують захисну роль, поглинаючи ультрафіолет (Гродзинський Д.М. (2007); Çetinba, s-Genç, A. et al. (2022); Chen, Z., Dong, Y. & Huang, X. (2022); Frohnmeyer H., Staiger D. (2003)). Відомо, що додаткове опромінення УФ-В може пригнічувати ріст і розвиток рослин, впливати на запилення, знижувати кількість продукованого пилку і насінневу продуктивність рослин. В процесі запилення найбільш вразливим є етап проростання пилкового зерна, коли спермії знаходяться у пилковій трубці і не захищені спородермою і покривами квітки від ультрафіолетового опромінення (Hollósy F. (2002)).

Фертильність та життєздатність п.з. є одними із основних показників адаптації рослин до умов навколишнього середовища, стійкості

до антропогенного впливу, процесів натуралізації тощо. Відсоткове співвідношення життєздатних і нежиттєздатних, фертильних і стерильних п. з. є важливою ознакою ефективності розмноження рослин у біоценозах, а отже, дає змогу спрогнозувати загалом стійкість та адаптацію до різних антропогенних чинників (Yuzyk M., Optasiuk O., Bobrov O., Lisova U. (2020); Çetinba, s-Genç, A., Toksöz, O., Piccini, C., Kilin, Ö., Sesal, N.C., Cai, G. (2022)). Результати досліджень здатності пилку *G. thyratica* до запліднення показали, що під впливом дії йодного розчину, у фертильних п. з. досліджуваного виду цитоплазма і спермії набули темно-фіолетового, темно-коричневого, майже чорного кольору завдяки вмісту крохмалю, а стерильні п. з. залишилися незабарвленими або набули світло-жовтого відтінку, розподіленого нерівномірно. При визначенні життєздатності пилку *G. thyratica*, нежиттєздатні п. з. зафарбовувались у блакитний колір, часто розподілений нерівномірно, а життєздатні залишались незафарбованими, завдяки наявності активної вибіркової поглинальної здатності у протоплазми живих клітин пилку (рис. 4).

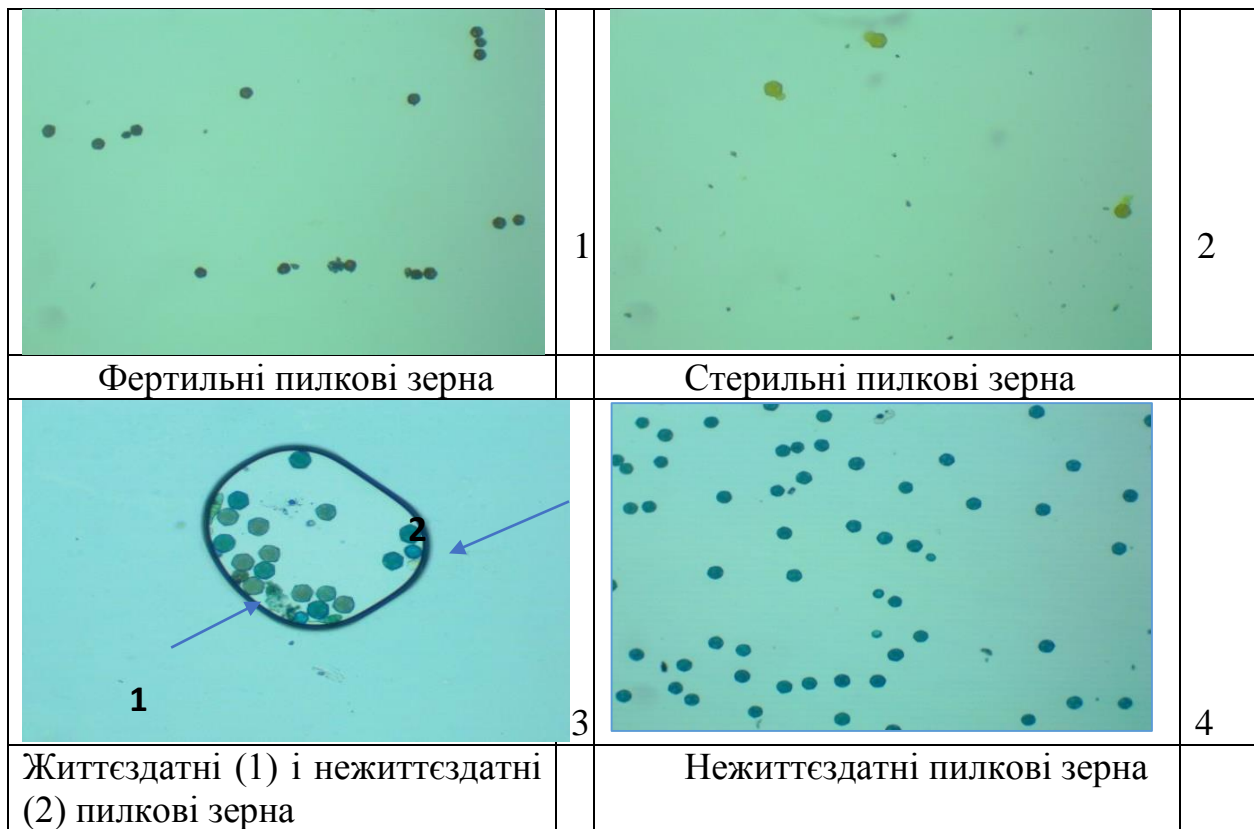


Рис. 4. Визначення фертильності (1-2) та життєздатності (3-4) пилку *Gypsophila thyratica* А. Краснова. Збільшення мікроскопу x100.

Попередні паліноморфологічні дослідження *G. thyratica*, проведені нами протягом 2019-2020 рр., виявили, що фертильність пилку *G. thyratica* у природних популяціях в період квітування рослин є високою, натомість життєздатність досить низькою (Yuzuk M., Optasiuk O., Bobrov O., Lisova U. (2020). Результати власних досліджень протягом наступних польових сезонів 2020–2022 рр. показали, що середні показники фертильності і життєздатності п.з. виду в природних умовах знаходяться приблизно на одному рівні (в межах 75-87 %). Відмінності окремих показників якості пилку спричинені, ймовірно, різними екологічними та

метеорологічними умовами у різні роки дослідження.

Після додаткового УФ-В опромінення при різних варіантах експозицій (10, 20 хв) показники фертильності пилку поступово знижувалися, що є наслідком, ймовірно, зміни процесів метаболізму в клітинах (рис. 5). Разом з тим, зафіксовано поступове підвищення кількості фертильного пилку під час довготривалого опромінення (30, 60 хв) майже до контрольного рівня. Це може бути пов'язане із інтенсифікацією процесів клітинної селекції на попередніх стадіях розвитку (UF-V radiatsiia i roslyny: mekhanizmu ushkodzhennia ta zakhystu (2007).

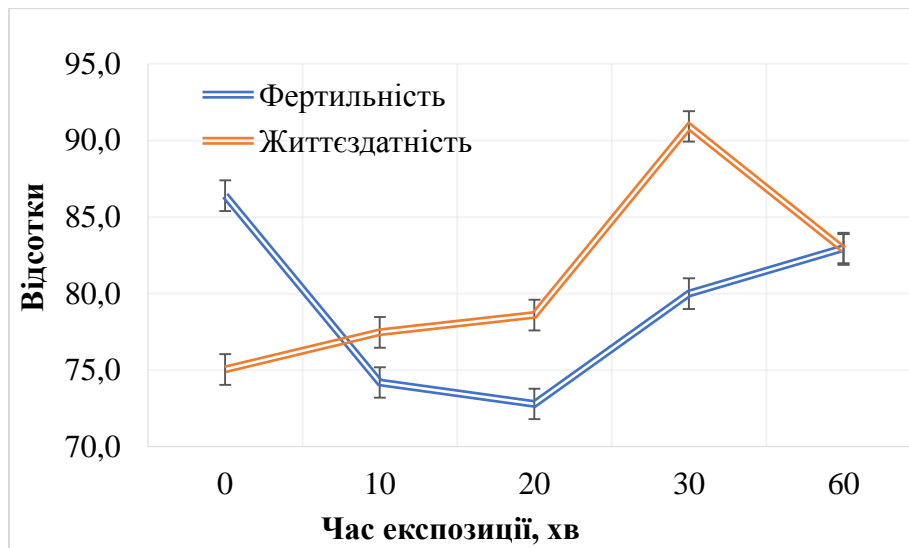


Рис. 5. Вплив додаткового УФ-В опромінення на фертильність та життєздатність пилкових зерен *Gypsophila thyratica* A. Krasnova

Деформованість п.з. виявлялася у зміні форми та порушенні цілісності екзини. При визначенні фертильності в неопроміненому контрольному варіанті деформованими є 2,7 % пилку. При опроміненні УФ-В 10, 20, 30, 60 хв частка деформованих п.з. складала відповідно 3,0 %, 4,0 %, 6,9 %, 2,9 % п.з. Як бачимо, відсоток пошкодженого пилку збільшується із підвищенням експозиції опромінення, що свідчить про руйнівний вплив малих доз передусім на форму п.з. Цікавим є факт зниження відсотка деформованості п.з. майже до рівня контрольного варіанту, при збільшенні часу експозиції УФ опромінення до 60 хв. Аналогічно знижується і відсоток стерильності п.з. при зазначеній експозиції.

Таким чином, при опроміненні пилкових зерен малими дозами УФ-В (10, 20, 30 хв) спостерігали поступове

зниження їх запліднюючої здатності. Натомість, при великих дозах опромінення (експозиція 60 хв), відмічено підвищення показників фертильності, що свідчить про ефект фотостимуляції п.з. *G. thyratica*.

Життєздатність пилку в природних умовах становила 75,0 %. При короткотривалому опроміненні УФ-В (10-20 хв.) життєздатність незначно підвищилася (відповідно 77,5 % і 78,6 %), а при більш тривалішому (30 хв.) – до 91,0 %. При довготривалій дії УФ світла протягом 60 хв знову знизилася до 83,0 % (рис. 5, табл. 1).

Під час дослідження життєздатності п.з. зафіксовано прямо пропорційне збільшення деформованості відносно експозиції опромінення. У неопроміненому зразку деформованими виявилися 2,2 % п.з. При опроміненні протягом 10, 20, 30, 60 хв кількість деформованих

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

п.з. зростала – 4,4 %, 3,7 %, 8,0 %, 14,2 % відповідно. Найбільша деформація притаманна п.з. при 30 і 60 хв. експозиції. При впливі малих доз ультрафіолетового опромінення на пилок поступово підвищувалася його життєздатність і фіксувалося збільшення кількості деформованих п.з.

У результаті статистичної обробки експериментальних даних впливу ультрафіолетового опромінення на фертильність та життєздатність пилкових зерен *G. thuraica*, було визначено наступні параметри: середнє значення (X), середньоквадратичне відхилення (S), коефіцієнт варіації (V) та дисперсія (S^2) (табл. 1).

1. Морфометричні показники впливу ультрафіолетового опромінення на фертильність та життєздатність пилкових зерен *Gypsophila thuraica* A. Krasnova

Експозиція, (хв)	Фертильність				Життєздатність			
	Середнє значення	Середньоквадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації	Дисперсія	Середнє значення	Середньоквадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації	Дисперсія
	X	S	V	S^2	X	S	V	S^2
0	86,4	10,2	12%	104,8	75,0	9,2	12%	84,9
10	74,2	13,5	18%	182,6	77,5	10,6	14%	113,2
20	72,8	12,9	18%	167,3	78,6	8,7	11%	76,0
30	80,0	11,7	15%	137,6	90,9	4,9	5%	23,8
60	83,0	11,3	14%	167,3	82,9	8,5	10%	72,8

Середньоквадратичне відхилення фертильності п.з. знаходиться в інтервалі від 11 % до 14 %, при цьому даний параметр для експозиції контрольного зразка має дещо менші значення 10,2 %, разом з тим середньоквадратичне відхилення життєздатності п.з. не перевищує 10,6 %, а найменше значення 4,9 % характерно для зразка з експозицією 30 хв. Також встановлено, що коефіцієнт варіації фертильності контрольного зразка є найменшим (V – 12 %), порівняно з іншими варіантами. Для життєздатності п.з.

найменш варіабельними (V – 5 %) виявилися показники для зразка з експозицією 30 хв. Найбільші розбіжності рівня дисперсії виявлені для контрольного зразка та зразка з експозицією 10 хв (табл. 1).

Висновки і перспективи. Результати проведених досліджень свідчать про пригнічувальну дію короткочасного ультрафіолетового опромінення на фертильність пилку *G. thuraica* протягом 10 і 20 хв. Ймовірно, під впливом УФ-В променів сповільнюються обмінні процеси в пилковому зерні, зростає

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

гетерогенність, що впливає на запліднюючу здатність. Загалом, збільшення стерильного пилку є реакцією чоловічого гаметофіту на підвищення рівня неіонізуючого випромінювання і спостерігається у багатьох видів рослин. При збільшенні експозиції опромінення від 30 до 60 хв спостерігалось зменшення стерильного пилку, що, ймовірно, можна пояснити стимуляцією процесів клітинної

Список використаних джерел

1. Çetinba, s-Genç, A.; Toksöz, O.; Piccini, C.; Kilin, Ö.; Sesal, N.C.; Cai, G. Effects of UV-B Radiation on the Performance, Antioxidant Response and Protective Compounds of Hazelnut Pollen. *Plants* 2022, 11, 2574. <https://doi.org/10.3390/plants11192574>
2. Chen, Z., Dong, Y. & Huang, X. Plant responses to UV-B radiation: signaling, acclimation and stress tolerance. *Stress Biology*. 2022. 2, 51. <https://doi.org/10.1007/s44154-022-00076-9>
3. Frohnmeyer H., Staiger D. Ultraviolet-B Radiation-Mediated Responses in Plants. Balancing Damage and Protection. *Plant Physiology*. 2003, Vol. 133. P. 1420–1428. <https://doi.org/10.1104/pp.103.030049>
4. Hollósy F. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron*. 2002, 33. P. 179-197. [https://doi.org/10.1016/s0968-4328\(01\)00011-7](https://doi.org/10.1016/s0968-4328(01)00011-7).
5. Алексеева Т. Г. Методичні вказівки до великого спеціального практикуму. Розділ «Визначення життєздатності пилку та зародкового мішка». Одеса : ОНУ ім. І. І. Мечникова, 2012. 17 с.
6. Заверуха Б. В. Флора Волино-Подолії і її генезис. К.: Наукова думка, 1985. 192 с.
7. Крицька Л. І. Ендемізм флори степів та вапнякових відслонень правобережного злакового степу. *Український ботанічний журнал*. 1998. № 4. С. 15-19.

селекції (Mikhieiev O.M., Tykhenko O.M. (2011); Çetinba, s-Genç, A., Toksöz, O., Piccini, C., Kilin, Ö., Sesal, N.C., Cai, G. (2022); Hollósy F. (2002)).

Проведені дослідження дозволять оцінити вплив ультрафіолетового опромінення на репродуктивну сферу рідкісних рослин; сформулювати основні перспективи розвитку реліктових та ендемічних видів та розробити практичні заходи їх охорони.

8. Міхеєв О.М., Тихенко О.М. Порівняльний аналіз впливу УФ-С та УФ-В випромінювання на рослинні об'єкти. *Вісник НАУ. Національний авіаційний університет*. 2011. № 4. С. 163.

9. Мороз О. М. Сучасний стан *locus classicus Minuartia thyratica* Klokov та *Gypsophila thyratica* Krasnova. *Еколого-біологічні дослідження на природних та антропогенно-змінених територіях* (Кривий Ріг, 13-16 травня 2002 р.). Кривий Ріг. 2002. С. 268-269.

10. Насіннезнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур: Навчальний посібник / За ред. С. М. Каленської. Навчальний посібник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 322 с.

11. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості : ДСТУ-4138-2002 [Чинний від 01-01-2004]. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с. (Державний стандарт України).

12. Оліяр Г. І. Конспект флори природного заповідника «Медобори». *Науковий вісник Тернопільського педуніверситету*. 2002, №2 (17). С. 38-54.

13. Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк: Кассіопея, 1999. 210 с.

14. Семенов А. О., Бургу Ю. Г., Кожушко Г. М. Вплив ультрафіолетового випромінювання на проростання, схожість та ростові процеси насіння пшениці. *Вісник*

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

Полтавської державної аграрної академії. 2018. № 4. С. 70-74.

15. УФ-В радіація і рослини: механізми ушкодження та захисту / Д.М. Гродзинський та ін.; – Київ, 2007. 149 с.

16. Федорончук М. М. Родина *Caryophyllaceae* Juss. у флорі України: систематика, географія, історія розвитку. Київ, 2006. 42 с.

17. Червона книга України. Рослинний світ / за редакцією Я. П. Дідуха. К.: Глобалколсалтинг, 2009. 900 с.

18. Юзик М., Оптасюк О., Бобров О., Лісова У. Аналіз насінневої схожості *Gypsophila thyratica* Krasnova (*Caryophyllaceae*) під впливом ультрафіолетового випромінювання. *Природа Поділля: вивчення, проблеми збереження*", присвяченої 30-річчю природного заповідника «Медобори»: матеріали науково-практичної конференції " (Гримайлів, 20-21 серпня 2020 р.). Тернопіль: Підручники і посібники, 2020. С. 352-357.

19. Юзик М.А., Любінська Л.Г., Оптасюк О.М., Григорчук І.Д. Сучасні тенденції досліджень впливу γ-випромінювання та ультрафіолетового випромінювання на рослини. *Біологія та екологія*. Т. 7, № 1. 2021. С. 56-63. <https://doi.org/10.33989/2021.7.1.243446>

20. Юзик М.А., Оптасюк О.М., Бобров О.В., Лісова У.І. Оцінка якості пилку раритетного виду *Gypsophila thyratica* Krasnova (*Caryophyllaceae*) під впливом УФ-В випромінювання. *Сучасні проблеми урбоєкосистем*: зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. (1-2 жовтня 2020 р., Кам'янець-Подільський) / за заг. ред. О.І. Любінського. Кам'янець-Подільський: ТОВ «Друкарня «Рута», 2020. С. 69-72.

References

1. Çetinba, s-Genç, A., Toksöz, O., Piccini, C., Kilin, Ö., Sesal, N.C., Cai, G. (2022). Effects of UV-B Radiation on the Performance, Antioxidant Response and Protective Compounds of Hazelnut Pollen. [Plants]. 11, 2574. <https://doi.org/10.3390/plants11192574>

2. Chen, Z., Dong, Y. & Huang, X.(2022). Plant responses to UV-B radiation:

signaling, acclimation and stress tolerance. [Stress Biology]. 2022. 2, 51. <https://doi.org/10.1007/s44154-022-00076-9>

3. Frohnmeyer H., Staiger D.(2003). Ultraviolet-B Radiation-Mediated Responses in Plants. Balancing Damage and Protection. [Plant Physiology]. Vol. 133. P.1420–1428. <https://doi.org/10.1104/pp.103.030049>

4. Hollósy F. (2002). Effects of ultraviolet radiation on plant cells. [Micron]. 33. P. 179-197. [https://doi.org/10.1016/s0968-4328\(01\)00011-7](https://doi.org/10.1016/s0968-4328(01)00011-7).

5. Aliksieieva T. H. (2012). *Metodychni vказivky do velykoho spetsialnoho praktykumu. Rozdil «Vyznachennia zhyttiezdatsnosti pylku ta zarodkovoho mishka»*. Odesa : ONU im. I. I. Mechnykova. 17

6. Zaverukha B. V. (1985). Flora Volyno-Podolyu y ee henezys. K.: Naukova dumka, 7. 192

7. Krytska L. I. (1998) Endemizm flory stepiv ta vapniakovykh vidslonen pravoberezhnoho zlakovoho stepu. [Ukrainskyi botanichnyi zhurnal]. № 4. S. 15-19.

8. Mikhieiev O.M., Tykhenko O.M. (2011). Porivnialnyi analiz vplyvu UF-S ta UF-V vyprominiuvannia na roslynni ob'iekty. Visnyk NAU. Natsionalnyi aviatsiinyi universytet. № 4. 163.

9. Moroz O. M. (2002). Suchasnyi stan locus classicus *Minuartia thyratica* Klokov ta *Gypsophila thyratica* Krasnova. Ekoloho-biologichni doslidzhennia na pryrodnykh ta antropohenno-zminenykh terytoriiakh (Kryvyi Rih, 13-16 travnia 2002 r.). Kryvyi Rih. (Ukraine). 268-269.

10. Nasinnieznavstvo ta metody vyznachennia yakosti nasinnia silskohospodarskykh kultur (2011). Navchalnyi posibnyk / Za red. S. M. Kalenskoï. Navchalnyi posibnyk. Vinnytsia: FOP Danyliuk, 322.

11. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti : DSTU-4138-2002 (2003). [Chynnyi vid 01-01-2004]. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 173. (Derzhavnyi standart Ukrainy).

12. Oliiar H. I. (2002). Konspekt flory pryrodnoho zapovidnyka "Medobory". Naukovyi visnyk Ternopil'skoho peduniversytetu. №2 (17). 38-54.

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

13. Prysedykyi Yu.H. (1999) Statystychna obrobka rezultativ biolohichnykh eksperymentiv. Donetsk: Kassyopeia. 210.
14. Semenov A. O., Burhu Yu. H., Kozhushko H. M. (2018). Vplyv ultrafioletovoho vyprominiuvannia na prorostannia, skhozhist ta rostovi protsesy nasinnia pshenytsi. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii. № 4. 70-74.
15. UF-V radiatsiia i roslyny: mekhanizmy ushkodzhennia ta zakhystu (2007). D.M. Hrodzynskiy ta in.; Kyiv, 149.
16. Fedoronchuk M. M. (2006). Rodyna Caryophyllaceae Juss. u flori Ukrainy: systematyka, heohrafiia, istoriia rozvytku. Kyiv, 42.
17. Chervona knyha Ukrainy (2009). Roslynnyi svit / za redaktsiieiu Ya. P. Didukha. K.: Hlobkolsaltynh, 900.
18. Yuzyk M., Optasiuk O., Bobrov O., Lisova U. (2020). Analiz nasinnievoi skhozhosti *Gypsophila thyratica* Krasnova (Caryophyllaceae) pid vplyvom ultrafioletovoho vyprominiuvannia. Pryroda Podillia: vyvchennia, problemy zberezhenntia", prysviachenoj 30-richchii pryrodnoho zapovidnyka «Medobory» :materialy naukovo-praktychnoi konferentsii " (Hrymailiv, 20-21 serpnia 2020 r.). Ternopil: Pidruchnyky i posibnyky, (Ukraine). 352-357.
19. Yuzyk M.A., Liubinska L.H., Optasiuk O.M., Hryhorchuk I.D. (2021). Suchasni tendentsii doslidzhen vplyvu γ -vyprominiuvannia ta ultrafioletovoho vyprominiuvannia na roslyny. [Biolohiia ta ekolohiia]. T. 7, № 1. 56-63. <https://doi.org/10.33989/2021.7.1.243446>.
20. Yuzyk M.A., Optasiuk O.M., Bobrov O.V., Lisova U.I. (2020). Otsinka yakosti pylku rarytetnoho vydu *Gypsophila thyratica* Krasnova (Caryophyllaceae) pid vplyvom UF-V vyprominiuvannia. Suchasni problemy urboekosystem: zb. materialiv mizhnar. nauk.-prakt. konf. (1-2 zhovtnia 2020 r., Kam'ianets-Podilskyi) / za zah. red. O.I. Liubynskoho. Kam'ianets-Podilskyi: TOV «Drukarnia «Ruta». 69-72.

INFLUENCE OF ULTRAVIOLET RADIATION ON THE GENERATIVE SPHERE AND DEVELOPMENT OF AN ENDEMIC SPECIES *GYPSOPHILA THYRAICA* A. KRASNOVA (CARYOPHYLLACEAE)

M. A. Yuzyk, O. M. Optasiuk, U. I. Lisova, A. V. Klepko

Abstract. *The peculiarities of the influence of ultraviolet radiation (UV-R) on the reproductive properties of the endemic, relict, rare species *Gypsophila thyratica* A. Krasnova s. str. with the aim of identifying the features of its adaptation to environmental conditions and predicting further reproduction. An analysis of seed germination, seed germination energy, features of seedling development, fertility and viability of pollen at different exposure options of UV irradiation was carried out. The stimulating effect of short-term UV-R irradiation (10-20 min.) on germination, energy of seed germination and seedling development was established. The energy of seed germination during exposure for 20 min. 2-3 times higher in irradiated samples than in non-irradiated controls; the analysis of morphometric indicators showed a doubling of the length of primary roots and the total size of seedlings in comparison with the control samples, in which deformed individuals prevailed, with slowed growth, fungal diseases were more often observed. It was established that under natural conditions, the fertility and viability of *G. thyratica* pollen varies between 75-85%. After additional UV-R irradiation at low doses, a gradual decrease in the fertilizing ability of pollen was observed; the percentage of deformed pollen increased with increasing exposure to radiation, which is a consequence of the destructive effect, first of all, on the shape. The viability of pollen under the influence of small doses of UV-R irradiation gradually*

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

increased (up to 91.0%), although the number of deformed increased. With long-term exposure to UV-R light (60 min.), pollen fertility increased, and viability decreased.

Keywords: *Gypsophila thyraica*, endemic rare species, seeds, pollen, ultraviolet radiation, viability, fertility

УДК 631.481:504

**АНАЛІЗ МОРФОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ
ЕДАФОТОПІВ ПОСТТЕХНОГЕННИХ ТЕРИТОРІЙ СІРЧАНИХ
КАР'ЄРІВ****В. П. ОЛІФЕРЧУК**, кандидат біологічних наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-2800-2254>

E-mail: victorijaoliferchuk@gmail.com;

І. В. ШУКЕЛЬ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0002-9331-1523>

E-mail: shukel@ukr.net;

С. Б. МАРУТЯК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0002-0509-8604>

E-mail: msofiya@ukr.net

*Національний лісотехнічний університет України***У. М. ТАРАС**, кандидат сільськогосподарських наук

E-mail taras.ulyana@ukr.net

*Львівська обласна військова адміністрація***О. І. НАУМОВСЬКА**, кандидат сільськогосподарських наук,<https://orcid.org/0000-0002-5938-8471>

E-mail: naumovska@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.021](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.021)

Анотація. Наведено результати досліджень особливостей формування морфологічної структури та хімічних показників в едафотопах ембріоземів і техноземів на посттехногенних територіях Яворівського та Подороженського сірчаних кар'єрів. Впродовж 30 років після припинення видобування сірки і закриття родовищ за впливу різних екологічних і антропогенних чинників відбулися істотні зміни у основних характеристиках порушених ґрунтів у межах території сірчаних кар'єрів. Встановлено, що ґрунтовий покрив посттехногенних територій представлений просторовими комбінаціями різних типів ембріоземів (ініціальні, органо-акумулятивні, гумусово-акумулятивні та дернові). Найпоширенішими є ембріоземи органо-акумулятивні, які перебувають на стадії нагромадження органічної речовини у поверхневому шарі. Ембріоземи і техноземи Яворівського кар'єру належать до ущільненого типу ґрунту з показниками густини ґрунту (d_1) 0,96–1,57 г/см³. Густина твердої фази (d_2) становить 2,21–2,60 г/см³, що відповідає малогумусним мінеральним горизонтам з оголеним горизонтом і наближається за значеннями до природного фону зональних ґрунтів непорушених ландшафтів. Ґрунти ембріоземів за водневим показником рН (8,0–8,2) є лужними, техноземи з рН 7,6 – слаболужними. Рівень значень показників гідролітичної кислотності ґрунтів посттехногенних територій є високим (0,185–0,615 мг-екв/100 г), що в майже 1,6 рази вище, ніж у зональних ґрунтах. Унаслідок природних процесів вміст гумусу в ембріоземах збільшився до 0,29–0,61%, у техноземах – 0,83–1,47%. Вміст рухомих форм азоту в едафотопах Яворівського та

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

Подорожненського сірчаных кар'єрів коливається від 18,9 до 112,3 мг/кг ґрунту та від 13,7 до 54,5 мг/кг ґрунту відповідно. Впродовж 2011–2021 р. фіксували підвищення вмісту та накопичення основних макроелементів в ембріогемах і технозомах обох кар'єрів.

Ключові слова: трансформаційні процеси в едафотонах, ембріоземи, техноземи, видобування корисних копалин, ґрунтовий покрив, фізико-механічні властивості, агрохімічні показники, гумус

Вступ. Серед низки екологічних проблем західного регіону України важливе місце займає відновлення ґрунтів і ландшафтів, які зазнали деструкційних процесів унаслідок діяльності людини, зокрема інтенсивного видобутку корисних копалин [1, 2]. Ці питання є актуальні для Львівщини [2, 3], де впродовж кількох десятиліть проводилось масштабне видобування сірки відкритим та підземним способами. Внаслідок цього на території області нині налічується близько 13 тис. га девастрованих земель [1–5].

Порушені під час видобутку самородної сірки ландшафти трансформуються внаслідок зміни основних показників ґрунтового покриву: фізичного (деформації мезорельєфу, зміна ґрунтової структури при гідромеханізації), механічного (складування сірковмісних і розкритих порід, облаштування хвостосховищ) та хімічного (забруднення викидами та відходами на підземної виплавки сірки, флотації сірковмісних порід тощо) [1–10].

Важливо визнати, що після припинення гірничодобувних робіт минуло понад 30 років, а екологічна

ситуація все ще залишається критичною і потребує постійного системного моніторингу, комплексних досліджень для попередження надзвичайних ситуацій та ефективного відновлення посттехногенних територій [4, 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гірничодобувний сектор має ключове значення для світової економіки, оскільки забезпечує сировиною важливі галузі народного господарства. Дані світової статистики свідчать, що щороку підприємства гірничої промисловості добувають понад 100 млрд. т сировини [5, 6], а дохід 40 провідних світових гірничодобувних компаній, які представляють переважну більшість усієї галузі, у 2021 р. склав близько 925 млрд дол. США [8]. Водночас лише близько 10% видобутої сировини використовується ефективно, а екологічні і соціальні наслідки діяльності таких підприємств набувають глобальних масштабів [1, 8].

Екологічні проблеми у зоні видобутку корисних копалин починаються вже на етапі розвідувальних робіт і посилюються

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

під час безпосереднього видобутку та після припинення гірничодобувних робіт. Унаслідок перебудови геологічної структури земної поверхні, що може сягати глибини декількох сотень метрів, під час гірничодобувних робіт відбуваються значні, а інколи незворотні, зміни ландшафтів [9, 10]. Змінюється рельєф та гідрологічний режим. Змін зазнають морфологічні властивості ґрунтового покриву, повністю втрачаються його фізичні, хімічні та біологічні властивості.

Руйнування ландшафтів спричиняє фрагментацію [2, 10] та втрату осередків існування для біологічних видів [11], негативно впливає на міграційні маршрути тварин [12] і призводить до збіднення біорізноманіття [1, 10–12]. Негативного впливу зазнають прилеглі до об'єктів видобування корисних копалин екосистеми через забруднення ґрунтів [11], поверхневих і підземних вод [13], атмосферного повітря [5], що може поширюватися на значні відстані і тим самим завдавати значної шкоди здоров'ю людей та добробуту місцевих громад [1, 2]. Серед низки екологічних наслідків видобутку корисних копалин окреме місце займає питання викидів парникових газів, що загострює проблему через вплив на зміни клімату [5].

У Західному регіоні України з середини ХХ ст. активно велися роботи з видобутку корисних

копалин, зокрема сірки, що призвело до руйнування значних площ ландшафтів, трансформації ґрунтового і рослинного покриву [5]. Ці посттехногенні території потребують відновлення девастованих земель, у т.ч. поліпшення їх властивостей, відновлення родючості ґрунтів та екосистемних послуг [3, 11, 14]. Нажаль, природне відновлення деградованих земель відбувається повільно [3, 10], може займати тривалий період часу і залежить від природно-кліматичних умов і ступеня порушення ландшафтів [10].

Дослідження посттехногенного періоду розвитку відвалів сірчаних кар'єрів, екологічних наслідків забруднення навколишнього природного середовища, екологогеохімічних процесів та формування ґрунтового покриву, екологічних особливості флористичної та мікологічної структури девастованих земель проводили М. Копій з колегами, У. Тарас, О. Марискевич та ін. вчені [1, 4, 10, 14–25]. Окрему групу досліджень присвячено мікроорганізмам забруднених екотопів, сукцесійним змінам ґрунтового мікробіому сірчаних кар'єрів, участі мікобіоти у відтворенні ґрунтової родючості [18–20]. А також аналізу природних сукцесійних процесів та оцінки процесу самовідновлення рослинного

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

покриву на девастрованих землях [11, 22–24].

Наразі сучасні дослідження орієнтовані на поглиблене дослідження чинників, що визначають вибір та застосування різних технологічних підходів рекультиваційних робіт, у т.ч. за використання біоагентів та фітомеліорації, на посттехногенних територіях колишніх сірчаних кар'єрів [1, 25].

Отже, питання дослідження трансформації едафотопів посттехногенних антропогенного навантаження на стан поверхневих вод західного регіону України є надзвичайно актуальним.

Мета дослідження – дослідити особливості морфологічної структури та зміну агрохімічних показників посттехногенних територій Яворівського та Подорожненського сірчаних кар'єрів.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження природного процесу ґрунтоутворення на посттехногенних територіях

колишніх сірчаних кар'єрах Яворівського ДГХП «Сірка» проводили впродовж 2011–2021 рр. Зразки ґрунту відбирали на посттехногенних територіях Яворівського та Подорожненського сірчаних кар'єрів (Львівська обл.), на яких видобуток сірки було припинено у 1995–1998 рр. згідно з Постановою КМ України від 21.06.1995 р. № 442 і від 02.03.1998 р. № 258.

Серед моніторингових точок були обрані ембріоземи (Е), техноземи (Т) та зональні (ЗГ) ґрунти. Для едафотопів Яворівського сірчаного кар'єру це моніторингові точки ЗГ1, ЗГ2, Е3, Е4, Е5, Е7, Т6, для Подорожненського сірчаного кар'єру – це ЗГ4, ЗГ7, Е1, Е2, Е3, Т5, Т6. Моніторингові точки ембріоземів (Е) розміщені біля берегових смуг кар'єрів, техноземи (Т) – біля кар'єрів у місцях зберігання техніки та палива (колишні склади), зональні ґрунти (ЗГ) – біля населених пунктів (віддаленість від кар'єрів біля 2,5 км) (Табл. 1, Рис. 1).

1. Координати моніторингових ділянок сірчаних кар'єрів

Яворівський кар'єр		Подорожненський кар'єр	
№ моніторингових точок	Пн ш Сх д	№ моніторингових точок	Пн ш Сх д
ЗГ1	49.916013, 23.477243	Е1	49.245874, 24.187057
ЗГ2	49.928807, 23.467802	Е2	49.245503, 24.190462
Е3	49.939110, 23.455414	Е3	49.249022, 24.193583
Е4	49.942938, 23.454617	ЗГ4	49.249763, 24.209188
Е5	49.946451, 23.450109	Т5	49.253838, 24.211175
Т6	49.948008, 23.446654	Т6	49.256060, 24.207770
Е7	49.940318, 23.461888	ЗГ7	49.238170, 24.234651



А



Б

Рис. 1. Карта просторового розміщення моніторингових точок у межах Яворівського (А) і Подорожненського (Б) сірчанних кар'єрів

Зональні ґрунти в районі Яворівського сірчаного кар'єру представлені у більшості дерново-підзолистими ґрунтами. Ці ґрунти приурочені до розчленованих вододільних горбистих денудаційно-структурних височин і сформувалися в умовах надлишкового зволоження на безкарбонатних породах під лісовими біоценозами внаслідок домінантного підзолистого та

слабкого дернового процесів ґрунтоутворення. Профіль диференційовано за елювіально-ілювіальним типом, де виділяють гумусово-елювіальний НЕ, елювіальний Е, ілювіальний І горизонти та ґрунтозна порода Р. Ґрунти здебільше зв'язно-піщаного і супіщаного гранулометричного складу, трапляються піщані та суглинкові відміни. Вміст фізичної

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

глини зв'язно-піщаних ґрунтів у горизонті НЕ сягає 6,4–9,0, супіщаних – 10,4–19,5 %. Характерна слабовиражена нетривка грудкувата структура або ж безструктурні [26, 27]. Уміст гумусу в горизонті НЕ зв'язно-піщаних відмін сягає 0,96–1,17 %, супіщаних – 1,15–2,30 %. Вміст гумусу в горизонті НЕ та в товщі 0–20 см ґрунтів становлять 31,1–58,0 т/га і оцінюють як дуже низькі і низькі. У складі гумусу горизонту НЕ переважають фульвокислоти, кількість яких сягає 37,87–48,38 %. Відношення С_{гк} : С_{фк} у горизонті НЕ 0,64–0,83, що свідчить про гуматно-фульватний тип гумусу [27]. Ґрунти характеризуються сильно-кислою, середньо-кислою та слабо-кислою реакцією ґрунтового розчину в горизонті НЕ, величина рН сольового у межах 3,58–5,10. Величина гідролітичної кислотності сягає 1,80–6,83 ммоль/100 г ґрунту, ступінь їх кислотності оцінюється від дуже низького до дуже високого. Сума ввібраних основ у горизонті НЕ 1,40–12,22 ммоль/100 г ґрунту і оцінюється як дуже низька, низька та середня [28, 29].

Зональні ґрунти в районі Подорожнянського сірчаного кар'єру представлені у більшості світло-сірими лісовими ґрунтами, які приурочені до плакорів, вододілів та їх схилів, окремих горбів, припіднятих розчленованих рівнин. Ґрунти формуються під широколистяними лісами внаслідок

поєднання підзолистого, дернового та глейового процесів ґрунтоутворенням за умов періодично промивного типу водного режиму. Глибина залягання рівня ґрунтових вод в автоморфних відмінах понад 6 м, зволожуються ґрунти за рахунок атмосферних опадів. Щільні ілювіальні горизонти, слугують локальним водоупором і спричиняють поверхневе оглеєння ґрунтів. Профіль ґрунтів має горизонти – гумусово-ілювіальний НЕ, ілювіальний слабо-гумусований І_h, ілювіальний І та ґрунтоутворна порода Р. Потужність орного горизонту окультурених відмін сягає 28–32 см, інколи 40 см. Горизонт відзначається сірим однорідним забарвленням, порохувато-грудкувато-зернистої, зернисто-грудкуватої, грудкувато-пилуватої структури, з мучнистою присипкою SiO₂. Слабкі ознаки оглеєння в автоморфних сірих лісових ґрунтах проявляються з глибини 124–143 см у перехідному горизонті Р_i та ґрунтоутворній породі Р. У глеюватих ґрунтах оглеєння проявляються в ілювіальному або ілювіальному перехідному горизонті під лісовою рослинністю з 78 см, в окультурених ґрунтах – з 97 см. Е поверхнево-оглеєних відмінах під лісовою рослинністю оглеєння з поверхні, в окультурених ґрунтах простежуються в підорному горизонті. За гранулометричним складом ґрунти належать до грубо-пилувато- та піщанисто-легкосуглинкових.

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

Фракція фізичної глини в горизонті НЕ становить 20,40–24,94 % [26, 29]. Світло-сірі лісові ґрунти характеризуються невисоким вмістом і запасами гумусу. Вміст гумусу у горизонті НЕ цілинних відмін становить 1,38–3,20 % та оцінено як дуже низький і низький. У сірих лісових ґрунтах під ріллею, відношення Сгк : Сфк становить 0,82–3,0, тип гумусу гуматно-фульватний, фульватно-гуматний і гуматний. В складі гумусу переважають фульвокислоти, в оглеєних відмінах – частіше гумінові кислоти [29, 30]. Реакція ґрунтового розчину ґрунтів під лісовою рослинністю сильно-кисла, величина рНсол. у горизонті НЕ –3,4–4,1. Величина гідролітичної кислотності в горизонті цілинних ґрунтів 9,6–11,1 ммоль/100 г ґрунту, ступінь кислотності ґрунтів дуже високий. Ступінь насиченості

ґрунтового вбирного комплексу основами від дуже низького до високого. Ґрунти не належать до категорії особливо цінних, не відзначаються високою природною родючістю. Окультурення неоднозначно позначається на властивостях цих ґрунтів [29, 30].

Досліджувані території Яворівського і Подорожненського сірчаних кар'єрів характеризувалися підвищеним вмістом сірки з перевищенням ГДК у ґрунті еմбріоземів у 4,1–7,6 і 2,1–9,1 раза, техноземів – у 41,0–48,6 і 4,2–9,1 раза відповідно (табл. 1, 2). На всіх моніторингових ділянках з часом спостерігається зменшення вмісту сульфат-іонів (SO_4^{2-}) у ґрунті. Проте ці значення ще не відповідають вимогам гігієнічних регламентів допустимого вмісту [31].

2. Вміст сульфат-іонів (SO_4^{2-}) на моніторингових ділянках сірчаних кар'єрів за даними 2011 р. і 2021 р., $M \pm m$, мг/кг

№ монітор. точок	Яворівський кар'єр		№ монітор. точок	Подорожненський кар'єр	
	2011 р.	2021 р.		2011 р.	2021 р.к
ЗГ1	243,94±13,63	243,94±13,63	Е1	417,81±68,13	417,81±68,13
ЗГ2	275,24±14,48	275,24±14,48	Е2	1420,84±122,36	1420,84±122,36
Е3	633,51±7,01	633,51±7,01	Е3	610,47±17,50	610,47±17,50
Е4	886,32±34,67	886,32±34,67	ЗГ4	162,32±2,57	162,32±2,57
Е5	7714,37±219,46	7714,37±219,46	Т5	1457,82±62,09	1457,82±62,09
Т6	6618,52±253,89	6618,52±253,89	Т6	652,00±25,10	652,00±25,10
Е7	1246,04±97,45	1246,04±97,45	ЗГ7	183,87±7,24	183,87±7,24

Примітка. ГДК H_2SO_4 у ґрунті – 160 мг/кг [31].

Вивчення морфологічної структури та властивостей ґрунту

проводили методом закладання прикопок та ґрунтових розрізів.

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

Зразки ґрунту у 4-х кратній повторності відбирали з верхнього шару (0–5 см) згідно з ДСТУ 4976:2008, в яких визначали основні фізико-механічні, фізико-хімічні та агрохімічні показники за чинними державними стандартами [32–36].

Оброблення отриманих результатів експериментів здійснювали методами статистичного аналізу за використання програми Excel 2013 Microsoft Office [37].

Результати та їх обговорення.

У результаті видобування сірки на яворівському та подорожненському кар'єрах відбулися значні зміни ландшафтів, які і досі мають значну низку невирішених екологічних і соціальних проблем. Зокрема ґрунтовий покрив зазнав масштабних змін, верхній шар різних типів ґрунтів був повністю розпорошений і захоронений в товщі відвалів та гідровідвалів, а на поверхню винесені четвертинні та неогенові відклади третинного віку та глини [16, 38, 39].

Формування рослинності та природний процес ґрунтоутворення впродовж 30 років після припинення

активного видобування сірки і закриття кар'єрів сприяли розвитку еմбріоземів, в яких відбувається поступове структурування верхніх шарів і означення ґрунтових генетичних горизонтів.

За результатами морфологічного обстеження посттехногенних територій сірчаних кар'єрів встановлено, що едафотопи досліджуваних територій біогенно нерозвинуті, утворюються на рихлих породах, сформованих третинними глинами, належать до еմбріоземів, які сформувалися в наслідок природного самовідновлення ґрунтів та рослинного вкриття.

Ґрунтовий покрив посттехногенних територій представлений просторовими комбінаціями різних типів еմбріоземів, таких як еմбріоземи ініціальні, орґано-акумулятивні, гумусово-акумулятивні та дернові. Основними діагностичними ознаками, які свідчать про класифікаційну приналежність, є наявність у профілях відповідних діагностичних горизонтів (табл. 3).

3. Морфологічна структура еմбріоземів сірчаних кар'єрів [40]

Ембріозем	Діагностичні горизонти	
	Тип	Ознаки
Ініціальний	Відсутні	Неоднорідний субстрат
Орґано-акумулятивний	Орґаногенний НО	Фронтальний або фрагментарний потужністю 0–1(3) см
	Перехідний hD	Окремі темно-сірі плями
Дерновий	Дерновий Hd	Фрагментарний або фронтальний
Гумусово-акумулятивний	Гумусовий Н	Фронтальний потужністю 0–3 см
	Перехідний Н(h)D	Фрагментарний потужністю 3–6 см

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

Для дернового ембріозему характерна наявність фрагментарного або фронтального дернового горизонту Hd, для органо-акумулятивного ембріозему – типовим є фронтальний органогенний горизонт HO з оторфованих напіврозкладених решток рослин, для гумусово-акумулятивного ембріозему – виражений фронтальний гумусовий горизонт H потужністю 0–3 см і перехідний фрагментарний горизонт H(h)D потужністю 3–6 см.

Найпоширенішими на територіях техногенних ландшафтів є ембріоземи органо-акумулятивні. Через тридцять років після

завершення видобутку сірки на території кар'єрів цей тип ґрунту перебуває на стадії нагромадження органічної речовини у поверхневому шарі. Органогенний горизонт HO потужністю 0–1(3) см характеризується незначним діапазоном вмісту гумусу від 0,27 до 1,47%, який морфологічно візуалізується фрагментарно, під ним формується горизонт H(h)D, де також виявляли темно-сірі плями.

Про мозаїчність ембріоземів сірчаного кар'єру свідчать показники фізичних властивостей верхнього шару ґрунту на території Яворівського сірчаного кар'єру (табл. 4).

4. Фізико-механічні показники верхнього шару ґрунту (0–5 см) Яворівського сірчаного кар'єру з

Моніторингова ділянка	Густина ґрунту (d_1), г/см ³	Густина твердої фази (d_2), г/см ³	Пористість ($V_{пор.}$), %	Аерація ґрунту ($V_{аер.}$), %
ЗГ1	1,45	2,61	44,46	29,97
ЗГ2	1,37	2,60	48,90	30,46
Е3	1,57	2,51	41,11	9,69
Е4	1,31	2,61	48,87	34,00
Е7	1,23	2,60	60,20	49,89
Т5	1,21	2,21	46,84	13,89
Т6	0,96	2,58	61,78	45,49

Примітка. Рівень достовірності експериментальних даних 95%.

Важливим фізико-механічним показником є густина ґрунту (d_1), яка на досліджуваних територіях Яворівського кар'єру варіює в широких межах від 0,96 г/см³ до 1,57 г/см³. Найнижчий рівень показника d_1 фіксували в технозомах (Т5, Т6), найвищий – в ембріоземі (Е3). Отримані дані свідчать, що ембріоземи належать до ущільненого

типу ґрунту, суглинисті та глинисті з показником густини ґрунту у середньому 1,37 г/см³. За таких умов на ембріоземах формуються сприятливі для росту і розвитку рослинності умови. Такі ґрунти пропускають і утримують вологу та повітря, що свідчить про відносну забезпеченість рослин вологою. За показника густини ґрунту

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

1,6–1,7 г/см³ коріння деревних порід практично в землю та нижні шари не проникає.

Значення показників густини твердої фази (d_2) посттехногенних едафотопів сірчаного кар'єру коливалися в межах 2,21–2,60 г/см³ і у середньому становило 2,50 г/см³, що відповідає малогумусним мінеральним горизонтам з оголеним горизонтом і наближається до природного фону густини твердої фази ґрунту зональних ґрунтів непорушених ландшафтів (2,60–2,61 г/см³).

Пористість ($V_{\text{пор}}$) ґрунту характеризує форму та величину пор усередині структурних відмін між ними. Визначено, що величина пористості ґрунту на території сірчаного кар'єру коливається в межах 41,11–61,78%, що також свідчить про значну різноманітність фізичних характеристик посттехногенних територій. При цьому середній показник пористості ембріоземів на досліджуваних моніторингових ділянках (Е3, Е4, Е7) становить 50,06 % техноземів (Т5, Т6) – 54,31 %, що вище ніж у зональних ґрунтах на 7–16 %. Такий доволі високий показник пористості ґрунту характерно для оструктурених суглинкових і глинистих різновидах ґрунту. Висока пористість верхніх

горизонтів є важливим чинником продуктивності ґрунту, що позитивно впливає на ріст і стійкість рослинних угруповань.

Здатність ґрунту втримувати за певного фізичного стану ту чи іншу кількість повітря визначається показником аерації ґрунту ($V_{\text{аер.}}$). Значення цього показника, аналогічно як і пористість ґрунту, коливається в доволі широких межах 9,69–49,89 %, що також свідчить про значну різноманітність фізичних характеристик ембріоземів і техноземів на території сірчаного кар'єру. У середньому значення показника аерації у ґрунті посттехногенних територій становить 30,59 %, що свідчить про дефіцит кисню для рослин. У ґрунті ембріозему (Е3) фіксували найнижчий показник аерації 9,69 %, що визначається як критичний. Загалом значних змін у фізичних властивостях досліджуваних територій за останні майже 10 років не відбулось [15].

Строкатість фізичних властивостей ґрунтів ембріоземів і техноземів сірчаних кар'єрів та вплив різних екологічних та антропогенних чинників відображається на хімічних властивостях новоутворених ґрунтів. Про що свідчать результати стан кислотності ґрунту та накопичення гумусу (табл. 5).

5. Кислотність та вміст гумусу у верхньому шарі (0–5 см) ґрунті території Яворівського сірчаного кар'єру, 2011 р.

Моніторингова ділянка	Актуальна кислотність, рН	Потенційна кислотність		Гумус, %
		обмінна, рН _{KCl}	гідролітична Нг, мг-екв/100 г	
ЗГ1	8,0	7,9	0,183	1,13
ЗГ2	8,1	7,9	0,264	0,98
Е3	8,1	7,9	0,185	0,49
Е4	8,2	7,8	0,205	0,29
Е7	8,0	7,7	0,445	0,61
Т5	7,6	7,1	0,615	1,47
Т6	7,6	7,5	0,358	0,83

Примітка. Рівень достовірності експериментальних даних 95%.

Встановлено, що актуальна кислотність рН у зональних ґрунтах непорушених ландшафтів і ембріоземів знаходиться на одному рівні 8,0–8,2 і є лужними. У ґрунті техноземів актуальна кислотність є дещо нижчою і визначається як слаболужна. Аналогічно фіксували і за показником обмінної кислотності. Показники гідролітичної кислотності ґрунтів посттехногенних територій знаходяться в межах від 0,185 до 0,615 мг-екв/100 г, що в майже 1,6 раза вище, ніж у зональних ґрунтах.

Порушені внаслідок гірничодобувних робіт ґрунти як правило характеризується відсутністю гумусових сполук та поживних елементів. Це підтверджують і наші результати досліджень. Варто відмітити, що накопичення органічних речовин у едафотопях колишніх сірчанних кар'єрів відбувається повільно. За майже 30-річний період унаслідок природних процесів, зокрема діяльності ґрунтової мікробіоти і рослин, вміст гумусу в ембріоземах

зріс до 0,29–0,61 %, у техноземах – 0,83–1,47 %. Глинисто-мергельні ембріоземи вирізняються низьким вмістом гумусу порівняно з фоновими світло-сірими лісовими та слабо-дерново-підзолистими ґрунтами і належать до дуже бідних ґрунтів. Вміст рухомих форм азоту в едафотопях посттехногенних ландшафтів сірчанних кар'єрів має строкатий характер і коливається від 1,89 до 11,23 мг/кг ґрунту в Яворівському кар'єрі та від 1,37 до 5,45 мг/кг ґрунту – в Подорожненському кар'єрі. Середній показник для Яворівського кар'єру становить 4,59 мг/кг ґрунту, для Подорожненського – 2,83 мг/кг ґрунту. Рухомі сполуки фосфору в ґрунті варіює від 0,14–15,89 до 0,43–17,01 мг/кг ґрунту в едафотопях Яворівського кар'єру та від 0,11–18,56 до 0,48–20,11 мг/кг ґрунту в едафотопях Подорожненського кар'єру.

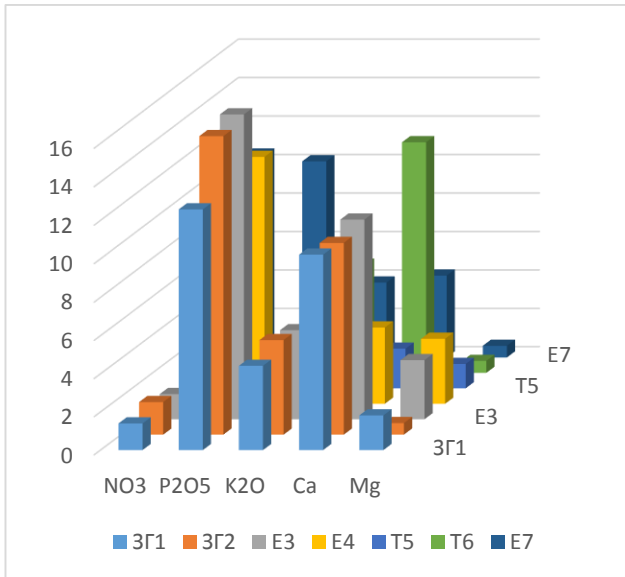
Водорозчинний калій – як легко доступний рослинам з водорозчинних солей мінеральних і органічних

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

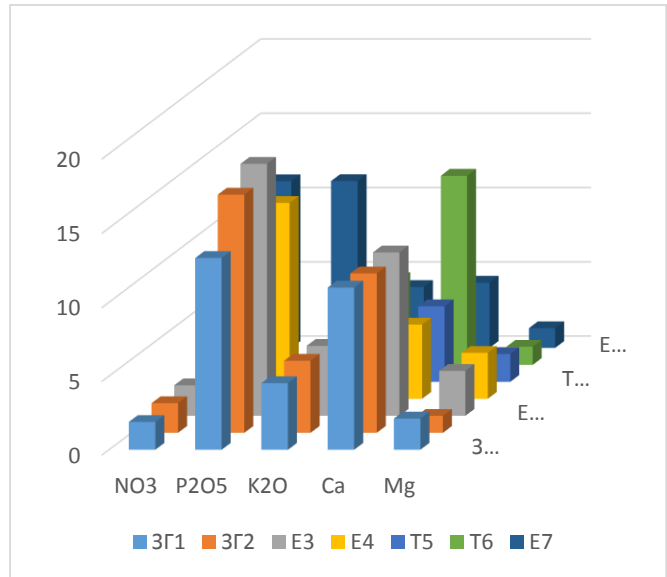
кислот, та такий, що переходить у водорозчинну форму з ґрунтово-вбирного комплексу і калієвмісних мінералів під час взаємодії з водою. Вміст рухомих сполук калію варіює від 4,11 до 7,21 мг/кг ґрунту в едафотобах Яворівського кар'єру, від 1,26 до 3,82 мг/кг ґрунту – едафотобах Подорожненського кар'єру. Середній

вміст K_2O у ґрунті для Яворівського кар'єру становить 5,22 мг/кг ґрунту, а для Подорожненського кар'єру – 2,64 мг/кг ґрунту.

Також досліджували зміни основних агрохімічних показників за період 2011–2021 рр., а саме основних макроелементів, які є важливими для росту і розвитку рослин (Рис. 2, 3).

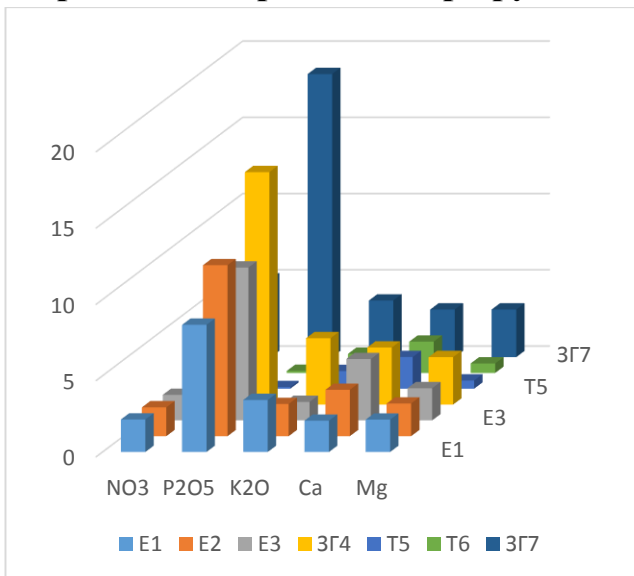


2011 р.

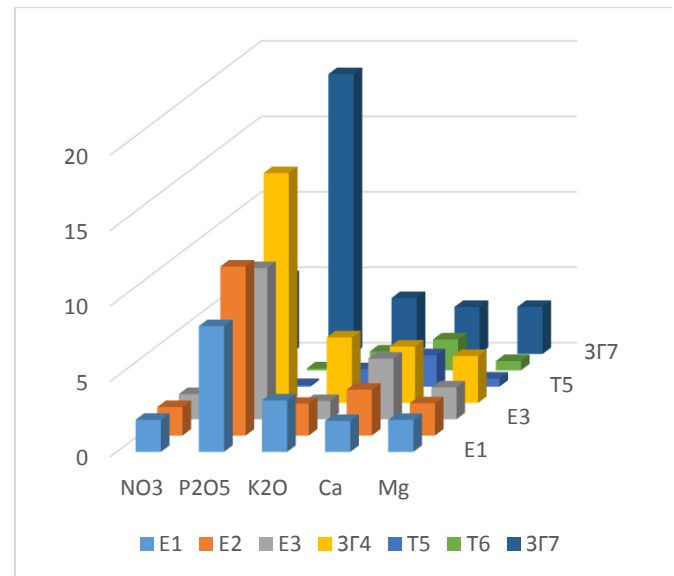


2021 р.

Рис. 2. Вміст хімічних елементів у верхньому шарі (0–5 см) ґрунту Яворівського сірчаного кар'єру, мг/кг



2011 р.



2021 р.

Рис. 3. Вміст хімічних елементів у верхньому шарі (0–5 см) ґрунту Подорожненського сірчаного кар'єру, мг/кг

Встановлено, що на посттехногенних територіях Яворівського сірчаного кар'єру за останні десять років уміст нітратного азоту в едафотобах ембріоземів (Е3, Е4) зріс на 35–36 %, лише на 6 % в ембріоземі Е7 і на 17–27 % у техноземах, що свідчить про накопичення в ґрунтах мінерального азоту та активність процесів нітрифікації. Цей показник свідчить про інтенсивність окультурення ґрунту. В умовах Подорожненського сірчаного кар'єру спостерігається повільніше накопичення нітратного азоту в ґрунті ембріоземів і техноземів – відповідно на 13 % і 7 %.

Накопичення сполук рухомого фосфору і калію в ґрунтах ембріоземів обох кар'єрів було також незначним – у середньому за 2011–2021 рр. уміст P_2O_5 зріс на 5 і 6 %, K_2O – на 5 і 21 % відповідно у едафотобах Яворівського і Подорожненського кар'єрах. Крім того, на моніторинговій ділянці ембріозему Е2 фіксували зниження рухомих сполук калію на 23%.

У техноземах обох кар'єрів спостерігали накопичення рухомих сполук фосфору на рівні 27–67 % і 73–80 % та підвищення вмісту рухомих сполук калію – 1,5–2,5 % і 1–16 % відповідно для Яворівського і Подорожненського кар'єрів.

Визначено, що в едафотобах Яворівського кар'єру середній вміст обмінного кальцію становить 8,59 мг-

екв/100 г ґрунту, обмінного магнію – 1,99 мг-екв/100 г ґрунту. Відповідно для Подорожненського кар'єру ці показники становили 3,12 мг-екв /100 г ґрунту і 2,05 мг-екв/100 г ґрунту. У засолених ґрунтах, які є характерні для досліджуваних територій, кальцій трапляється частіше у вигляді гіпсу $CaSO_4 \times 2H_2O$ або ж хлориду $CaCl \times 6H_2O$, а магній – у вигляді простих хлоридів і сульфатів та їх подвійних солей.

Інтенсивніше накопичення кальцію і магнію у ґрунті відбулось у техноземах Яворівського сірчаного кар'єру – за 10 років їх уміст зріс у середньому на 33–41 %. У ґрунті ембріоземів уміст кальцію зріс майже на 10 %. Накопичення в ґрунті магнію фіксували лише на моніторинговій ділянці Е7, на інших ділянках (Е3, Е4) – відбувалось зниження вмісту в середньому на 5 %.

На посттехногенних територіях Подорожненського сірчаного кар'єру накопичення в едафотобах цих важливих для рослин і мікробіоти елементів проходило повільніше. Фіксували зростання вмісту Са на 15 % і Mg на 7 % в техноземах і відповідно на 1,2 % і 5 % – в ембріоземах.

Висновки

Після 30-річного припинення видобутку сірки ґрунтовий покрив посттехногенних територій Яворівського і Подорожненського сірчанних кар'єрів представлений

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

просторовими комбінаціями різних типів ембріоземів (ініціальні, органо-акумулятивні, гумусово-акумулятивні та дернові).

Найпоширенішими є ембріоземи органо-акумулятивні, які перебувають на стадії нагромадження органічної речовини у поверхневому шарі. Ембріоземи і техноземи Яворівського кар'єру належать до ущільненого типу ґрунту з показниками густини ґрунту (d_1) 0,96–1,57 г/см³. Густина твердої фази (d_2) становить 2,21–2,60 г/см³ та відповідає малогумусним мінеральним горизонтам з оголеним горизонтом і наближається за значеннями до природного фону зональних ґрунтів непорушених ландшафтів. Ґрунти ембріоземів за водневим показником рН (8,0–8,2) є лужними, техноземи з рН 7,6 – слаболужними. Значення показників гідролітичної кислотності ґрунту посттехногенних територій є високим (0,185–0,615 мг-екв/100 г), що майже у 1,6 рази вище, ніж у зональних ґрунтах. Вміст гумусу в ембріоземах

збільшився до 0,29–0,61 %, а у техноземах – 0,83–1,47 %. Вміст рухомих форм азоту в едафотопях Яворівського та Подорожненського сірчанних кар'єрів коливається від 18,9 до 112,3 мг/кг ґрунту та від 13,7 до 54,5 мг/кг ґрунту відповідно. Впродовж періоду досліджень 2011–2021 роках фіксували підвищення вмісту та накопичення основних макроелементів в ембріоземах і техноземах кар'єрів.

За впливу різних екологічних чинників відбувається поступова трансформація ембріоземів і техноземів, поліпшення їх фізико-механічних та агрохімічних показників верхнього шару ґрунту, накопичення гумусу. На посттехногенних територіях сірчанних кар'єрів, де ґрунтоутворювальна порода представлена лесовидними суглинками формуються дернові ембріоземи, а їх агрохімічні та фізичні властивості створюють сприятливі умови для росту і розвитку рослинного покриву.

References

1. Prykhodko, M.M. (2012). Ekologichni ryzyky zabrudnennia heosystem v rehioni ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii [Environmental risks of geosystem pollution in the Ukrainian Carpathian region and adjacent territories]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu – Scientific bulletin of the University of Chernivtsi*, 614–615, 95–104 [in Ukrainian]. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvchnu_2012_614-615_24.
2. Kravtsiv, V.S. (2013). Karpatskyi rehion: aktualni problemy ta perspektyvy rozvytku. Ekologichna bezpeka ta pryrodno-resursnyi potentsial: monohrafiia u 8 tomakh [The Carpathian region: current problems and development prospects. Ecological safety and natural resource potential: a monograph in 8 volumes]. Lviv, T. 1 [in Ukrainian]. URL: <http://ird.gov.ua/irdp/p20130001.pdf>.
3. Kopii, M.L., Honchar, V.M., Kopii, S.L., ta in. (2019). Fitomelioratyvna rol roslynnoho pokryvu u vidtvorenni devastovanykh zemel v mezhakh sirchanykh rozrobok Zakhidnoho Lisostepu: monohrafiia [Phytomeliorative role of plant cover in the reproduction of devastated lands within the limits of sulfur development of the Western Forest Steppe: monograph]. Rivne: NUVHP

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

[in Ukrainian]. URL:

<http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/18251>

4. Savchuk, L.V., Doskich, S.V. (2020). Revitalizatsiia terytorii vidpratsovanykh Yazivskoho ta Nemyrivskoho rodovyshch sirchanykh rud [Territory revitalization of the spent yazivsky and nemyrivsky sulfur ore deposits]. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky Scientific notes of the Tavra National University named after V.I. Vernadskyi. Series: Technical sciences*, 31(70), 4, 273–278 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.4/41>.

5. Cox, B., Innis, S., Kunz, N.C. et al. (2022). The mining industry as a net beneficiary of a global tax on carbon emissions. *Commun Earth Environ*, 3, 17 [in English]. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00346-4>.

6. Hodge, R.A., Ericsson, M., Lof, O. et al. (2022). The global mining industry: corporate profile, complexity, and change. *Miner Econ*, 35, 587–606 [in English]. <https://doi.org/10.1007/s13563-022-00343-1>.

7. Henckens, T. (2021). Scarce mineral resources: Extraction, consumption and limits of sustainability. *Resources, Conservation and Recycling*, 169, 105511 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105511>.

8. Mining industry worldwide – statistics & facts. URL: <https://www.statista.com/topics/1143/mining/#topicOverview> [in English].

9. Haddaway, N.R., Cooke, S.J., Lesser, P. et al. (2019). Evidence of the impacts of metal mining and the effectiveness of mining mitigation measures on social–ecological systems in Arctic and boreal regions: a systematic map protocol. *Environ Evid*, 8, 9 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1186/s13750-019-0152-8>.

10. Rudko, G.I. (2006). Resursy heolohichnoho seredovyshcha ta ekolohichna bezpeka tekhnopryrodnykh system [Resources of the geological environment and ecological safety of techno-natural systems]. Kyiv [In Ukrainian].

11. Olierchuk, V., Kendzora, N., Hotsii, N. et al. (2023). Changes in the Structure of Soil Microscopic Fungi in the Territories of Yavoriv and Podorozhenie Sulfur Quarries. *Ecological*

Engineering & Environmental Technology, 3, 120–134 [in English]. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/11616>.

12. Mudrak, O., Demyanyuk, O., & Mahdiichuk, A. (2022). Hirnycho-promyslovi landshafty Pravoberezhnoho Lisostepu yak potentsiini strukturni elementy rehionalnoi ekomerezhi [Mining and industrial landscapes of the right-bank forest-steppe as potential structural elements of the regional eco-network]. *Ekolohichni nauky – Environmental sciences*, 4(43), 149–153 [in Ukrainian]. doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.24.

13. Kopii, M.L., Marutiak, S.B., Kopii, L.I. (2016). Analiz morfolohichnoi struktury ta khimichnoho skladu porushenykh gruntiv u mezhakh Novorozdilskoho DHKhP «Sirka» [Analysis of the morphological structure and chemical composition of disturbed soils within the boundaries of the Novorozdilsk DHHP “Sirka”]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific bulletin of UNFU*, 26(4), 212–219 [in Ukrainian]. doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.24.

14. Zakon Ukrainy «Pro Osnovni zasady (strategiiu) derzhavnoi ekolohichnoi polityky Ukrainy na period do 2030 roku» [Law of Ukraine. On the Key Principles (Strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine for the Period till 2030]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> [in Ukrainian].

15. Taras, U.M. (2013). Problemy rekultyvatsii sirchanoho kar'ieru v zoni diialnosti Yavorivskoho derzhavnoho hirnycho-khimichnoho pidpriemstva «Sirka» [The revegetation problems of sulphuric pit during activity of the Yavoriv state mines-chemical enterprise «Sirka»]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific bulletin of UNFU*, 23(2), 154–158 [in Ukrainian].

16. Taras, U.M., Marytjak, S.B. (2013). Doslidzhennia fizyko-khimichnoho stanu gruntu na devastovanykh zemliakh u zoni diialnosti Yavorivskoho derzhavnoho hirnycho-khimichnoho pidpriemstva «Sirka» [Investigation of physico-chemical soil condition on devastated lands in activity zones of Yavoriv State Mining Chemical Plant “Sirka”]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy –*

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

Scientific bulletin of UNFU, 23 (14), 56–62 [in Ukrainian]. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/problemi-rekultivatsiyi-sirchanogo-kareru-v-zoni-diyalnosti-yavorivskogo-derzhavnogo-girnicho-himichnogo-pidpriemsta-sirka>.

17. Maryshevych, O.H., Shpakivska, I.M. (2001). Osoblyvosti formuvannya gruntovoho pokryvu na vidvalakh Rozdil'skoho DHKhP "Sirka" [Peculiarities of the formation of soil cover on the dumps of the Rozdil'sky DHHP "Sirka"]. *Naukovi zapysky Derzhavnoho pryrodoznavchoho muzeiu – Scientific notes of the State Natural History Museum*, 16, 147–152 [in Ukrainian]. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/doslidzhennya-fiziko-himichnogo-stanu-gruntu-na-devastovanih-zemlyah-u-zoni-diyalnosti-yavorivskogo-derzhavnogo-girnicho-himichnogo>.

18. Maryshevych, O.H., Shpakivska, I.M., Didukh, O.I. (2005). Formuvannya gruntiv u mezhakh tekhnogennoho landshaftu Yavorivskoho DHKhP "Sirka" [Formation of soils within the man-made landscape of the Yavorivsk DHHP "Sirka"]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho un-tu. Seriya Biologiya – Scientific bulletin of the University of Chernivtsi. Biology series*, 251, 175–185 [in Ukrainian].

19. Kopii, M.L., Oliferchuk, V.P. (2016). Mikolohichna struktura gruntu v mezhakh sformovanykh ekotopiv porushenykh landshaftiv Yavorivskoho sirchanoho kar'ieru [Mycological structure of the soil within the formed ecotopes of disturbed landscapes of the Yavoriv sulfur quarry]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific bulletin of UNFU*, 26(1), 174–181 [in Ukrainian]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikologichna-struktura-gruntu-v-mezhah-sformovanih-ekotopiv-porushenih-landshaftiv-yavorivskogo-sirchanogo-kareru>.

20. Kopii, M.L., Oliferchuk, V.P., Kopii, L.I. (2017). Porivnialna kharakterystyka mikolohichnoi struktury tekhnozemiv sirchanykh kar'ieriv Lvivshchyny [Comparative characteristics of the mycological structure of technozems of sulfur quarries in Lviv Oblast]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific bulletin of UNFU*, 27(3), 99–104 [in Ukrainian]. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/porivnyalna-kharakteristika-mikologichnoyi-strukturi-tekhnozemiv-sirchanih-kareriv-lvivshchiny>.

21. Oliferchuk, V., Shukel, I. (2022). Struktura kompleksiv mikromitsetiv u ekotopakh sirchanykh kar'ieriv zakhidnoho rehionu Ukrainy [The structure of micromycetes complexes in the ecotopes of sulfur quarries in the western region of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management*, 4, 129–140 [in Ukrainian].

22. Kopii, M.L. (2018). Vplyv suktesiinykh protsesiv na vidtvorennia porushenykh zemel v mezhakh Yavorivskoho sirchanoho kar'ieru Lvivskoi oblasti [The influence of successional processes on the reproduction of disturbed lands within the Yavoriv sulfur quarry of Lviv region]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific bulletin of UNFU*, 28(8), 45–50 [in Ukrainian].

23. Nazarovets, U.R., Oliferchuk, V.P., Kopii, L.I., Kopii, M.L. (2017). Suktsesii fitotsenoziv u mezhakh Podorozhnenskoho sirchanoho kar'iera [Successions of phytocenoses within the Podorozhnensky Sulfur Quarry]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 1, 121–127 [in Ukrainian].

24. Kopii, M.L., Kopii, L.I. (2016). The influence of vegetation on the redistribution of organic substances and chemical elements in technozems of the Yavorivsk sulfur quarry. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific bulletin of UNFU*, 26.5, 194–204 [in Ukrainian].

25. Henyk, Ya.V. (2010). Soil revitalization as a basis for landscape restoration. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific bulletin of UNFU*, 20.13, 93–98 [in Ukrainian].

26. Nazaruk, M.M. (2018). *Natural conditions and natural resources of Lviv region: monograph*. Lviv: Vydavnytstvo Staroho Leva [in Ukrainian].

27. Pidkova, O.M., Kit, M.H. (2010). *Lithogenic and genetic conditions of soil cover formation in Roztochchi: monograph*. Lviv: Vydavnychiy tsentr LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

28. Lutsyshyn, O., Haskevych, V. (2016). *Soils of the Nadsyan plain: monograph*. Lviv: LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].
29. Pavliuk, N.M., Haskevych, V.H. (2011). *Gray forest soils of Opillia*. Lviv: LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].
30. Romaniv, P.V., Pozniak, S.P. (2010). *Geographical and genetic features of the physical condition of the soils of Precarpathia*. Lviv: Vydavnychiy tsentr LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].
31. *Order of the Ministry of Health of Ukraine dated 14.07.2020 No. 1595. On the approval of the Hygienic Regulations on the permissible content of chemical substances in the soil*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text> [in Ukrainian].
32. DSTU ISO 10390:2007 (2012). *Soil quality. Determination of pH*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
33. DSTU 4289:2004 (2005). *Soil quality. Methods for determination of organic matter*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
34. DSTU 7945:2015 (2016). *Soil quality. Determination of calcium and magnesium ions in aqueous extract*. Kyiv: DP "UkrNDNTs" [in Ukrainian].
35. DSTU 4729:2007 (2008). *Soil quality. Determination of total nitrogen in the modification of the NSC IHA named after O.N. Sokolovskiy*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
36. DSTU 4115-2002 (2002). *Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Chiricov modified method*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
37. Bovt, V.D., Horokhovskiy, Ye.Yu., Zolotarenko-Horbunova, L.M. (2011). *Basics of statistical analysis in ecology for the biological faculty of the specialty "Ecology and environmental protection". Educational and methodological manual*. Zaporizhzhia: ZNU [in Ukrainian].
38. *Mining and chemical industry of Lviv region. History. The present day. Future. Ecology*. (2002). Lviv: VAT "Hikhirprom" [in Ukrainian].
39. *Yavoriv State Mining and Chemical Enterprise "Sirka"*. (2001). Novoiavorivsk [in Ukrainian].
40. Taras, U.M. (2016). *Restoration of plant communities on the devastated lands of the Yavoriv sulfur quarry: autoref. thesis on of science candidate degree agricultural sciences*. Lviv [in Ukrainian].

ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL STRUCTURE AND CHEMICAL COMPOSITION OF EDAPHOTOPES OF POST-TECHNOGENIC AREAS OF SULFUR QUARRIES

V. P. Olinerchuk, I. V. Shukel, S. B. Marutyak, U. M. Taras, O. I. Naumovska

Abstract. *The results of the research of the peculiarities of morphological structure development and change in chemical indicators of edaphotopes of embriozems and technozems on the post-technogenic lands at the Yavoriv and Podorozhnie sulfur quarries were described in the article. During 30 years after intensive sulfur mining was stopped and mines closure under the influence of various environmental and human-caused factors significant changes of disturbed soils characteristics occurred within the sulfur quarries. It was established that soil cover of post-technogenic areas was represented by special combinations of various types of embriozem soils (initial, organic and accumulative, humus and accumulative, and dernozem). The most widespread embriozem soils are organic and accumulative, which are developing at the organic substances accumulation stage in the surface layer. Embriozem and technozem soils of the Yavoriv quarry belong to the dense type of soil with soil density index of (d_1) 0,96–1,57 g/cm³. Solid phase density (d_2) is 2.21–2.60 g/cm³, which corresponds to low-humus mineral horizons with bare horizon and*

Оліферчук В. П., Шукель І. В., Марутяк С. Б., Тарас У. М., Наумовська О. І.

its values are close to the natural background of zonal soils of the disturbed landscapes. Based on the hydrogenous index pH (8.0–8.9) embiozem soils are alkaline; and technozem soils with pH7.6 are regarded as slightly alkaline. The level of values of indicator of hydrolytic acidity of soils on post-technogenic areas is high (0,185–0,615 mg-CaCO₃/100 g), which is 2.6 times higher than in zonal soils. During almost 30 years period, as a result of natural processes humus content in embiozem soils increased up to 0.29–0.61%, in technozem soils – 0.83–1.47%. The content of mobile forms of nitrogen in edaphotopes of the Yavoriv and Podorozhnie sulfur quarries fluctuates from 18.9 to 112.3 mg/kg of soil and from 13.7 to 54.5 mg/kg of soil, respectively. During 2011–2021, the increased content and accumulation of main macroelements in embiozem and technozem soils of the both quarries were recorded.

Key words: *transformational processes in edaphotopes, embiozem soils, technozem soils, mining, soil cover, physical and chemical properties, agrochemical indicators, humus*

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ОДНОВИДОВИХ І СУМІСНИХ КОРМОВИХ АГРОФІТОЦЕНОЗІВ ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО І ГОРОШКУ ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СПІВВІДНОШЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ТА УДОБРЕННЯ

Г. І. ДЕМИДАСЬ, доктор сільськогосподарських наук

С. С. ВЕЙЛЕР, аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: demydas@nubip.edu.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.003](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.003)

Анотація. *Мета.* Встановити особливості формування агрофітоценозів тритикале ярого та горошку посівного в одновидових і сумісних посівах залежно від співвідношення компонентів та добрив. **Методи.** Польовий, лабораторний, математико-статистичний. **Результати.** Показано результати досліджень з вивчення особливостей формування агрофітоценозів тритикале ярого та горошку посівного в одновидових і сумісних посівах за їх щільністю, ботанічним складом, лінійним ростом, часткою листя та площею листової поверхні залежно від співвідношення компонентів та добрив, які проведено щорічно протягом 2020-2022 рр. на чорноземних ґрунтах Правобережного Лісостепу. Кормові агрофітоценози тритикале ярого і горошку посівного в одновидових і сумісних посівах формуються із щільністю 567-1760 пагонів на 1 м², куцистістю тритикале 2-5 пагонів на рослину та висотою 87-104 см. В одновидових посівах тритикале ярого і горошку посівного та їх травосумішах у різних співвідношеннях компонентів домінують висіяні види. На різних фонах удобрення в одновидових посівах частка тритикале ярого коливалась у межах 87-92 %, а горошку посівного – в межах 85-87 %. У сумісних посівах тритикале ярого з горошком посівним частка кожного з названих компонентів в урожаї збільшується із збільшенням їх частки при сівбі в травосумішах. **Висновки.** Щільнішим є одновидовий посів тритикале ярого та його суміш з горошком посівним у співвідношенні як 75:25 % люцерно-злакові і злаковий травостої. Більшою висотою характеризується тритикале яре ніж горошок посівний. Внесення добрив і, в більшій мірі, N₄₅P₄₅K₄₅ ніж 250 кг/га органічного добрива гумігран, внесених у передпосівну культивуацію як і симбіотичний азот горошку посівного в бінарній суміші збільшує висоту тритикале ярого на 5-6 см, а куцистість на 1 пагін/рослину, а за поєднаного їх застосування – відповідно на 10-11 см і 2 пагони/рослину. Із збільшенням кількості горошку посівного у травосуміші збільшується лінійний і метамерний ріст тритикале ярого. У сумісних посівах тритикале ярого з горошком посівним частка кожного з названих компонентів в урожаї збільшується із збільшенням їх частки при сівбі в травосумішах. У тритикале ярого наростання площі листової поверхні (від 14,3 до 41,5 тис.м²/га) відбувається у період від кінця куціння до початку колосіння, в горошка посівного цей період більш розтягнутий і триває у період від

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

пагоноутворення до кінця бутонізації, збільшуючись від 10,0 до 41,8 тис.м²/га.

Ключові слова: ботанічний склад агрофітоценозів, гумігран, лінійний ріст, мінеральні добрива, площа листкової поверхні, частка листя, щільність травостоїв

Одним із найперспективніших напрямів інтенсифікації кормо виробництва є створення кормових агрофітоценозів з підвищеним вмістом бобових трав як джерела симбіотичного азоту. Часткова заміна мінерального азоту симбіотичним є важливим резервом скорочення витрат енергії, на який при вирощуванні злакових травостоїв інтенсивного типу часто припадає половина її сукупних затрат [1, 2, 3, 4, 5].

На підставі досліджень, проведених у різних географічних, кліматичних, едафічних умовах України з різними видами бобових трав, розроблено заходи підвищення ефективності використання багаторічних бобових трав як джерела дешевого симбіотичного азоту, а також наукові й технологічні основи створення і раціонального використання сіяних бобово-злакових агрофітоценозів [6, 7, 8, 9, 10].

Важливим фактором формування врожайності та кормової цінності агроценозів є їх ботанічний склад, який в свою чергу зумовлюється метеорологічними та ґрунтовими умовами, віком травостою, режимами використання та удобренням. За збільшення частки бобового компонента в агроценозах зростає їхня продуктивність за

рахунок біологічної фіксації азоту [11, 12, 13].

Основою створення високопродуктивних багаторічних сіяних агроценозів є добір компонентів до травосумішей відповідно до біологічних особливостей видів, екологічних умов і технологій вирощування [14].

Важливу роль у формуванні ботанічного складу травостоїв мають добрива. За їх внесення поряд із збільшенням врожайності спостерігається конкуренція між окремими видами рослин за елементи мінерального живлення. Азотні добрива, збільшуючи частку злакових в ценозі, знижують вміст у ньому бобового компонента [15].

Щільність кормових агрофітоценозів також залежить від рівня удобрення [16, 17]. Рослини, які краще забезпечені поживними речовинами більше утворюють пагонів та формують густіший травостій. Але високі дози азотних добрив ведуть і до негативних наслідків щодо пагоноутворення та зменшення щільності травостоїв.

Відомо, що щільність будь-яких травостоїв, у тому числі й однорічних кормових агроценозів, є важливим показником, адже пагони є важливим органом, де формується листкова поверхня, яка має визначальне

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

значення у формуванні кількості і якості врожаю [18]. По-різному вчені пояснюють зміни, які відбуваються в лучних фітоценозах. Ценотична активність видів залежить від вмісту в них хлорофілу. Є відомості, що збільшення вмісту у певних видів рослин хлорофілу позитивно впливає на ценотичні параметри компонентів рослинного угруповання. Зростання накопичення його під впливом азотних добрив у різних видів неоднакова [19].

Однак до останнього часу є питання щодо трансформації видового складу бобово-злакових однорічних агрофітоценозів для виробництва дешевих трав'яних кормів на чорноземах типових Правобережного Лісостепу, які ще не достатньо вивчено, що певною мірою стримує впровадження розробок у сільськогосподарське виробництво. Зокрема не недостатньо опрацьованими залишаються питання особливостей формування агрофітоценозів тритикале ярого та горошку посівного в одновидових і сумісних посівах за їх щільністю, ботанічним складом, лінійним ростом, часткою листя та площею

листової поверхні залежно від співвідношення компонентів та добрив.

Саме на вивчення зазначених питань і спрямовані наші дослідження, результати яких викладено у статті.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження з вивчення хімічного складу кормових однорічних агрофітоценозів виконували на чорноземних ґрунтах у польовій сівозміні Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція». Двофакторний польовий дослід «Вивчити вплив мінеральних і органічних добрив та співвідношення компонентів на кормову продуктивність травосумішей тритикале ярого з горошком посівним» закладали весняним посівом щорічно протягом 2020-2022 рр. (табл. 1). Повна норма або норма висівання насіння в одновидовому посіві тритикале яре становить 5, а горошку посівного 3,0 млн./ га схожих насінин або 250 і 100 кг/га.

1. Схема дослідів

Фактор А (культура і норма висівання насіння, % від повної):	Фактор В (удобрення)
1. Тритикале яре, 100	1. Без добрив (контроль)
2. Горошок посівний, 100	2. Гумігран – 250 кг/га
3. Тритикале яре, 50 + горошок посівний, 50	3. N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅
4. Тритикале яре, 75 + горошок посівний, 25	
5. Тритикале яре, 25 + горошок посівний, 75	

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

Мінеральні добрива вносили під передпосівну культивуацію у вигляді нітроамофоски з вмістом діючої речовини N, P і K, по 16 % кожного, а органічне добриво гумігран (гранульований вермикомпост) – у рядки при сівбі однорічних трав.

Площа посівної ділянки – 30 м², облікової – 25 м². Кількість варіантів 15, ділянок – 60. Повторність досліду чотириразова.

Агротехніка вирощування сумішей тритикале ярого з горошком посівним загальноприйнята для Лісостепу Правобережного. Сівбу тритикале ярого та горошку посівного проводили в оптимальні строки навісною сівалкою СН-16А у агрегаті з трактором Т-25А звичайним рядковим способом в один рядок. Норми висіву кормових культур була узгоджена із схемою досліду у відповідних варіантах.

Експериментальні дослідження обліки та спостереження нами проведено з дотриманням методичних вказівок Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН [20]. Щільність травостою визначали на фіксованих площадках розміром (50x50 см) на двох несуміжних повтореннях навесні у фазі кушіння трав. Висоту домінуючих компонентів травостоїв визначали шляхом заміряння 25 рослин на двох несуміжних повтореннях. Частку листя та ботанічний склад урожаю досліджуваних травостоїв

встановлювали методом аналізу снопів масою 1 кг. Площу листкової поверхні обчислювали з використанням висічок з урахуванням частки листя.

У дослідах вивчали сорти однорічних кормових культур: тритикале яре Оберіг харківський, горошок посівний Єлизавета, які занесені до Державного реєстру сортів рослин придатних для вирощування в Україні.

Мета досліджень – встановити особливості формування агрофітоценозів тритикале ярого та горошку посівного в одновидових і сумісних посівах залежно від співвідношення компонентів та добрив.

Результати та обговорення. За нашими даними з вивчення густоти досліджуваних кормових агрофітоценозів у середньому за 2020-2022 рр. (табл. 2) загальна кількість пагонів на одновидових посівах тритикале ярого, горошку посівного та їх травосумішах у різних співвідношеннях компонентів коливалась у межах – 567-1760 шт./м². Найбільшою щільністю характеризувався одновидовий посів тритикале ярого (1552-1760 шт./м²), що на 867-1193 пагонів більше порівняно із щільністю одновидового посіву горошку посівного, щільність травостою якого була найменшою і на 499-815 пагонів більше порівняно з тритикале-горошковими сумішами з

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

різним співвідношенням компонентів.

2. Щільність сумісних посівів тритикале ярого з горошком посівним залежно від співвідношення компонентів і удобрення, пагонів/м² (середнє за 2020-2022 рр.)

Культура і норма висівання насіння, % від повної	Удобрення	Пагонів всього	у тому числі			
			тритика- ле яре	горошок посівний	несіяні злаки	різно- трав'я
Тритикале яре, 100	Без добрив (контроль)	1552	1121	–	222	209
	Гумігран	1580	1215	–	196	169
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	1760	1444	–	183	133
Горошок посівний, 100	Без добрив (контроль)	685	–	275	224	186
	Гумігран	606	–	277	179	150
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	567	–	271	174	122
Тритикале яре, 50 + горошок посівний, 50	Без добрив (контроль)	1038	659	135	155	89
	Гумігран	1120	735	138	158	89
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	1261	871	139	139	112
Тритикале яре, 75 + горошок посівний, 25	Без добрив (контроль)	1172	816	71	174	111
	Гумігран	1297	962	71	164	100
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	1473	1158	71	154	90
Тритикале яре, 25 + горошок посівний, 75	Без добрив (контроль)	797	277	205	179	136
	Гумігран	920	428	209	165	118
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	945	490	198	151	106
НІР ₀₅ за факторами, пагонів/м ² :						
Травостій		78	45	10	12	11
Удобрення		65	41	7	9	8

Поміж тритикале-горошкових сумішей найбільшою щільністю травостою характеризувалась суміш із співвідношенням зазначених компонентів як 75:25 % з більшою кількістю пагонів тритикале ярого і найменшою – за співвідношення як 25:75 %, тобто з більшою кількістю горошку посівного. Внесення добрив

сприяло збільшенню сумарної щільності на всіх досліджуваних травостоях. Зокрема за внесення органічного добрива гуміграну вона збільшилась на 28-125 пагонів/м², а мінеральних добрив у дозах N₄₅P₄₅K₄₅ – на 148-208 пагонів на 1 м².

Слід відмітити, що в посіві тритикале ярого та його сумісних

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

посівах з горошком посівним більше було пагонів злакової культури. Кількість пагонів тритикале ярого коливалась у межах 277-1444 шт./м². Тим часом як кількість пагонів горошку посівного була в межах 71-277 шт./м², що в 3,9-5,2 рази менше ніж пагонів тритикале ярого.

Слід відмітити, що як в одновидовому, так і сумісних посівах з горошком посівним внесення добрив збільшувало кількість пагонів тритикале ярого. Зокрема за внесення органічного добрива гуміграну вона збільшилась на 94-146 пагонів/м², а мінеральних добрив у дозах N₄₅P₄₅K₄₅ – на 213-323 шт./м², що обумовлено посиленням кущіння злакової культури. На кількість пагонів горошку посівного добрива суттєво не впливали.

За вирощування досліджуваних агроценозів без застосування заходів боротьби з бур'янами, за підрахунку щільності посівів за появи повних сходів основних культур, досить значною була кількість пагонів дикорослих рослин. Зокрема кількість пагонів несіяних злаків коливалась у межах 139-222 шт./м², різнотрав'я – в межах 89-209 шт./м². Внесення добрив і, особливо мінеральних, сприяло зменшенню кількості пагонів дикорослих рослин, зокрема несіяних злаків на 28-139 а різнотрав'я – на 21-76 шт./м².

Поміж різнотрав'я у пригніченому стані найбільше зустрічались пагони (сходи) лободи білої, ромашки непахучої, грициків звичайних, деревію звичайного, зірочника середнього, а несіяних злаків – пирій повзучий, мишій та просо курине.

Слід відмітити, що закономірності, змін під впливом складу травостоїв та удобрення мало відрізнялись за роками і від середніх показників.

Проте, найбільшою кількістю пагонів як загальної їх кількості так і всіх висіяних культур і несіяних злаків і різнотрав'я була у 2021 р., коли були сприятливі умови за зволоження для росту і розвитку рослин.

Важливим показником, від якого, в певній мірі, залежить щільність травостою в розрахунку на одиницю площі і в кінцевому підсумку кормова продуктивність є метамерний ріст пагонів, яка умовно є кущистість рослин. У наших дослідженнях ми проаналізували зміни цього показника і встановили, що залежно від досліджуваних факторів в середньому за 2020-2022 рр. коливалась у межах від 2,42 до 4,34 пагонів/рослину і фактично була в межах від 2 до 5 пагонів/рослину (табл. 3).

3. Кущистість тритикале ярого в одновидовому посіві та сумішах з горошком посівним з різним співвідношенням компонентів залежно від удобрення, пагонів/рослину (2020-2022 рр.)

Культура і норма висівання насіння, % від повної	Удобрення	2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середнє за 2019-2021 рр.
Тритикале яре, 100	Без добрив (контроль)	2,39	2,64	2,44	2,49
	Гумігран	2,62	2,85	2,63	2,70
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	3,12	3,44	3,07	3,21
Тритикале яре, 50 + горошок посівний, 50	Без добрив (контроль)	2,87	3,02	2,90	2,93
	Гумігран	3,13	3,36	3,31	3,27
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	3,74	3,96	3,90	3,87
Тритикале яре, 75 + горошок посівний, 25	Без добрив (контроль)	2,39	2,48	2,39	2,42
	Гумігран	2,77	2,91	2,88	2,85
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	3,30	3,64	3,37	3,44
Тритикале яре, 25 + горошок посівний, 75	Без добрив (контроль)	3,21	3,21	3,32	3,24
	Гумігран	3,64	3,99	3,74	3,79
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	4,14	4,50	4,36	4,34
НІР ₀₅ за факторами, пагонів/рослину:					
Травостій		0,11	0,12	0,11	0,11
Удобрення		0,10	0,11	0,10	0,10

Найменшим цей показник був в одновидовому посіві без внесення добрив. Висівання тритикале ярого в сумісних посівах з горошком посівним, завдяки дії симбіотичного азоту бобового компонента, на всіх агрофонах посилювало метамерний ріст. Незалежно від агрофону за сівби тритикале ярого з горошком посівним у співвідношенні цих компонентів травосуміші як 50:50 % кущистість збільшилась на 0,51-0,66 пагонів/рослину, як 75:25 – на 0,05-0,23 і як 25-75 – на 0,80-1,13. Отже найбільше збільшення кущистості тритикале ярого відбулось у суміші з горошком посівним за

співвідношення компонентів відповідно як 25:75, де найбільше було бобового компонента і найбільше діяв симбіотичний азот.

Також незалежно від наявності бобового компонента, тобто як в одновидовому травостої так і сумішах, добрива, завдяки наявним у них поживним елементам також посилювали метамерний ріст тритикале ярого. Зокрема внесення органічного добрива гумігран збільшувало кущистість на 0,28-0,55 пагонів/рослину, а за внесення N₄₅P₄₅K₄₅ – на 0,79-1,10 пагонів/рослину. Отже, більше зростання кущистості спостерігалось

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

від внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ ніж від внесення органічного добрива гумігран.

Закономірності, які спостерігались із кущистістю в середньому за роки досліджень були такими ж і за кожний рік. Найбільшою вона була у 2021 р. і залежно від досліджуваних факторів коливалась у межах 2,48-4,50 пагонів/рослину, що на 0,09-0,37 пагонів/рослину менше порівняно з 2020 і 2022 р., що обумовлено кращими погодними умовами.

В усі роки найменшим цей показник був в одновидовому посіві без внесення добрив. Також в усі роки висівання тритикале ярого в сумісних посівах з горошком посівним, завдяки дії симбіотичного азоту бобового компонента, на всіх агрофонах посилювало метамерний ріст. Незалежно від агрофону за сівби тритикале ярого з горошком посівним у співвідношенні цих компонентів травосуміші як 50:50 % кущистість збільшилась на 0,42-0,83 пагонів/рослину, як 75:25 – на 0,00-0,30 і як 25-75 – на 0,73-1,29. Отже найбільше збільшення кущистості тритикале ярого відбулось у суміші з горошком посівним за співвідношення компонентів відповідно як 25:75, де найбільше було бобового компонента і найбільше діяв симбіотичний азот.

Також в усі роки незалежно від наявності бобового компонента, тобто як в одновидовому травостої

так і сумішах, добрива, завдяки наявним у них поживним елементам посилювали метамерний ріст тритикале ярого. Зокрема внесення органічного добрива гумігран збільшувало кущистість в меншій мірі ніж внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$.

У формуванні продуктивності та кормової цінності будь якого кормового агрофітоценозу важливе значення має його ботанічний склад, який в свою чергу, зумовлюється метеорологічними та ґрунтовими умовами, віком травостою, режимами використання та удобренням тощо. За внесення добрив, поряд із збільшенням продуктивності спостерігається конкуренція між окремими видами рослин за елементи мінерального живлення, що призводить до збіднення видового складу рослинних угруповань. Азотні добрива, збільшуючи частку злакових в ценозі, знижують вміст в ньому бобового компонента [Ярмолюк М.Т., Благута В.В., 1989]. В одновидових посівах бобових зменшується їх стійкість та частка у травостоях, їх місце займають дикорослі злаки та різнотрав'я [21].

За нашими даними з вивчення ботанічного складу урожаю біомаси досліджуваних кормових агрофітоценозів у середньому за 2020-2022 рр. (табл. 4) як в одновидових посівах тритикале ярого і горошку посівного та їх травосумішах у різних співвідношеннях компонентів

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

домінували висіяні види. На різних фонах удобрення в одновидових посівах частка тритикале ярого коливалась у межах 87-92 %, а горошку посівного – в межах 85-87 %.

Слід відмітити, що за внесення добрив в одновидовому посіві частка

тритикале ярого збільшувалась в більшій мірі за внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ (на 5 %) ніж за внесення органічного добрива гумі гран (на 3 %). Тим часом як частка горошку посівного від добрив від добрив суттєво і закономірно не змінювалась.

4. Ботанічний склад агрофітоценозів з сумісних посівів тритикале ярого з горошком посівним залежно від співвідношення компонентів і удобрення, % (середнє за 2019-2021 рр.)

Культура і норма висівання насіння, % від повної	Удобрення	Горошок посівний	Злаки			Різнострав'я
			усього	тритика- ле яре	несіяні злаки	
Тритикале яре, 100	Без добрив (контроль)	–	94	87	7	6
	Гумігран	–	96	90	6	4
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	–	97	92	5	3
Горошок посівний, 100	Без добрив (контроль)	85	8	–	8	7
	Гумігран	87	8	–	8	5
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	86	8	–	8	6
Тритикале яре, 50 + горошок посівний, 50	Без добрив (контроль)	41	54	47	7	5
	Гумігран	42	54	48	6	4
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	43	54	49	5	4
Тритикале яре, 75 + горошок посівний, 25	Без добрив (контроль)	26	69	63	6	5
	Гумігран	25	70	64	6	5
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	24	72	67	5	4
Тритикале яре, 25 + горошок посівний, 75	Без добрив (контроль)	59	37	32	5	4
	Гумігран	59	37	32	5	4
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	56	40	35	5	4
НІР ₀₅ за факторами, %:						
Травостій		3		3		
Удобрення		2		2		

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

В сумісних посівах тритикале ярого з горошком посівним частка кожного з названих компонентів в урожаї залежала від їх співвідношення при сівбі травосумішей. Із збільшенням частки якогось компонента при сівбі в травосуміші, збільшувалась також частка цього ж компонента в урожаї біомаси. Незалежно від агрофону за сівби тритикале ярого з горошком посівним у співвідношенні цих компонентів травосуміші як 50:50 % частка обох компонентів була приблизно однаковою, зокрема частка першого злакового компонента була в межах 47-49 % і другого (бобового) – 41-43 %.

За співвідношення компонентів у суміші при сівбі як 75:25 частка першого компонента (тритикале ярого) була більшою і становила 63-67 %, тим часом як другого, а саме горошку посівного – на рівні 24-26 %. За співвідношення зазначених компонентів як 25:75 %, навпаки – частка першого компонента (тритикале ярого) була меншою і коливалась у межах 32-35 %, а другого (горошку посівного) більшою з параметрами 56-59 %. Добрива, в більшості випадків на частку компонентів суттєво не впливали, за виключенням сумісного посіву із співвідношенням тритикале ярого до горошку посівного як 75:25, де частка першого компонента збільшилась від 63 до 67 % за внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Аналіз ботанічного складу досліджуваних травостоїв показав, що помітну частку в урожаї займали несіяні дикорослі трави. Зокрема, частка несіяних злаків коливалась у межах 5-8 %, а різнотрав'я – в межах 3-7 %. Внесення добрив та співвідношення компонентів на частку в урожаї несіяних злаків і різнотрав'я закономірно не змінювалась. Дещо більшою кількістю несіяних злаків була в урожаї одновидового посіву горошку посівного.

Поміж різнотрав'я в урожаї кормової біомаси найбільше було лободи білої, ромашки непахучої, грициків звичайних, деревію звичайного, зірочника середнього, а поміж несіяних злаків – пирію повзучого, мишію сизого та проса куриноного.

Аналіз даних ботанічного складу кормової біомаси досліджуваних агроценозів за роками показав, що він суттєво не відрізнявся від середніх показників. Тенденційно у більшості випадків на 1-2 % більшою частка висіяних культур була у 2021 р. ніж у 2020 і 2022 рр., що обумовлено кращими погодними умовами у весняний період у цей рік.

Важливим показником, який свідчить про готовність чи оптимальний агротехнічний термін пасовищного чи сінокісного використання кормового травостою є лінійний ріст рослин, зокрема їх висота. Включення бобових трав, як джерела симбіотичного азоту, до

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

травосумішей підвищує лінійний ріст злакових компонентів. Поряд з цим внесення азотних добрив суттєво підвищує лінійний ріст злаків і мало впливає на цей показник у бобових трав, у тому числі й однорічних культур таких як горошок посівний [8].

За нашими даними (табл. 5), залежно від типу травостою та

варіантів удобрення, висота основних домінуючих видів в одновидових посівах та травосумішах з різним співвідношенням компонентів у середньому за 2020-2022 рр. була в межах 87-104 см. Як в одновидових посівах (на 5-7 см), так і травосумішах (на 7-11 см) вищими були рослини тритикале ярого ніж горошку посівного.

5. Лінійний ріст компонентів у сумісних посівах тритикале ярого з горошком посівним за роками перед скошуванням травостою, см (2020-2022 рр.)

Культура і норма висівання насіння, % від повної	Удобрення	Тритикале яре				Горошок посівний			
		Роки			се-ред-не	Роки			се-ред-не
		2020	2021	2022		2020	2021	2022	
Тритикале яре, 100	Без добрив (контроль)	90	95	91	92	–	–	–	–
	Гумігран	92	96	93	94	–	–	–	–
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	95	100	96	97	–	–	–	–
Горошок посівний, 100	Без добрив (контроль)	–	–	–	–	85	89	86	87
	Гумігран	–	–	–	–	87	90	88	89
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	–	–	–	–	88	91	89	90
Тритикале яре, 50 + горошок посівний, 50	Без добрив (контроль)	95	99	96	97	88	93	88	90
	Гумігран	97	101	98	99	90	94	91	92
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	99	105	102	102	91	95	93	93
Тритикале яре, 75 + горошок посівний, 25	Без добрив (контроль)	93	97	93	94	87	91	88	87
	Гумігран	94	98	95	95	88	92	89	90
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	97	103	101	100	89	94	89	91
Тритикале яре, 25 + горошок посівний, 75	Без добрив (контроль)	98	101	99	99	86	90	87	88
	Гумігран	101	104	98	101	88	92	89	90
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	103	107	102	104	91	96	94	94
N ₁₀ P ₀₅ за факторами, пагонів/м ² :									
Травостій		5	5	5	5	4	4	4	4
Удобрення		4	4	4	4	3	3	3	3

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

Включення до складу травосумішей бобового компонента, зокрема горошку посівного, завдяки дії симбіотичного азоту, на однакових агрофонах підвищувало лінійний ріст тритикале ярого на 5-7 см, що в кінцевому підсумку позитивно впливає й на продуктивність агроценозів.

Помітно на лінійний ріст впливали й добрива, збільшуючи висоту досліджуваних культур і, особливо у травосумішах. В більшій мірі це було помітно на рослинах тритикале яре, висота яких за внесення органічного добрива гумігран, як в одновидовому посіві, так і сумішах збільшилась на 2-4 см, а за внесення мінерального удобрення у дозах $N_{45}P_{45}K_{45}$ – на 5-6 см.

Подібні зміни з лінійним ростом залежно від досліджуваних факторів, які відбувались за усереднення даним спостерігались і в кожному році досліджень, коли висота тритикале ярого та горошку посівного коливалась у ширших межах (85-107 см). Найвищими рослини як тритикае ярого, так і горошку посівного були у найбільш сприятливому за погодними умовами весняному періоду 2021 р., коли висота цих рослин була на 2-5 см більшою ніж у 2020 і 2022 рр. Як в одновидових посівах (на 5-9 см), так і травосумішах (на 4-11 см) вищими були рослини тритикале ярого ніж горошку посівного. Включення до складу травосумішей бобового компонента, зокрема горошку

посівного, завдяки дії симбіотичного азоту, на однакових агрофонах підвищувало лінійний ріст тритикале ярого на 4-8 см, що в кінцевому підсумку позитивно впливало й на продуктивність агроценозів.

Помітно на лінійний ріст впливали й добрива, збільшуючи висоту досліджуваних культур і, особливо у травосумішах. В більшій мірі це було помітно на рослинах тритикале яре, висота яких за внесення органічного добрива гумігран, як в одновидовому посіві, так і сумішах збільшилась на 1-4 см, а за внесення мінерального удобрення у дозах $N_{45}P_{45}K_{45}$ – на 4-8 см.

З наукової і, особливо практичної точки зору важливо знати особливості лінійного росту компонентів тритикале ярого і горошку посівного в одновидових і сумісних їх посівах за фазами вегетації при формуванні урожаю кормової біомаси. Аналіз наших досліджень з цих питань, які наведено в таблиці 6, показав, що на всіх досліджуваних травостоях збільшення висоти відбувалось до масового цвітіння досліджуваних культур, після чого спостерігалось несуттєве зростання (лише на 1 см за 10 днів), що наглядно видно на одновидовому посіві тритикале ярого. У тритикале ярого за період від кінця кушіння до молочної стиглості в середньому за 2020-2022 рр. висота збільшилась від 16 до 92 см в одновидовому посіві і від 18 до 99 см – у суміші з горошком посівним у

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

співвідношенні цих компонентів відповідно як 25:75 %. Отже, як в одновидових так і сумісному посівах в усі фази вегетації на 1-9 см вищими були рослини тритикале ярого, ніж горошку посівного.

Найбільш інтенсивний лінійний ріст тритикале ярого в середньому за роки досліджень спостерігався у період від фази трубкування до кінця колосіння (від 10 травня до 10 червня) з середньодобовим приростом 2-3 см.

Тим часом як у горошка посівного збільшення висоти було більш-менш вирівняним і розтягнутим протягом всього періоду спостережень, хоч і був період від пагоноутворення до початку бутонізації, коли середньодобовий приріст висоти був найбільшим і становив 2 см. В усі фази вегетації на 2-7 см більшим лінійний ріст був у сумісному посіві тритиле ярого з горошком посівним ніж в одновидовому посіві.

6. Динаміка лінійного росту компонентів тритикале ярого і горошку посівного в одновидових і сумісному посівах при формуванні урожаю кормової біомаси за роками, см (2020-2022 рр.)

Культура і норма висівання насіння, % від повної	Фаза вегетації	Тритикале яре				Горошок посівний			
		роки			се-ред-не	Роки			се-ред-не
		2020	2021	2022		2020	2021	2022	
Тритикале яре, 100	Кінець кушіння	15	18	16	16/1	–	–	–	–
	Трубкування	39	43	40	41/3	–	–	–	–
	Початок колосіння	66	69	67	67/3	–	–	–	–
	Кінець колосіння	80	84	81	82/2	–	–	–	–
	Цвітіння	89	94	90	91/1	–	–	–	–
	Молочна стиглість	90	95	91	92/–	–	–	–	–
Горошок посівний, 100	Пагоноутворення	–	–	–	–	13	17	14	15/1
	Початок гілкування	–	–	–	–	30	35	31	32/2
	Гілкування	–	–	–	–	54	58	52	55/2
	Початок бутонізації	–	–	–	–	70	74	71	72/2
	Кінець бутонізації	–	–	–	–	80	84	81	82/1
	Цвітіння	–	–	–	–	85	89	86	87/1
Тритикале яре, 25 + горошок посівний, 75	Пагоноутворення	17	20	18	18/1	14	18	15	16/1
	Початок гілкування	43	47	45	45/3	36	41	37	38/2
	Гілкування	71	74	72	72/3	58	62	58	59/2
	Початок бутонізації	87	91	87	88/2	71	75	72	73/1
	Кінець бутонізації	97	100	98	98/1	81	84	81	82/1
	Цвітіння	98	101	99	99/–	86	90	87	88/1
НІР ₀₅ , см за факторами:									
Травостій		3	4	3	3	2	3	2	2
Фаза вегетації		4	5	4	4	3	4	3	3
Примітка 1. У знаменнику наведено добовий приріст лінійного росту, см.									
Примітка 2. Дослідження проведено у варіанті без внесення добрив.									

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

У горошку посівного за період від пагоноутворення до масового цвітіння в середньому за 2020-2022 рр. висота збільшилась від 15 до 87 см в одновидовому посіві і від 16 до 88 см – у суміші з тритикале ярим у співвідношенні цих компонентів відповідно як 25:75 %. Отже, як в одновидових так і сумісному посівах в усі фази вегетації на 1-9 см вищими були рослини тритикале ярого, ніж горошку посівного.

Через кращі погодні умови в усі фази вегетації найбільшою висота досліджуваних культур (на 2-5 см) була в 2021 р. ніж у 2020 і 2022 рр.

На якість трав'яних кормів суттєво впливає частка листя в урожаї біомаси. Параметри цього показника занесені навіть до ДСТУ 4674:2006 з метою оцінки придатності біомаси для виготовлення певного класу сіна [22]. Тому дуже важливо знати динаміку частки листя в урожаї тритикале ярого і горошку посівного в одновидових і сумісних їх посівах за фазами вегетації при формуванні урожаю кормової біомаси. Аналіз наших досліджень з цих питань, які наведено в таблиці 7, показав, що на всіх досліджуваних травостоях зменшення частки листя відбувалось до масового цвітіння горошку посівного і молочної стиглості тритикале ярого. В одновидовому посіві тритикале ярого за період від кінця кушіння до молочної стиглості в середньому за 2020-2022 рр. частка

листя зменшилась від 95 до 28 %, в одновидовому посіві горошка посівного за період від пагоноутворення до масового цвітіння – від 91 до 34 % і в суміші тритикале ярого з горошком посівним у співвідношенні цих компонентів відповідно як 25:75 % за період від пагоноутворення до масового цвітіння домінуючого в агроценозі горошку посівного – від 93 до 34 %.

Помітно меншими було середньодобове зменшення частки листя в міру старіння травостою за зазначений вище період, а саме за 50 днів, було в горошка посівного (1,1 %/добу) ніж у тритикале ярого (1,3 %/добу). Суміш тритикале ярого з горошком посівним за середньодобовим зменшенням частки листя в міру старіння травостою за 50 днів займала проміжне положення (1,2%/добу).

Найбільш інтенсивними темпами зменшення частки листя досліджуваних травостоїв відбувалось у період найінтенсивнішого їх росту. Найбільш інтенсивними темпами зменшення частки листя в урожаї біомаси тритикале ярого в середньому за роки досліджень відбувалось у період від фази кінця кушіння до кінця колосіння (від 10 травня до 10 червня) з середньодобовим зменшенням у проміжку в 10 днів 1,3-2,7 %/добу.

7. Динаміка частки листя за вирощування тритикале ярого і горошку посівного в одновидових і сумісному посівах при формуванні урожаю кормової біомаси за роками, % (2020-2022 рр.)

Культура і норма висівання насіння, % від повної	Фаза вегетації домінанта	Роки			
		2020	2021	2022	Середнє
Тритикале яре, 100	Кінець кущіння	94	98	93	95/–
	Трубкування	77	82	79	79/1,6
	Початок колосіння	50	55	51	52/2,7
	Кінець колосіння	37	42	38	39/1,3
	Цвітіння	31	35	32	33/0,6
	Молочна стиглість	27	31	26	28/0,5
Горошок посівний, 100	Пагоноутворення	90	93	91	91/–
	Початок гілкування	78	81	79	79/1,2
	Гілкування	57	60	58	58/2,1
	Початок бутонізації	45	48	47	47/1,1
	Кінець бутонізації	36	39	38	38/0,9
	Цвітіння	40	43	41	41/0,3
Тритикале яре, 25 + горошок посівний, 75	Пагоноутворення	92	95	91	93/–
	Початок гілкування	79	82	78	80/1,3
	Гілкування	57	60	55	57/2,3
	Початок бутонізації	45	47	43	45/1,2
	Кінець бутонізації	41	34	39	38/0,8
	Цвітіння	33	35	34	34/0,4
НІР ₀₅ , % за факторами:					
Травостій		3	4	3	3
фаза вегетації		4	5	4	4
Примітка 1. У знаменнику наведено добове зменшення частки листя, %.					
Примітка 2. Дослідження проведено у варіанті без внесення добрив.					

У горошку посівного період найінтенсивнішого зменшення частки листя в урожаї був більш тривалим, а саме від фази пагоноутворення до кінця фази бутонізації з параметрами 0,9-2,1 %/добу. У тритикале-горошкській суміші з домінуванням горошку посівного найбільш інтенсивними темпами середньодобове зменшення частки листя відбувалось у той самий період, як й в одновидовому посіві горошку посівного з параметрами 0,8-2,3

%/добу. Отже, швидшими темпами середньодобове зменшення частки листя в урожаї відбувається в тритикалевому травостої ніж в травотої з горошку посівного.

Закономірності щодо зменшення частки листя в урожаї при проходженні фаз вегетації, тобто в міру старіння рослин, які спостерігались в середньому за роки досліджень були і в кожному році. Слід відмітити, що в усі строки на одну і ту ж дату відбирання рослинних

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

зразків, на 1-5 % вищою частка листя була у сприятливому для росту і розвитку рослин 2021 р. ніж у 2020 і 2022 рр.

Відомо, що продуктивність ценозів тісно пов'язана з індексом листкової поверхні, її оптичними й біологічними якостями, яка поступово наростаючи і поступово зменшуючись максимальних значень досягає в фазу колосіння домінуючих злаків і бутонізації бобових.

За нашими даними наростання площі листкової поверхні (табл. 8) у

8. Динаміка площі листкової поверхні за вирощування тритикале ярого і горошку посівного в одновидових і сумісному посівах при формуванні урожаю кормової біомаси за роками, тис.м²/га (2020-2022 рр.)

Культура і норма висівання насіння, % від повної	Фаза вегетації домінанта	Роки			
		2020	2021	2022	Середнє
Тритикале яре, 100	Кінець кушіння	13,3	15,1	14,4	14,3
	Трубкування	33,6	35,5	34,8	34,6
	Початок колосіння	40,3	42,8	41,5	41,5
	Кінець колосіння	39,6	41,7	40,6	40,6
	Цвітіння	36,9	38,9	37,8	37,9
	Молочна стиглість	33,6	35,8	34,7	34,7
Горошок посівний, 100	Пагоноутворення	9,2	10,8	10,1	10,0
	Початок гілкування	24,0	25,9	25,2	25,0
	Гілкування	35,5	37,2	36,3	36,3
	Початок бутонізації	38,4	40,3	39,5	39,4
	Кінець бутонізації	40,7	42,7	41,9	41,8
	Цвітіння	39,5	41,5	40,6	40,5
Тритикале яре, 25 + горошок посівний, 75	Пагоноутворення	11,9	14,7	13,9	13,5
	Початок гілкування	31,1	33,4	32,6	32,4
	Гілкування	39,6	41,5	40,7	40,6
	Початок бутонізації	39,0	41,9	41,3	40,7
	Кінець бутонізації	38,0	40,3	39,2	39,2
	Цвітіння	35,9	37,5	36,9	36,8
НІР ₀₅ , тис.м ² /га за факторами:					
Травостій		1,1	1,3	1,2	1,2
фаза вегетації		1,3	1,6	1,4	1,4
Примітка 2. Дослідження проведено у варіанті без внесення добрив.					

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

У горошка посівного період наростання листкової поверхні був більш розтягнутим порівняно з тритикале ярим. У цієї бобової культури наростання площі листкової поверхні в середньому за 2020-2022 рр. з параметрами від 10,0 до 41,8 тис.м²/га відбувалось у період від пагоноутворення аж до кінця бутонізації. Незначне зменшення площі листкової поверхні відбулось у період від кінця бутонізації до фази цвітіння (від 41,8 до 40,5 тис.м²/га).

У тритикале-горошкській суміші з домінуванням горошку посівного наростання площі листкової поверхні в середньому за 2020-2022 рр. було подібним з горошком посівним, було також більш розтягнутим порівняно з тритикале ярим. Наростання відбувалось від фази пагоноутворення до початку бутонізації з показниками від 13,5 до 40,7 тис.м²/га. Незначне зменшення площі листкової поверхні (від 40,7 до 39,5 тис.м²/га) відбулось у період від початку бутонізації до кінця бутонізації. А з кінця бутонізації до фази цвітіння це зменшення було суттєвим (від 39,2 до 36,8 тис.м²/га).

Закономірності щодо змін площі листкової поверхні при проходженні фаз вегетації, тобто в міру старіння рослин, які спостерігались в середньому за роки досліджень були і в кожному році. Слід відмітити, що в усі строки на одну і ту ж дату відбирання рослинних зразків, на 0,6-2,9 тис.м²/га більшою площа

листової поверхні була в сприятливому для росту і розвитку рослин 2021 р. ніж у 2020 і 2022 рр.

Висновки. Кормові агрофітоценози тритикале ярого і горошку посівного в одновидових і сумісних посівах формуються із щільністю 567-1760 пагонів на 1 м², кущистістю тритикале 2-5 пагонів на рослину та висотою 87-104 см. Щільнішим є одновидовий посів тритикале ярого та його суміш з горошком посівним у співвідношенні як 75:25 % люцерно-злакові і злаковий травостої. Більшою висотою характеризується тритикале яре ніж горошок посівний. Внесення добрив і, в більшій мірі, N₄₅P₄₅K₄₅ ніж 250 кг/га органічного добрива гумігран, внесених у передпосівну культивуацію як і симбіотичний азот горошку посівного в бінарній суміші збільшує висоту тритикале ярого на 5-6 см, а кущистість на 1 пагін/рослину, а за поєданого їх застосування – відповідно на 10-11 см і 2 пагони/рослину. Із збільшенням кількості горошку посівного у травосуміші збільшується лінійний і метамерний ріст тритикале ярого.

В одновидових посівах тритикале ярого і горошку посівного та їх травосумішах у різних співвідношеннях компонентів домінують висіяні види. На різних фонах удобрення в одновидових посівах частка тритикале ярого коливалась у межах 87-92 %, а горошку посівного – в межах 85-87 %.

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

У сумісних посівах тритикале ярого з горошком посівним частка кожного з названих компонентів в урожаї збільшується із збільшенням їх частки при сівбі в травосумішах. За співвідношення компонентів у сумішах при сівбі відповідно як 75:25 % частка горошку посівного в урожаї на різних фонах удобрення становить 24-26 %, а як 25:75 – 56-59 %. Частка несіяних злаків коливається в межах 5-8 %, а різнотрав'я – 4-7 %.

При формуванні урожаю кормової біомаси збільшення висоти рослин та зменшення частки листя у них за однаковий період досліджень відбувається у тритикале ярого до молочної стиглості, а в горошку посівного – до масового цвітіння. Найбільший середньодобовий приріст висоти (2-3 см) та середньодобове зменшення частки

листя (1,3-2,7 %) у тритикале ярого відбувається у період від трубкування до кінця колосіння, а в горошка посівного (відповідно 2 см і 1,1-2,3 %) – у період від пагоноутворення до початку бутонізації.

У трикале ярого наростання площі листової поверхні (від 14,3 до 41,5 тис.м²/га) відбувається у період від кінця кушіння до початку колосіння, в горошка посівного цей період більш розтягнутий і триває у період від пагоноутворення до кінця бутонізації, збільшуючись від 10,0 до 41,8 тис.м²/га. Далі, до кінця спостережень у тритикале ярого у фазі молочної стиглості площа листової поверхні різко зменшується на 6,8 тис.м²/га, а в горошка посівного – поступово в кінці цвітіння лише на 1,3 тис.м²/га.

Список використаних джерел

1. Дзюбайло А. Г., Марцінко Т. І., Головчук М. І. Формування продуктивності бобово-злакових травосумішей залежно від удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67. С. 39–53.

2. Ковтун К. П., Векленко Ю. А., Ящук В. А. Формування фітоценозу та продуктивності еспарцето-злакових травосумішок залежно від способів сівби та просторового розміщення видів в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С.112–120. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-11>.

3. Кургак В. Г., Карбівська У. М. Особливості формування бобово-злакових агрофітоценозів на дерново-підзолистих ґрунтах Прикарпаття України. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 121–133.

4. Influence of Agrotechnical Measures on the Quality of Feed of Legume-Grass Mixtures / U. M. Karbivska et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9 (4). P. 547–551. DOI: 10.15421/2019_788.

5. Effect of the cultivation of legumes on the dynamics of sod-podzolic soil fertility rate / U. M. Karbivska et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9 (3). P. 8–12. DOI: 10.15421/2019_702.

6. Вплив удобрення на врожайність бобово-злакового травостою та якість корму за докорінного поліпшення / М. В. Огороднік та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2013. Вип. 55, ч. II. С. 85–90.

7. Демидась Г. І., Пророченко С. С. Ботанічний склад та особливості формування люцерно-злакового травостою залежно від удобрення в умовах Правобережного Лісостепу. *Миронівський вісник*. 2018. № 7. С. 123–134.

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

8. Довідник по сіножатях і пасовищах / А. В. Боговін та ін. ; за ред. А. В. Боговіна. Київ : Урожай, 1990. 208 с.

9. Martsinko T. I., Dziubailo A. H., Karasevych N. V. Formation of sowed mixtures of meadow grasses under the influence of mineral fertilizer. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70 (2). С. 36–48. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-3) 30.

10. Influence of perennial legumes on the productivity of meadow phytocenoses / V. H. Kurhak et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10 (6). P. 310–315. DOI: 10.15421/2020_298.

11. Векленко Ю. А., Ковтун К. П., Безвугляк Л. І. Вплив способів просторового розміщення компонентів на формування бінарних люцерно-злакових травостоїв в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 171–177.

12. Динаміка ботанічного складу різночаснодосягаючих фітоценозів залежно від удобрення та режимів використання / К. П. Ковтун та ін. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гіщського*. 2009. Т. 11. С. 216–265.

13. Мельник М. І. Динаміка ботанічного складу ранньостиглих травостоїв. *Корми і кормовиробництво*. 2014. Вип. 78. С. 82–87.

14. Мойсієнко В. В. Наукові основи виробництва якісних кормів та ефективного використання лукопасовищних угідь в умовах Полісся України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 2 (50), т. 1. С. 269–278. (Серія – рослинництво, селекція та кормовиробництво).

15. Продуктивність культурного пастбища в залежності від продовжителності періодів відпочинку та рівня азотного удобрення / М. Т. Ярмолюк і др. *Корма і кормовиробництво*. 1989. Вып. 28. С. 51–55.

16. Кургак В.Г. Лучні агрофітоценози. К.: ДІА, 2010. 374 с.; іл.

17. Тоомре Р. И. Долголетние культурные пастбища. Москва: Колос, 1966. 400 с.

18. Козяр О. М. Формування листового апарату бобово-злаковими агрофітоценозами залежно від їх складу та рівня мінерального удобрення в умовах правобережного Лісостепу України. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2006. Вип. 102. С. 96–101.

19. Бабич А. О., Мащак Я. І. Підвищення продуктивності природних лук у Західному регіоні. *Вісник аграрної науки*. 1997. № 9. С. 33–36.

20. Бабич А.О. Методика проведення дослідів по кормовиробництву. Вінниця, 1994. 96 с.

21. Ярмолюк М. Т., Благута В. В., Любченко Л. М., Ярмолюк В. Т. Продуктивність культурного пастбища в залежності від продовжителності періодів відпочинку та рівня азотного удобрення. *Корма і кормовиробництво*. 1989. № 28. С. 51–55.

22. ДСТУ 4674:2006. Сіно. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 15 с.

References

1. Dziubailo A. H., Martsinko T. I., Holovchuk M. I. (2020). Formation of productivity of leguminous-cereal grass mixtures depending on fertilizer. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo I tvarynnytstvo*. Vol. 67. P. 39–53.

2. Kovtun K. P., Veklenko Yu. A., Yashchuk V. A. (2020) Formation of phytocenosis and productivity of esparceto-cereal grass mixtures depending on the methods of sowing and spatial placement of species in the conditions of the Pravoberezhny Forest Steppe. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2020. Vol. 89. P.112–120. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-11>

3. Kurhak V. H., Karbivska U. M. (2020) Peculiarities of the formation of leguminous and cereal agrophytocenoses on sod-podzolic soils of the Carpathian region of Ukraine. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. Vol. 89. P. 121–133.

4. Karbivska U. M., Butenko A. O., Masyk I. M., Kozhushko N. S., Dubovyk V. I., Kriuchko L. V., Onopriienko V. P., Onopriienko I. M., Khomenko L. M. (2019) Influence of Agrotechnical Measures on the

Демидась Г. І., Вейлер С. С.

Quality of Feed of Legume-Grass Mixtures. Ukrainian Journal of Ecology. Vol. 9 (4). P. 547–551. DOI: 10.15421/2019_788.

5. Karbivska U.M., Butenko A.O., Onychko V.I., Masyk I.M., Hlupak Z.I., Danylchenko O.M., Klochkova T.I., Ihnatieva O.L. (2019). Effect of the cultivation of legumes on the dynamics of sod-podzolic soil fertility rate. Ukrainian Journal of Ecology. Vol. 9 (3). P. 8–12. DOI: 10.15421/2019_702.

6. Ohorodnik M. V., Yarmoliuk M. T., Panakhyd H. Ya., Kotiash U. O. (2013) The effect of fertilizer on the yield of leguminous and cereal grass and the quality of fodder under root improvement. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo. Vol. 55 (II). P. 85–90.

7. Demydas H. I., Prorochenko S. S. (2018) Botanical composition and features of the formation of alfalfa-cereal herbage depending on fertilization in the conditions of the Right Bank Forest Steppe. Myronivskyi visnyk. Vol. 7. P. 123–134.

8. Bohovin A.V., Makarenko P. S., Kurhak V.H., Poiedynok V.Iu., Tolnach M.I. (1990) Guide to hayfields and pastures. Kyiv : Urozhai, 1990. 208 p.

9. Martsinko T. I., Dziubailo A. H., Karasevych N. V. (2021). Formation of sowed mixtures of meadow grasses under the influence of mineral fertilizer Vol. 70 (2). P. 36–

48. [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-3) 30.

10. Kurhak V.H., Panasyuk S.M., Asanishvili N.M., Slyusar I.T., Slyusar S.M., Shtakal M.I., Ptashnik M.M., Oksymets O.L., Tsymbal Ya.S., Kushchuk M.O., Gavrysh Ya.V., Kulyk R.M., Kudrya S.O. (2020) Influence of perennial legumes on the productivity of meadow phytocenoses Ukrainian Journal of Ecology. 10 (6). P. 310–315. DOI: 10.15421/2020_298.

11. Veklenko Yu. A., Kovtun K. P., Bezvuhliak L. I. (2015) The influence of methods of spatial placement of components on the formation of binary alfalfa-cereal grass stands in the conditions of the Pravoberezhny Forest Steppe. Kormy I kormovyrobnytstvo. Vol. 81. P. 171–177.

12. Kovtun K.P., Yashchuk T.S., Dutka H.P., Senyk I.I., Yashchuk T.V. (2009) The

dynamics of the botanical composition of phytocenoses reaching different times depending on the fertilizer and modes of use. Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhytskoho. Vol. 11. P. 216–265.

13. Melnyk M. I. (2014) Dynamics of the botanical composition of early-ripening grass stands]. Kormy i kormovyrobnytstvo. Vol. 78. P. 82–87.

14. Moisiienko V. V. (2015) Scientific basis of production of high-quality fodder and effective use of onion-pasture lands in the conditions of Polissia of Ukraine. Visnyk ZhNAEU. №2 (50), Vol. 1. P. 269–278.

15. Yarmoliuk M. T. (1989) Productivity of cultivated pasture depending on the duration of rest and the level of nitrogen nutrition. Kormy i kormovyrobnytstvo. Vol. 28. P. 51–55.

16. Kurhak V.H. (2010) Meadow agrophytocenoses. K.: DIA, 374 p.

17. Panakhyd H. Ya., Konyk H. S., Kotiash U. O. (2019) Formation of newestablished legume-grass meadow swards depending on different types of fertilizers. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo. Vyp. 65. S. 114–124. [https://doi.org/10.32636/01308521.2019-\(65\)-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2019-(65)-10).

18. Koziar O. M. (2006) Formuvannia lystkovoho aparatu bobovozlakovymy ahrofitotsenozamy zalezno vid yikh skladu ta rivnia mineralnogo udobrennia v umovakh pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [The formation of the leaf apparatus by legume-cereal agrophytocenoses depending on their composition and the level of mineral fertilizer in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho ahrarynnoho uni versytetu. Vol. 102. P. 96–101.

19. Babych A. O., Mashchak Ya. I. (1997) Increasing the productivity of natural meadows in the Western region. Visnyk ahrarynoi nauky. № 9. P. 33–36.

20. Babych A.O. (1994) Methods of conducting experiments on fodder production. Vinnytsia, 1994. 96 p.

21. Petrychenko V.F., Korniiichuk O.V., Veklenko Yu.A. (2020) Scientific bases of intensification of fodder production on meadows and pastures of Ukraine. Kormy i

CHARACTERISTICS OF THE FORMATION OF SINGLE-SPECIES AND COMPATIBLE FORAGE AGROPHYTOCOENOSES OF TRITICAL YARGO AND PEAS DEPENDING ON THE RATIO OF COMPONENTS AND FERTILIZER

G. I. Demydas, S. S. Weiler

Abstract. Goal. To determine the peculiarities of formation of agrophytocenoses of spring triticale and field pea in monospecies and compatible crops depending on the ratio of components and fertilizers. **Methods.** Field, laboratory, mathematical and statistical. **The results.** The results of studies on the features of formation of agrophytocenoses of spring triticale and field pea in single-species and compatible crops according to their density, botanical composition, linear growth, proportion of leaves and leaf surface area depending on the ratio of components and fertilizers, which were carried out annually during 2020-2022, are shown. on chernozem soils of the Right Bank Forest Steppe. **Conclusions.** Fodder agrophytocenoses of spring triticale and common pea in single-species and combined crops are formed with a density of 567-1760 shoots per 1 m², triticale bushiness of 2-5 shoots per plant and a height of 87-104 cm. Single-species sowing of spring triticale and its mixture with common pea are denser in the ratio of 75:25% alfalfa-cereal and cereal grass. Spring triticale is characterized by a greater height than field peas. Application of fertilizers and, to a greater extent, N₄₅P₄₅K₄₅ than 250 kg/ha of humigran organic fertilizer applied in pre-sowing cultivation as well as symbiotic nitrogen of seed pea in a binary mixture increases the height of spring triticale by 5-6 cm, and bushiness by 1 shoot/plant, and with their combined application - respectively on 10-11 cm and 2 shoots/plant. Linear and metamer growth of spring triticale increases with an increase in the number of seed peas in the grass mixture. In joint sowing of spring triticale with pea, the share of each of the named components in the harvest increases with the increase of their share when sowing in grass mixtures. In trikale spring, the increase in leaf surface area (from 14.3 to 41.5 thousand m²/ha) occurs in the period from the end of tillering to the beginning of earing, in pea this period is more extended and lasts from shoot formation to the end of budding, increasing from 10.0 to 41.8 thousand m²/ha.

Key words: botanical composition of agrophytocenoses, humigran, linear growth, mineral fertilizers, leaf surface area, proportion of leaves, density of grass stands

Діордієва І. П., Масловата С. А.

УДК: 663.11; 631.527.2; 664.661

ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ХЛІБОПЕКАРСЬКІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА ФОРМ ПШЕНИЦІ СТОВРЕНИХ ЗА ГІБРИДИЗАЦІЇ *TRITICUM AESTIVUM* L. × *TRITICUM SPELTA* L.

І. П. ДІОРДІЄВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-8534-5838>

E-mail: Diordieva201443@gmail.com

С. А. МАСЛОВАТА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-5725-0604>

E-mail: vstupidau@gmail.com

Уманський національний університет садівництва

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.004](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.004)

Анотація. Статтю присвячено аналізу технологічних і хлібопекарських властивостей зерна форм пшениці створених за гібридизації *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L. Усі дослідження з гібридизації вищезазначених видів, створення та добору зразків – об'єктів досліджень та аналізу технологічних властивостей і якісних показників пробного випікання хліба проводили в Уманському національному університеті садівництва.

У результаті проведених досліджень диференційовано зразки пшениці, створені за гібридизації *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L. за технологічними властивостями зерна. Виділено цінні генотипи, що характеризуються високими технологічними властивостями, зокрема, зразок пшениці м'якої 42 та зразки пшениці спельта 13, 40, 86, що істотно перевищують стандарт за вмістом білка і клейковини в зерні, силою борошна, твердістю зерна.

Встановлено, що загальна кулінарна оцінка хліба із борошна створених зразків була високою – 7,8–8,4 бали. Проте хліб із пшениці м'якої характеризувався кращою сукупністю якісних і кулінарних показників, зокрема, більшим об'ємом (940 см³) та вищою пористістю (75,1 %). Хліб із борошна зразків пшениці спельти мав нижчу рихлість тіста і пористість хліба, в результаті чого хліб був менший за об'ємом. Проте це не знижувало його кулінарних і смакових властивостей. Хліб мав чітко виражений аромат (7 балів) та смак (9 балів).

Ключові слова: пшениця м'яка, пшениця спельта, вміст білка, вміст клейковини, сила борошна, твердість зерна, якість хліба, кулінарна оцінка хліба

Актуальність. Якість зерна залежить від низки показників, що визначають біологічну цінність і технологічні властивості. Показники

якості зерна визначають діапазон його використання. Нині якість зерна слід розглядати з погляду харчової цінності, що залежить від вмісту та

Діордієва І. П., Масловата С. А.

якості білка та його технологічних і хлібопекарських властивостей [1, 2]. Технологічні властивості зерна пшениці мають вирішальне значення при переробці зерна пшениці в борошно та крупи. Саме тому дослідження залежностей їх зміни є актуальним і важливим завданням [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технологічні і хлібопекарські властивості зерна пшениці залежать від біологічних особливостей сорту, ґрунтово-кліматичних умов регіону, агротехнології вирощування, методів збирання і переробки зерна [5]. Суттєвий вплив на формування технологічних властивостей зерна пшениці мають генетичні особливості сорту, що визначають потенційну здатність рослин продукувати зерно із певними якісними характеристиками [6, 7]. В той же час вміст поживних речовин в зернівках одного і того ж сорту може варіювати в широкому діапазоні залежно від погодних умов в період вегетації [8].

Умовно показники якості зерна поділяють на три групи: фізичні, біохімічні, технологічні. Біохімічні показники характеризують харчову цінність зерна, фізичні – визначають крупність, вирівняність, колір і запах зерна [9]. До технологічних належать такі показники якості пшениці, що забезпечують отримання високого, пористого і м'якого хліба з однорідною структурою м'якуша,

специфічним ароматом, приємним на смак і колір [10]. До них належать: вміст «сирої» клейковини та її якість, вміст білка, сила борошна, показник седиментації (індекс Зелені), твердість і вологість зерна та інші показники, що визначають хлібопекарські властивості борошна.

В Уманському НУС проведено низку досліджень з гібридизації пшениці м'якої озимої та пшениці спельта озимої, що дало можливість із отриманого різноманіття селекційних матеріалів сформувати колекцію зразків, що є унікальними за морфологічними, біологічними та біохімічними характеристиками. Вони є джерелом цінної генетичної плазми для поліпшення існуючих та створення нових сортів пшениці. **Метою** досліджень було провести аналіз технологічних і хлібопекарських властивостей зерна у створених зразків з метою їх систематизації і виділення цінних генотипів.

Матеріали і методи досліджень. Усі дослідження з гібридизації вищезазначених видів *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L., створення та добору зразків – об'єктів досліджень та аналізу технологічних властивостей і якісних показників пробного випікання хліба проводили в Уманському національному університеті садівництва. Всі створені в результаті гібридизації матеріали за урахування загального габітусу рослин і

Діордієва І. П., Масловата С. А.

морфологічної будови колосу було розділено на пшениці м'які, пшениці спельти та проміжні (спельтоподібні) форми. Об'єктом досліджень були 29 зразків, з них 15 – пшениця м'яка, 14 – пшениця спельта. Стандартом для зразків пшениці м'якої виступав сорт Подолянка, для зразків спельти – сорт Зоря України.

Технологічні властивості зерна визначали методом інфрачервоної спектроскопії [13] за використання приладу Infratec™ Nova. Ранжування зразків за силою борошна проводили за шкалою: ≥ 500 о.а. – відмінний поліпшувач, 400–500 о.а. – добрий поліпшувач, 280–400 о.а. – задовільний поліпшувач, 260–280 о.а. – цінна пшениця, 240–260 о.а. – добрий філер, 180–240 о.а. – задовільним філер, ≤ 180 о.а. – слабка пшениця. За твердістю зерна зразки пшениці поділяли на 3 категорії: ≥ 60 одиниць приладу – твердозерний тип, 54–60 од.п. – середньотвердозерний тип, ≤ 54 од.п. – м'якозерний тип.

Випічку хліба проводили за удосконаленою методикою [14] рецептура якої включає борошно пшеничне 100 г, дріжджі сухі 3 г, сіль кухонна 1,5 г, вода питна 55–60 г. У дослідженнях використовували загальноприйняті методи дослідження якості та кулінарних властивостей хліба з борошна пшениці.

Експериментальні дані аналізували статистично з використанням програми Microsoft

Excel 2010 за методикою В. О. Єщенка за співавторами [15].

Результати досліджень та їх обговорення. Найважливішим показником якості зерна є хлібопекарські властивості виготовленого з нього борошна. Провідна роль у визначенні хлібопекарської якості борошна належить білкам, вміст яких у зерні пшениці залежить від сорту та умов вирощування культури і становить у середньому 9,0–15,0 % [10–12]. Близько 80–85 % загального вмісту білка в зерні — це білки клейковини, що впливають на такі важливі якості тіста, як в'язкість, розтяжність, еластичність і пружність [16].

Нашими дослідженнями встановлено, що вміст білка у створених форм пшениці м'якої озимої коливався в межах 13,2–16,1 %, клейковини 24,5–32,4 % (табл. 1). Істотне збільшення цих показників відносно стандарту зафіксовано у зразків 42, 242, 268, 302 та 370.

Створені форми пшениці спельта озимої характеризувались вищими показниками вмісту білка та клейковини. У них вміст білка в середньому за 2021–2022 рр. становив 14,1–25,8 %, клейковини – 30,1–54,7 % (табл. 2). Шість зразків достовірно перевищували стандарт за цими показниками, зокрема, 13 (вміст білка – 25,8 %, клейковини 54,7 %), 40 (вміст білка – 18,6 %, клейковини 38,2%), 86 (вміст білка – 19,6 %,

Діордієва І. П., Масловата С. А.

клейковини 45,2 %), 155 (вміст білка – 18,1 %, клейковини 38,1 %), 1786 (вміст білка – 19,4 %, клейковини 40,6 %), 1817 (вміст білка – 21,5 %, клейковини 44,5 %).

Харчова цінність зерна визначається особливостями біохімічного складу: вмістом вуглеводів, білків, ліпідів, мінеральних елементів і вітамінів. Приблизно дві третини маси зернівки

пшениці становлять вуглеводи, представлені переважно крохмалем [16]. Основна функція крохмалю в рослинах поживна (запасна). Для людини він є енергетичним матеріалом. В ендоспермі пшениці крохмаль присутній у вигляді внутрішньоклітинних гранул різних розмірів і форм, залежно від виду зернової культури.

1. Технологічні властивості форм пшениці м'якої озимої, 2021–2022 рр.

Селекційний матеріал	Вміст білка, %	Вміст клейковини, %	Вміст крохмалю, %	Седиментація за методом Зелені, мл	Сила борошна, о.а.	Твердість зерна	Вологість зерна, %
Подільянка (St)	14,5	29,8	55,9	45,2	297	46,0	13,3
42	17,1	35,1	54,2	60,1	370	52,6	12,9
138	14,5	30,9	56,3	46,5	283	27,6	13,9
161	13,8	28,3	57,0	39,0	271	21,3	13,6
169	13,6	28,3	56,8	33,4	247	21,8	14,0
242	14,9	31,2	55,1	57,2	304	49,6	13,9
268	16,0	32,5	54,8	56,4	330	50,2	13,7
302	16,1	32,4	54,7	60,3	331	43,7	13,5
313	14,5	27,9	55,6	42,6	291	43,3	14,0
330	13,8	28,1	56,5	39,5	293	44,6	13,7
340	13,2	24,5	57,5	33,7	238	17,2	13,8
370	15,3	32,3	54,6	49,9	304	44,6	14,0
3872	13,6	29,7	56,5	38,1	316	71,2	12,1
4075	13,2	27,1	56,6	40,1	294	66,5	12,2
6274	13,5	27,1	56,4	41,2	284	71,5	12,1
6750	14,2	31,3	56,4	40,2	299	64,7	12,1
<i>НІР₀₁</i>	<i>0,01</i>	<i>0,03</i>	<i>0,06</i>	<i>0,05</i>	<i>0,30</i>	<i>0,05</i>	<i>0,01</i>

Розміри і співвідношення різних фракцій крохмальних зерен та їх зв'язок з білками визначають технологічні властивості –

бубнявіння, тривалість варіння, розварюваність [16, 17]. У наших дослідженнях вміст крохмалю у зразків пшениці м'якої озимої

Діордієва І. П., Масловата С. А.

становив 54,6–57,0 %, у форм пшениці спельта озимої – 51,7–56,3 %.

2. Технологічні властивості форм пшениці спельта озимої, 2021–2022 рр.

Селекційний матеріал	Вміст білка, %	Вміст клейковини, %	Вміст крохмалю, %	Седиментація за методом Зелені, мл	Сила борошна, о.а.	Твердість зерна	Вологість зерна, %
Зоря України (St)	17,9	37,5	53,9	57,1	322	51,2	13,6
13	25,8	54,7	51,7	65,2	340	66,5	13,9
16	16,0	31,3	54,4	48,2	281	48,4	13,9
17	16,5	32,9	54,7	53,5	317	38,4	13,5
19	16,0	31,6	54,5	48,8	288	51,5	14,4
27	16,1	34,4	54,1	64,8	374	62,1	13,6
40	18,6	38,2	52,9	68,2	439	45,8	13,8
86	19,6	45,2	53,3	61,6	291	59,8	13,8
124	17,4	37,1	55,1	59,8	380	55,1	13,5
155	18,1	38,1	54,2	60,1	370	52,6	13,7
158	14,1	30,1	56,3	44,6	301	37,3	12,9
163	15,8	30,4	55,1	47,5	236	29,9	13,8
1725	16,0	35,8	55,5	51,1	254	48,7	13,5
1786	19,4	40,6	52,4	62,2	287	62,1	13,2
1817	21,5	44,5	50,1	63,1	345	58,7	13,4
<i>HIP₀₁</i>	<i>0,02</i>	<i>0,04</i>	<i>0,05</i>	<i>0,06</i>	<i>0,32</i>	<i>0,05</i>	<i>0,01</i>

Індекс Зелені (число седиментації) об'єктивно характеризує якість та кількість клейковини зерна пшениці (зі зростанням показника відбувається більше набухання клейковини та покращуються хлібопекарські властивості борошна). Нашими дослідженнями встановлено, що найвищий індекс Зелені мали зразки пшениці спельта (в середньому 44,6–68,2, мл), вісім з яких достовірно

перевищували стандарт. Кращими за цим показником були зразки 40 (68,2 мл), 13 (65,2 мл), 27 (64,8 мл), 1817 (63,1 мл) та 1786 (62,2 мл).

Сила борошна є основним фактором, що визначає його хлібопекарські властивості. Під терміном «сила борошна» розуміють його здатність утворювати тісто, яке має певні структурно-механічні властивості (пружність, еластичність, пластичність, в'язкість) під час

Діордієва І. П., Масловата С. А.

дозрівання, вистоювання, у процесі випікання і, залежно від цього, здатне забезпечити виготовлення з нього хліба певної якості [18]. Сила борошна обумовлена станом його білково-протеїназного комплексу: кількістю і станом білків, активністю протеолітичних ферментів, наявністю активаторів та інгібіторів протеолізу. Проте головним показником сили борошна є кількість і фізичні властивості клейковини [19].

У наших дослідженнях сила борошна коливалася в межах 238–370 о.а – у зразків пшениці м'якої, 236–439 о.а. – у зразків пшениці спельта. Кращими за цим показником були зразки пшениці спельта 40 (439 о.а.), 124 (380 о.а.) та 155 (370 о.а.) та зразок пшениці м'якої 42 (370 о.а.).

Згідно класифікації пшениці за силою борошна зразок пшениці спельта 40 є добрим поліпшувачем. До задовільних поліпшувачів відносяться зразки пшениці м'якої 42, 138, 242, 268, 302, 313, 330, 370, 3872, 4075, 6274, 6750; зразки пшениці спельта 13, 16, 17, 19, 27, 86, 124, 155, 158, 1786 та 1817. Цінною пшеницею є зразок пшениці м'якої 161. До добрих філерів належать зразок пшениці м'якої 161 та зразок пшениці спельта 1725. Зразки пшениці м'якої 238 і пшениці спельта 163 відносять до задовільних філерів.

Ознака

твердозерність/м'якозерність має надзвичайно важливе технологічне значення як у хлібопекарській, так і

кондитерській галузях. Борошно твердозерних пшениць використовується головним чином для виготовлення різних сортів хліба, а борошно м'якозерних пшениць застосовується в кондитерській галузі для виробництва бісквітних виробів, печива, крекерів, тістечок, тортів, вафель тощо. Часто м'якозерні пшениці називають бісквітними [20]. Дослідженнями встановлено, що високий вміст білка в зерні обумовлює збільшення його твердості [21, 22].

У наших дослідженнях твердість варіювала в широкому діапазоні від 29,9–66,5 у зразків пшениці спельта, до 17,2–71,5 у зразків пшениці м'якої.

Враховуючи класифікацію за твердістю зерна та результати проведених досліджень до твердозерних віднесено зразки пшениці м'якої 4075, 5274 та 6750, зразки пшениці спельта 13, 27, 1786; до середньотвердозерного типу належать зразки пшениці спельта 86, 124, 1817. Інші досліджувані генотипи є м'якозерними.

Найчастіше про хлібопекарські властивості борошна можна судити за якістю хліба пробного випікання. Крім оцінювання якості хліба органолептичними показниками, визначаються також й інші показники, зокрема об'єм і пористість.

У створених форм пшениці об'єм хліба був вищим у зразків пшениці

Діордієва І. П., Масловата С. А.

м'якої (940 см³), нижчим – у зразків пшениці спельта (860 см³) (табл. 3).

3. Якість та кулінарна оцінка хліба створених форм пшениці

Показник		Зразки пшениці м'якої	Зразки пшениці спельта
Об'єм хліба зі 100 г борошна, см ³		940	860
Пористість, %		75,1	73,3
Колір, бал	скоринки	7	7
	м'якуша	7	7
Еластичність, бал		9	9
Аромат, бал		7	7
Смак, бал		9	9
Консистенція, бал		9	9
Загальна кулінарна оцінка, бал		8,4	7,8

Згідно ДСТУ 46.004–99. Борошно пшеничне [23] пористість м'якуша з борошна вищого сорту повинна бути не нижче 70 %. Пористість м'якуша хліба відповідала нормам, оскільки була у межах 73,0–74,1 %.

У зразків пшениці м'якої поверхня скоринки хліба з була гладенька, без пухирців, тріщин і підривів, м'якуш дуже м'який, смак сильно виражений з рівномірним розміщенням пор. Колір скоринки був золотистий (7 балів) (рис. 1).



1

2

Рис. 1. Зовнішній вигляд хліба за результатами лабораторної випічки

1 – пшениця м'яка (зразок 3872);
2 – пшениця спельта (зразок 124)

Колір м'якуша світлий з світло-жовтим відтінком (7 балів), аромат

сильно виражений (7 балів), консистенція м'якуша досить ніжна

Діордієва І. П., Масловата С. А.

(9 балів). Загальна кулінарна оцінка – 8,4 бала.

Незважаючи на вищі технологічні властивості форм пшениці спельта у них фіксували дещо нижчу рихлість тіста і пористість хліба, в результаті чого хліб був менший за об'ємом. Причиною цього є низька якість клейковини та газоутримуюча здатність борошна спельти. Проте це не знижувало його кулінарних і смакових властивостей. Хліб мав чітко виражений аромат (7 балів) та смак (9 балів). Загальна кулінарна оцінка – 7,8 балів.

Висновки і перспективи.

Проведені дослідження дозволили диференціювати зразки пшениці, створені за гібридизації *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L. за технологічними властивостями зерна.

Список використаних джерел:

1. Любич В. В. Хлібопекарські властивості зерна сортів пшениці озимої залежно від видів, норм і строків застосування азотних добрив. *Вісник Дніпропетровського ДАЕУ*. 2017. №2. С. 35–41.
2. Dziki D., Sacak-Pietrzak G., Miś A., K. Ończyk J., Gawlik-Dziki U. Influence of wheat kernel physical properties on the pulverizing process. *Journal of Food Science and Technology*. 2012. Vol. 10. doi: 1007/s13197-012-0807-8.
3. Білоусова З. В., Кліпакова Ю. О. Технологічні властивості зерна інтенсивних сортів пшениці. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип. 19. С. 262–269.
4. Возіян В. В., Любич В. В., Сухомуд О. Г. Технологічні властивості зерна сортів пшениці озимої різного еколого-географічного походження. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2013. Вип. 1(71). С. 121-125.

Виділено цінні генотипи, що характеризуються високими технологічними властивостями, зокрема, зразок пшениці м'якої 42 та зразки пшениці спельта 13, 40, 86, що істотно перевищують стандарт за вмістом білка і клейковини в зерні, силою борошна, твердістю зерна.

Встановлено, що загальна кулінарна оцінка хліба із борошна створених зразків була високою – 7,8–8,4 бали. Проте хліб із зразків пшениці м'якої характеризувався кращою сукупністю якісних і кулінарних показників.

Подальші дослідження будуть проводитися у напрямку аналізу показників продуктивності створених зразків та відбору генотипів, що вдало поєднують високу врожайність із відмінними технологічними властивостями зерна.

5. Передумови формування якості зерна пшениць і продуктів його перероблення: моногр. / Г. М. Господаренко, В. В. Любич, І. О. Полянецька та ін.; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2019. 336 с.

6. Abdelkhalik S. M., Salem A. K. M., Bdelaziz A. R., Ammar M. H. Morphological and sequence-related amplified polymorphism-based molecular diversity of local and exotic wheat genotypes. *Genetics and Molecular Research*. 2016. Vol. 15 (2). P. 1–9. doi: 10.4238/gmr.15027484.

7. Dhaka V., Khatkar B.S. Effects of Gliadin. Glutenin and HMW-GS/LMW-GS ratio on dough rheological properties and bread-making potential of wheat varieties. *Journal of Food Quality*. 2015. Vol. 38 (2). P. 71–82. DOI: 10.1111/jfq.12122.

8. Пшениця спельта / Г.М. Господаренко та ін.; за заг. ред. Г. М.

Діордієва І. П., Масловата С. А.

Господаренка. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 312 с.

9. Подпрятков Г. І., Скалецька Л. Ф., Сеньков А. М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва : практикум. К.: Вища освіта, 2004. 272 с.

10. Осокіна Н. М., Костецька К. В. Технологічна оцінка зерна пшениці та тритикале для круп'яного виробництва. *Вісник УНУС*. 2015. № 2. С. 28–33.

11. Рябовол Л. О., Кисельова М. І., Любич В. В., Полянецька І. О., Рябовол Я. С. Формування врожайності та вмісту білка в зерні спельтоподібних 9 гібридів F₃₋₅, одержаних гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. *Селекція і насінництво*. Харків. 2017. Вип. 111. С. 107–114.

12. Полянецька І. О., Любич В. В., Сухомуд О. Г. Вміст білка та його вихід з урожаєм зерна пшениці озимої залежно від сорту. *Зб. наук. пр. Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ. 2014. Вип. 21. С. 235–240.

13. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. Державний стандарт України. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 13 с.

14. Пат. 109225 Україна МПК. Спосіб лабораторного випікання хліба із пшеничного борошна зі спельти. Господаренко Г. М., Осокіна Н. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Петренко В. В., Возіян В. В.; заявник і власник Уманський національний університет садівництва. № u 2015 11532; заявл. 23.11.2015; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15.

15. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

16. Рибалка О., Червоніс М., Щербина З. Генетичний поліморфізм клейковинних білків зерна, пов'язаних з якістю борошна пшениці: методи ідентифікації. *Збірник наукових праць СГІ НЦ НС*. 2007. Вип. 10(50). С. 52–71.

17. Осокіна Н. М., Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Біохімічний

склад зерна пшениці полби (*Triticum Dicocum* (Schrank) Schuebl) залежно від генотипу. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2020. № 1. С. 111–119. doi: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-111-119.

18. Колючий В. Т., Блохін М. І. Якість зерна пшениці. *Селекція, насінництво і технологія вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України*; за ред. В.Т. Колючого, В.А. Власенка, Г.Ю. Борсука. Київ: Аграрна наука, 2007. С. 258–324.

19. Василенко Н. В., Правдзіва І. В., Вологдіна Г. Б. та ін. Фактори впливу на якість зерна та борошна нових сортів пшениці м'якої озимої. 3. «Сила» борошна та її складові. *Миронівський вісник: зб. наук. праць*. 2017. Вип. 4. С. 142–151. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.04.36>.

20. Giroux M., Morris C. Wheat grain hardness results from highly conserved mutations in the friabilin components puroindoline a and b. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1998. V. 95. P. 6262–6266. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.11.6262>.

21. Morris C. Impact of blending hard and soft white wheats on milling and backing quality. *Cereal Food World*. 1992. V. 37. P. 643–648.

22. Jolly C., Glenn G., Rahman S. Gsp-1 genes are linked to the grain hardness locus (Ha) on wheat chromosome 5D. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1996. V. 93. P. 2408–2413. doi: 10.1073/pnas.93.6.2408.

23. ДСТУ 46.004–99. Борошно пшеничне пшеничне. Галузевий стандарт України. К.: Держспоживстандарт України, 1999. 13 с.

References

1. Lyubich, V.V. (2017). Breadmaking properties of winter wheat varieties depending on the species, norms and periods of application of nitrogen fertilizers. *Bulletin of the Dnipropetrovsk DAEU*, 2, 35–41.

2. Dżiki, D., Cacak-Pietrzak, G., Miś, A., K. Ończyk, J. & Gawlik-Dżiki, U. (2012). Influence of wheat kernel physical properties on the pulverizing process. *Journal of Food Science and Technology*, 10. doi: 1007/s13197-012-0807-8.

3. Bilousova, Z.V. & Klipakova, Yu.O. (2019). Technological properties of

Діордієва І. П., Масловата С. А.

grain of intensive varieties of wheat. *Proceedings of TDATU*, 19, 262–269.

4. Voziyan, V.V., Lyubich, V.V. & Sukhomud, O.G. (2013). Technological properties of grain of winter wheat varieties of different ecological and geographical origins. *Collection of Scientific Works of VNAU*, 1(71), 121–125.

5. Gospodarenko, G. M., Lyubich, V. V., Polyanetska I. O. et. al. (2019). *Prerequisites for the formation of the quality of wheat grain and its processing products*: Kyiv: SIK GROUP UKRAINE LLC.

6. Abdelkhalik, S. M., Salem, A. K. M., Bdelaziz, A. R. & Ammar, M. H. (2016). Morphological and sequence-related amplified polymorphism-based molecular diversity of local and exotic wheat genotypes. *Genetics and Molecular Research*, 15 (2), 1–9. doi: 10.4238/gmr.15027484.

7. Dhaka, V. & Khatkar, B.S. (2015). Effects of Gliadin. Glutenin and HMW-GS/LMW-GS ratio on dough rheological properties and bread-making potential of wheat varieties. *Journal of Food Quality*, 38 (2), 71–82. DOI: 10.1111/jfq.12122.

8. Gospodarenko, G.M. (Eds.) (2016). *Spelt wheat*. Kyiv: LLC "SIK GROUP UKRAINE".

9. Podpryatov, G. I., Skaletska, L. F. & Senkov, A. M. (2004). *Technology of storage and processing of plant products*. K.: Higher education, 272 p.

10. Osokina, N. M., Kostecka, K. V. (2015). Technological assessment of wheat and triticale grain for cereal production. *Bulletin of UNUS*, 2, 28–33.

11. Ryabovol, L. O., Kiselyova, M. I., Lyubich, V. V., Polyanetska, I. O. & Ryabovol, Y. S. (2017). Formation of yield and protein content in the grain of spelled-like 9 hybrids F₃₋₅ obtained by hybridization of *Triticum aestivum* L / *Triticum spelta* L. *Selection and seed production*, 111, 107–114.

12. Polyanetska, I. O., Lyubich, V. V. & Sukhomud, O. G. (2014). Protein content and its yield with grain yield of winter wheat depending on the variety. *Coll. of science Ave. of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 21, 235–240.

13. SSTU 4117:2007. Grain and products of its processing. Determination of

quality indicators by infrared spectroscopy. K.: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2007.

14. Gospodarenko, G. M., Osokina, N. M., Lyubich, V. V., Polyanetska, I. O., Petrenko, V. V. & Voziyan, V. V. (2016). Pat. 109225 Ukraine IPC. The method of laboratory baking of bread from wheat flour from spelt. Applicant and owner Uman National University of Horticulture. No. U 2015 11532; statement 23.11.2015; published 10.08.2016, Bul. No. 15.

15. Yeschenko, V. O., Kopytko, P. G., Kostogryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). Fundamentals of scientific research in agronomy. Vinnytsia: PP "TD "Edelweiss and K"".

16. Rybalka, O., Chervonis, M. & Shcherbina, Z. (2007). Genetic polymorphism of gluten grain proteins associated with wheat flour quality: methods of identification. *Collection of scientific works of the National Institute of Scientific Research of the National Academy of Sciences*, 10(50), 52–71.

17. Osokina, N. M., Lyubich, V. V., Novikov, V. V. & Leshchenko, I. A. (2020). Biochemical composition of spelt wheat grain (*Triticum Dicocum* (Schrank) Schuebl) depending on the genotype. *Collection of scientific works "Agrobiology"*, 1, 111–119. doi: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-111-119.

18. Kolyuchy, V. T. & Blokhin, M. I. (2007). *Wheat grain quality. Breeding, seed production and growing technology of grain ear crops in the Forest-Steppe of Ukraine*. Kyiv: Agrarian Science.

19. Vasylenko, N. V., Pravdziva, I. V., Vologdina, G. B. et al. (2017). Factors affecting the quality of grain and flour of new varieties of soft winter wheat. 3. "Whole" flour and its components. *Myronivskyi Visnyk: Coll. of science works*, 4, 142–151. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.04.36>.

20. Giroux, M. & Morris, C. (1998). Wheat grain hardness results from highly conserved mutations in the friabilin components puroindoline a and b. *Proc. Natl. Acad. Sci*, 95, 6262–6266. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.04.36>. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.11.6262>.

21. Morris, C. (1992). Impact of blending hard and soft white wheats on milling

Діордієва І. П., Масловата С. А.

and backing quality. *Cereal Food World*, 37, 643–648.

22. Jolly, C., Glenn, G. & Rahman, S. (1996). Gsp-1 genes are linked to the grain hardness locus (Ha) on wheat chromosome 5D.

Proc. Natl. Acad. Sci, 93, 2408–2413. doi: 10.1073/pnas.93.6.2408.

23. SSTU 46.004–99. Wheat flour wheat. Industry standard of Ukraine. K.: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 1999.

TECHNOLOGICAL AND BAKERY PROPERTIES OF GRAIN FORMS OF WHEAT CREATED BY HYBRIDIZATION OF TRITICUM AESTIVUM L. × TRITICUM SPELTA L.

I. P. Diordiieva, S. A. Maslovata

Abstract. *The article is devoted to the analysis of the technological and baking properties of wheat grains created by the hybridization of *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L. All research on the hybridization of the above-mentioned species, the creation and selection of samples - objects of research and analysis of technological properties and quality indicators of trial baking of bread were carried out in Uman National University of Horticulture.*

*As a result of the conducted research, wheat samples created by the hybridization of *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L. were differentiated according to the technological properties of the grain. Valuable genotypes characterized by high technological properties were identified, in particular, common wheat sample 42 and spelled wheat samples 13, 40, 86, which significantly exceed the standard in terms of protein and gluten content in grain, flour strength, and grain hardness.*

It was established that the overall culinary evaluation of bread made from the flour of the created samples was high - 7.8–8.4 points. However, bread made from soft wheat was characterized by a better combination of quality and cooking parameters, in particular, a larger volume (940 cm³) and a higher porosity (75.1%). Bread made from spelled wheat flour samples had lower dough looseness and bread porosity, resulting in smaller bread volume. However, this did not reduce its culinary and taste properties. The bread had a distinct aroma (7 points) and taste (9 points).

Key words: *soft wheat, spelled wheat, protein content, gluten content, flour strength, grain hardness, bread quality, culinary assessment of bread*

**СОРТОВИВЧЕННЯ КАПУСТИ БІЛОГОЛОВОЇ ЗА ОРГАНІЧНОЇ
ТЕХНОЛОГІЇ У ВІДКРИТОМУ ҐРУНТІ**

С. А. ВДОВЕНКО, доктор сільськогосподарських наук, професор,
E-mail: sloi@i.ua

І. І. ПАЛАМАРЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
E-mail: palamar-inna86@ukr.net

Вінницький національний аграрний університет

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.005](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.005)

Анотація. У результаті проведених досліджень встановлено, що сортові особливості здійснюють вплив на міжфазні періоди капусти білоголової та її урожайність. Тривалість міжфазного періоду «сходи – початок зав'язування головок» в дослідженнях коливалася. Під час вирощування сортів Славія та Слава 1305 міжфазний період «сходи – початок зав'язування головок» становив 88-89 діб відповідно. У гібридів ознаками ранньостиглості характеризувались рослини гібридів Акварель F_1 і Кубок F_1 . У вказаних варіантах тривалість міжфазного періоду коливалась від 83 до 84 діб.

Більш тривалим періодом збирання головок капусти характеризувались рослини сорту Славія та контрольного гібриду Мегатон F_1 . У вказаних варіантах тривалість збирання продукції становила 20 діб. Серед сортів більш ранній початок зав'язування головок встановлено у рослин сорту Славія та гібридів Акварель F_1 та Кубок F_1 .

Під час вирощування гібридів Кубок F_1 і Акварель F_1 врожайність зазначених варіантів перевищувала врожайність контрольного варіанту на 7 – 12 % відповідно. У середньому за роки ведення дослідів загальна врожайність капусти білоголової коливалась в межах 26,3 – 27,0 т/га по сортах та 30,1 – 32,6 по гібридах. Вирощування гібридів Кубок F_1 і Акварель F_1 у відкритому ґрунті є доцільним, оскільки забезпечує підвищення загальної врожайності рослини на 8 % за безрозсадного вирощування. Більш раннім надходженням головок капусти білоголової характеризувались гібриди Акварель F_1 та Кубок F_1 , перший збір врожаю яких склав 16,0 та 16,4 % від загальної врожайності.

Ключові слова: капуста білоголова, сорт, гібрид, органічне вирощування, біометричні показники, урожайність

Актуальність. За останні роки у світі відбуваються кардинальні зміни в сільському господарстві. Площі під зерновими культурами та деякими технічними – зменшуються, а під овочевими навпаки – збільшуються. В Україні також спостерігається

тенденція до збільшення площ під овочевими культурами. Збільшилися об'єми виробництва овочевої продукції до понад 8 млн. т. Однак, середня врожайність овочів в Україні все ще залишається низькою і становить близько 18 т/га, тоді як у

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

Європі вона становить в середньому 23 т/га. Останнім часом у більшості господарств широко впроваджуються нові, досконаліші технології вирощування. Розроблено нові технології вирощування екологічно чистої овочевої продукції, у тому числі і капусти білоголової [5; 12].

Капуста білоголова – одна з найпоширеніших овочевих рослин. Вона займає вагому частку в структурі виробництва й споживання овочів. Широкому розповсюдженню її сприяють: високий генетичний потенціал продуктивності рослин, наявність сортів різних груп стиглості (від ранньостиглих до дуже пізніх), що забезпечує конвеєрне надходження свіжої продукції протягом року, добра лежкість і транспортабельність головок, універсальне використання, багатий вміст поживних речовин, високі харчові й лікувальні властивості [12]. Капуста білоголова займає близько 30 % загальної посівної площі під овочевими культурами.

Враховуючи цінність капусти білоголової, її високі смакові якості, можливість споживати круглорічно у свіжому та переробленому вигляді та придатність до вирощування в усіх ґрунтово-кліматичних умовах України дає підставу більш детально вивчати та удосконалювати технологію вирощування культури адаптуючи її під умови, що формуються за змін клімату, а також враховуючи попит на органічну

продукцію вивчення даного питання є актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Капуста білоголова (*Brassica capitata* L.) – дворічна рослина, що відноситься до родини капустяних. Завдяки багатьом цінним господарським, харчовим і лікувальним властивостям, капуста білоголова має велике народногосподарське значення, а тому серед овочевих культур вона займає одне з провідних місць. Вона містить повноцінний білок, цукор, мінеральні речовини, органічні кислоти й велику кількість різних вітамінів. Також капуста має стимулюючу дію на організм; гормон ацетилхолін, який міститься в капусті, сприяє зниженню кров'яного тиску і розширенню судин [11, 16].

Капуста є однією з найпоширеніших овочевих рослин в Україні, проте біологічна стійкість (толерантність) рослин із родини Brassicaceae до токсичної дії іонів важких металів є незначною, що зумовлено генетично [3].

Ґрунтові і погодні умови України сприятливі для вирощування овочевої продукції. Її реалізація у свіжому і переробленому вигляді – важливий напрям в економіці країни. Попри усі складнощі, що мають місце в аграрному секторі, за останнє десятиріччя у галузі овочівництва існує позитивна тенденція – підвищується урожайність,

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

збільшується кількість виробленої продукції [2].

Висока зацікавленість світової та вітчизняної спільноти екологічно безпечними продуктами харчування, зумовлює необхідність впровадження відповідних технологій вирощування овочевих культур. Пріоритетна роль у таких технологіях належить мікробіологічним препаратам та органічним добривам, що виготовлені на основі ферментації місцевих сировинних ресурсів, особливо зважаючи на обмеженість виробництва традиційних їх видів [9].

Визначальною ланкою інтенсивних технологій є сорт. Він має велике значення у забезпеченні ресурсоекономічності і рентабельності виробництва. Сорти, що мають комплексну стійкість до хвороб та шкідників, є основою низькозатратних екологічно безпечних технологій. Крім цього, використання сортів та гібридів різних строків дозрівання дає можливість створювати конвеєр надходження овочевої продукції, що важливо при її реалізації, переробці, зберіганні і рівномірному використанні трудових ресурсів та техніки. Сорти та гібриди, пристосовані до місцевих ґрунтово-кліматичних умов, забезпечують дружню появу сходів за зниженої температури, нормально ростуть та розвиваються за несприятливих умов [11]. З метою підвищення ефективності виробництва капусти

білоголової та отримання високоякісної екологічно чистої продукції варто поєднувати вирощування кращих сортів і гібридів та застосування органічної технології вирощування.

Органічне сільське господарство являється багатофункціональною агроекологічною моделлю виробництва та базується на плануванні і організації агроecosystem. З метою підвищення продуктивності виробництва та якості продукції максимально повно використовують біологічні фактори збільшення природної родючості ґрунтів, агроекологічні методи боротьби із шкідниками і хворобами, а також переваги біорізноманіття, зокрема місцевих та унікальних видів, сортів, порід тощо. Використання органічних технологій у сільському господарстві знижує пестицидне навантаження, зменшує внесення мінеральних добрив, унеможливує застосування генетично модифікованих сортів рослин, що загалом сприяє поліпшенню агроекологічного стану земельних угідь, водних ресурсів, атмосферного повітря, а також зменшує антропогенне навантаження та загалом сприяє відтворенню екосистем [12].

Сьогодні в умовах забруднення довкілля питанням стає забезпечення населення біологічно повноцінними продуктами харчування, важливе місце серед яких займають овочі.

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

Однак виростити екологічно безпечну овочеву продукцію непросто, оскільки близько п'ятої частини сільськогосподарських земель в Україні тією чи іншою мірою забруднені важкими металами (ВМ) [10]. Із-поміж них ртуть, кадмій та свинець характеризуються значною стійкістю, високою токсичністю, вираженими кумулятивними властивостями [13]. Особливо небезпечними є рухомі форми ВМ у ґрунті, котрі й визначають рівень небезпечності для рослин, а в кінцевому результаті – для людини [1; 8].

Додавання органічних речовин відіграє важливу роль у покращенні та підтримці продуктивності землі за рахунок поліпшення фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту [15].

Виробництво органічної продукції відкриває нову ринкову нішу для українських аграріїв на зарубіжних і світових ринках, а також забезпечується підтримка здоров'я нації завдяки більш якісним продуктам харчування [6].

Органічний овочевий ринок – один із перспективних серед інших галузей в Україні. Саме тут останнім часом прослідковується тенденція до збільшення кількості й активності органічних сільських господарств, що має безпосередній прояв також і в овочівництві. Поки що поширення органічного овочівництва в Україні можна оцінити як незначне, проте

таке, що має високий потенціал з цілого ряду об'єктивних причин. Потреби в органічному виробництві зростають і зростатимуть. Можна стверджувати, що внутрішній ринок продукції органічного овочівництва в Україні продовжує знаходитися у полі дії невизначених механізмів ціноутворення, наслідком чого є, з одного боку, завищення цін, з іншого, відсутність усталеного сегмента попиту. Повноцінне становлення ринку потребує вирішення цього питання, що буде здійснено з часом у міру розширення пропозиції та під впливом законів ринкового ціноутворення настільки, наскільки це буде можливо за ефекту нееквівалентності ринкового обміну, який такою ж або більшою мірою характерний і для цього сегмента ринку [5; 15].

Застосування мікробіологічного препарату у комплексі з органічним ферментованим добривом, дозволяє значно зменшити економічні та енергетичні витрати при вирощуванні капусти білоголової, й за ефективністю не поступається мінеральній та традиційній органічній системам удобрення [9; 17].

Виробництво органічної овочевої продукції є одним із найперспективніших і альтернативних методів господарювання, що спрямовано на економічне зростання. Органічна овочева продукція аграрних

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

підприємств має потенційні та реальні можливості для задоволення зростаючих суспільних потреб населення в екологічно безпечній продукції. Також слід зазначити що на овочеву органічну продукцію перевищує пропозицію, що є вигідним і перспективним для вітчизняних аграрних підприємств [6; 14].

Мета. Дослідити середньостиглі сорти та гібриди капусти білоголової за органічного вирощування за вирощування у відкритому ґрунті.

Методи. Досліди по вивченню сортименту капусти білоголової за органічного вирощування проводили шляхом закладання польових дослідів (рєндомізованими блоками) 2019 – 2020 роках. Згідно методики дослідної справи розробляли схему дослідів та відмічали фази росту та розвитку капусти білоголової та облік врожаю головок капусти [7].

Дослід однофакторний включав п'ять варіантів які представлені двома середньостиглими сортами: Слава-1305, Славія та трьома гібридами капусти білоголової: Мегетон F₁, Кубок F₁, Акварель F₁. Контрольними варіантами були серед сортів – Слава-1305, серед гібридів – Мегетон F₁. Повторність дослідів чотириразова, розмір облікової ділянки 20 м².

Дослідне поле вирівняне за типом ґрунту і родючістю. У польових дослідів попередником рослин капусти білоголової був горох овочевий. Капуста білоголова

вирощувалась за органічною технологією, де використовувались препарати бактерійного походження компанії БТУ-Центр. Дозування та застосування біопрепаратів залежало від фази росту та розвитку рослини, а також рекомендацій виробника біопрепаратів. Агротехнічні заходи проводили відповідно до вимог культури і поставлених до досліджень завдань.

На кожній обліковій ділянці маркували по 10 дослідних рослин, за якими проводили фенологічні спостереження тощо. Під час проведення досліджень використано польовий, статистичний і лабораторний методи. При проведенні експериментальної роботи було використано польовий, статистичний і лабораторний методи досліджень.

Фенологічні спостереження: початок і масова поява сходів, поява першого, третього та п'ятого справжніх листків, зав'язування головок і технічна стиглість, збір врожаю. Початком кожної фенологічної фази вважали час, коли в неї вступило 15 % рослин, а часом масової фази – коли вона наступала у 75 % рослин.

Облік врожаю проводили в технічній стиглості головок з кожної ділянки окремо методом зважування [4]. Одержані в дослідів показники обробляли статистично, методом дисперсійного та кореляційного аналізів [7].

Результати. Під час проведення

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

досліджень встановлено сортові переваги рослини за проходженням росту і розвитку капусти білоголової. У результаті застосування органічної технології не визначено впливу її на період появи масових сходів капусти. Загальний період від сівби до масових сходів, суттєво не різнився між собою

як по сортах так і по гібридах. В середньому, період масових сходів рослини капусти білоголової спостерігались на 14 – 15 добу від висіву насіння, проте більш коротшим він був характерним для гібридів Акварель F₁ і Кубок F₁ що складало тільки 14 діб (табл. 1.).

1.Тривалість фенологічних фаз капусти білоголової в розсадний період залежно від сортових особливостей за безрозсадного вирощування, діб, 2019 – 2020 рр.

Сорт, гібрид	Сходи		Формування чергових листків, діб від сходів		
	поодинокі	масові	1-го	3-го	5-го
Сорти					
Слава 1305 (К)	11	15	13	19	25
Славія	11	15	12	18	24
Гібриди					
Мегатон F ₁ (К)	12	15	13	18	23
Акварель F ₁	11	14	12	18	22
Кубок F ₁	11	14	12	18	22

К – контроль

У послідувачі фази росту рослини чинник сортової переваги посилювався, що вплинуло на подальші фази розвитку рослини, а саме на зав'язування головок і їх дозрівання. Період появи першого, третього та п'ятого справжнього листка був майже однаковий, як по сортах так і по гібридах, однак більш коротким періодом характеризувався сорт Славія та гібриди Акварель F₁ і Кубок F₁. У вказаних варіантах досліджувана фаза спостерігалась вже на 12, 18 та 24 – 22 добу

відповідно, або ж на добу раніше від рослин контрольного варіанту. Справжні листки, які були сформовані рослиною, мали типове сортове забарвлення з відповідним восковим відтінком, з ознаками достатнього забезпечення поживних елементів від використання ґрунтових біопрепаратів компанії БТУ-Центр.

У результаті вирощування капусти білоголової в умовах відкритого ґрунту ріст і розвиток сортів і гібридів спостерігався не одночасно, що безумовно залежало

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

від сортових властивостей рослини та ґрунтово-кліматичних умов. Основними періодами росту і розвитку в капустяних, за безрозсадного вирощування, вважають періоди «сходи-початок зав'язування головок», «початок зав'язування головок-технічна стиглість», «тривалість збирання продукції». Зазначені міжфазні періоди, окрім сортових особливостей, залежали і від своєчасного застосування елементів технології та утримання ґрунту в належному стані. Так, тривалість

міжфазного періоду «сходи – початок зав'язування головок» в дослідженнях коливався в межах від 83 до 89 діб. Більшою величиною характеризувались досліджувані сорти, а меншою – гібриди капусти (табл. 2).

Під час вирощування сортів Славія та Слава 1305 міжфазний період «сходи – початок зав'язування головок» становив 88 – 89 діб відповідно, проте рослини сорту Славія характеризуються більш вираженою ранньостиглістю відносно рослин сорту Слава 1305.

2. Тривалість міжфазних періодів капусти білоголової залежно від сортових особливостей за безрозсадного вирощування у 2019 - 2020 рр., діб

Сорт, гібрид	Сходи – початок зав'язування головок	Початок зав'язування головок – технічна стиглість	Тривалість збирання врожаю
Сорти			
Слава 1305 (К)	89	34	18
Славія	88	33	20
Гібриди			
Мегатон F ₁ (К)	86	34	20
Акварель F ₁	83	32	19
Кубок F ₁	84	32	19

К – контроль

У досліджуваних гібридів міжфазний період «сходи – початок зав'язування головок» спостерігався впродовж 83 – 86 діб. За безрозсадного вирощування гібридів ознаками ранньостиглості характеризувались рослини гібридів Акварель F₁ і Кубок F₁. У вказаних

варіантах тривалість міжфазного періоду коливався від 83 до 84 діб, а різниця до рослин контрольного варіанту складала 2 – 3 доби.

Період «початок зав'язування головок – технічна стиглість» є свідченням того, що рослина формує продуктивний орган і характеризує її

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

продуктивність. Від впливу зовнішніх чинників залежить тривалість вказаного періоду. За використання органічної технології тривалість міжфазного періоду в досліді становила 32 – 34 доби. На основі отриманих результатів рослини дослідних сортів характеризувались дещо тривалішим міжфазним періодом відносно рослин гібридів капусти білоголової, а також у рослин контрольного варіанту встановлено триваліший міжфазний період.

Одночасно, тривалість збирання врожаю характеризує властивості сорту чи гібриду та його технологічність в досліді. Серед сортів чи гібридів, збирання врожаю тривало 18 – 20 діб. Більш тривалим періодом збирання головок капусти характеризувались рослини сорту Славія та контрольного гібриду Мегатон F₁. У вказаних варіантах тривалість збирання продукції становило 20 діб. У інших варіантах досліді тривалість збирання продукції була коротшою на 1 добу відносно гібридів Акварель F₁ і Кубок F₁ та на 2 доби відносно сорту Слава 1305.

З метою кращого вивчення сортових властивостей капусти білоголової досліджувався також і період дозрівання продукції. Серед сортів більш ранній початок зав'язування головок встановлено у рослин сорту Славія. У вказаному варіанті рослини розпочинали формувати продуктивний орган уже в

III декаді липня, а саме 24.07, що на 1 добу відбувалось швидше відносно рослин контрольного сорту Слава 1305. У гібридів також період формування головки був неоднаковим і значно різнився до рослин контрольного варіанту. Так, за вирощування гібридів Акварель F₁ та Кубок F₁ початок формування головки спостерігався на початку III декади липня, а саме 21.07, що різнилось до зазначеного періоду рослин контрольного варіанту на 2 доби (табл. 3).

За своєчасного і відповідного застосування елементів агротехніки органічної технології, а саме, кореневе та позакореневе підживлення мікро- та макроелементами, боротьба із шкочинними об'єктами і бур'янами, рихлення ґрунту масове зав'язування головок у сортів капусти білоголової відмічали вже в кінці липня (27.07) по сорту Славія та 28.07 по контрольному сорту Слава 1305. Під час аналізу отриманих даних встановлено більш раннє формування головки у рослин сорту Славія. У гібридів масове зав'язування головок спостерігалось дещо раніше відносно сорту. Більш раннім періодом формування продуктивного органу встановлено по гібридах Акварель F₁ та Кубок F₁, у яких головки формувались на початку III декади липня, а саме 22 – 23.07, що на 2 – 3 доби відбувалось раніше за рослин контрольного гібриду.

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

Одним з важливих елементів технології вирощування, що вплинуло на загальну продуктивність рослини, є період дозрівання врожаю та його збирання. Початок збирання врожаю в цілому припадав на кінець серпня. До зазначеного періоду рослина в повній мірі забезпечувалась поживними елементами, а застосування мікроелементів вплинуло на процес дозрівання

продуктового органу та товарність продукції. Більш швидким процесом дозрівання головок та ранній період збирання відмічено як у досліджуваних сортів так і у гібридів капусти. Серед сортів рослини сорту Славія дозрівали в середині III декади серпня (26.08), що на дві доби спостерігалось раніше від рослин контрольного сорту Слава 1305.

3. Дати початку фенологічних фаз капусти білоголової залежно від сортових особливостей за безрозсадного вирощування, 2019 - 2020 рр.

Сорт, гібрид	Зав'язування головок		Збирання врожаю	
	початок	масове	початок	останнє збирання
Сорти				
Слава 1305 (К)	25.07	28.07	28.08	15.09
Славія	24.07	27.07	26.08	15.09
Гібриди				
Мегатон F ₁ (К)	23.07	25.07	26.08	15.09
Акварель F ₁	21.07	22.07	22.08	10.09
Кубок F ₁	21.07	23.07	22.08	10.09

К – контроль

Аналогічна тенденція спостерігалась і за вирощування гібридів. Ранній початок збирання головок капусти білоголової встановлено по гібридах Акварель F₁ і Кубок F₁. У вказаних варіантах збирання продукції спостерігалось на початку III декади серпня, або ж 22.08, що на 4 доби було раніше за рослин контрольного варіанту. Продуктові органи відповідали вимогам стандарту, не були пошкоджені шкідниками та хворобами і, відповідали вимогам стандарту. Останній збір продукції

капусти білоголової здійснювали 15.09 у сортів Славія та Слава 1305, а у рослин гібридів капусти Акварель F₁ і Кубок F₁ збирання проводився 10 вересня, або ж на 5 діб раніше від рослин контрольного варіанту.

Урожайність є найбільш важливим показником технології вирощування. Вибір сорту чи гібриду значно впливає на рівень врожайності рослини. Впродовж років ведення досліду показник врожайності капусти білоголової значно різнився: у 2019 р. вирощування врожайність була вищою відносно врожайності

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

2020 року, що обґрунтовується кліматичними умовами. За рівномірного випадання оптимальної кількості опадів у 2019 році врожайність капусти білоголової була вищою, продуктивний орган був типовим, а загальна товарність становила 83 % незалежно від сорту чи гібриду капусти білоголової. Істотне збільшення врожайності капусти білоголової встановлено за використання гібридів Акварель F₁ і Кубок F₁. Аналогічну тенденцію підвищення врожайності по досліджуваних гібридах отримано у 2020 році. Через недостатню кількість опадів, особливо в період дозрівання продуктового органу, показник загальної врожайності зменшився. Однак, під час вирощування гібридів Кубок F₁ і Акварель F₁ врожайність зазначених варіантів перевищувала врожайність контрольного варіанту на 7 – 12 % відповідно (табл. 4).

У середньому за роки ведення досліду загальна врожайність капусти білоголової коливалась в межах 26,3 – 27,0 т/га по сортах та 30,1 – 32,6 по гібридах. Під час вирощування сортів в умовах Лісостепу правобережного України врожайність капусти може збільшуватись, проте не через сортові особливості рослини. На основі отриманих даних урожайність капусти значно залежала від маси головки, проте досліджуваний показник по сортах знаходився майже на одному рівні, і становив 959 г по сорту Слава 1305 та 971 г по сорту Славія. За використання органічної технології вирощування, яка враховує використання обґрунтованого живлення та захисту рослини та за рахунок життєдіяльності мікроорганізмів і біологічних особливостей гібриду, загальна врожайність їх істотно збільшується.

4. Урожайність капусти білоголової залежно від сортових особливостей за безрозсадного вирощування у 2019 – 2020 рр.

Сорти, гібриди	Урожайність, т/га		Середнє за роки ведення досліду, т/га	± до контролю		Маса головки, г
	2019 р.	2020 р.		т/га	%	
Сорти						
Слава 1305 (К)	27,4	25,3	26,3	–		959
Славія	27,8	26,2	27,0	+0,4	3	971
Гібриди						
Мегатон F ₁ (К)	31,5	28,7	30,1	–	-	1102
Акварель F ₁	36,3	32,2	32,5	+4,8	8	1268
Кубок F ₁	34,7	30,6	32,6	+3,2	8	1215
НІР ₀₅ , т/га	0,5	1,1		–		

К – контроль

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

Вирощування гібридів Кубок F₁ і Акварель F₁ у відкритому ґрунті є доцільним, оскільки забезпечує підвищення загальної врожайності рослини на 8 % за безрозсадного вирощування. У результаті застосування відповідної схеми живлення і своєчасного забезпечення поживними елементами врожайність капусти білоголової може підвищуватись до 32,5 – 32,6 т/га, що істотно перевищує показник контрольного варіанту на 3,2 – 4,8 т/га по вказаних гібридах. Таке збільшення врожайності зазначених гібридів було можливим за рахунок збільшення маси головки продуктового органу. На основі отриманих даних рослини гібриду Акварель F₁ характеризувались дещо більшою масою головки відносно рослин гібриду Кубок F₁.

Під час збирання продукції проводилось зрізування головок

капусти середньостиглої згідно вимог стандарту. Продуктовий орган сортів та гібридів збирали п'ять раз залежно від його стиглості, однак строки проведення збирання різнились. У результаті проведеного збирання продукції капусти білоголової встановлено збільшення кількості продукції у перших трьох строках збирання і зменшення у наступних строках.

Більш раннім надходженням головок капусти характеризувались гібриди Акварель F₁ та Кубок F₁, перший збір врожаю яких склав 16,0 та 16,4 % від загальної врожайності, тоді як у рослин контрольного варіанту строк зрізування перших головок співпадав із наступним строком зрізування, що визначає більшу ранньостиглість гібридів відносно контрольного гібриду (табл. 5).

5. Надходження товарної продукції капусти білоголової залежно від сортових особливостей у 2019 – 2020 рр.

Сорт, гібрид	Зрізування головок						
		1-ше	2-ге	3-тє	4-те	5-те	6-те
Сорти							
Слава 1305 (К)	т/га	-	5,3	7,9	8,4	4,0	0,7
	%	-	20,1	29,9	32,1	15,3	2,6
Славія	т/га	-	4,1	11,2	5,1	3,5	3,1
	%	-	15,1	41,4	19,1	12,9	11,5
Гібриди							
Мегатон F ₁ (К)	т/га	-	7,2	7,5	7,3	4,4	3,7
	%	-	23,8	25,1	24,4	14,6	12,1
Акварель F ₁	т/га	5,2	6,5	9,2	7,3	4,3	-
	%	16,0	20,1	28,4	22,6	12,9	-
Кубок F ₁	т/га	5,3	7,2	7,4	7,1	5,6	-
	%	16,4	22,2	22,8	21,9	16,7	-

К – контроль

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

У результаті вирощування середньостиглих сортів капусти білоголової за безрозсадного вирощування останній строк збирання продукції капусти білоголової характеризувався невисокою кількістю загальної продукції.

Висновки. 1. Перевага сортових особливостей рослини капусти білоголової в більшій мірі проявляється від фази формування першого справжнього листка. Більш коротким періодом формування першого листка та наростання вегетативної маси є характерним для сорту Славія та гібридів Акварель F₁ і Кубок F₁. 2. Рослини сорту Славія та гібридів Акварель F₁ і Кубок F₁ характеризуються більш вираженою ранньостиглістю відносно рослин сорту Слава 1305 та гібриду Мегатон F₁. 3. Вирощування гібридів Кубок F₁.

і Акварель F₁ у відкритому ґрунті є доцільним, оскільки забезпечує підвищення загальної врожайності рослини на 8 % за безрозсадного вирощування. У результаті застосування відповідної схеми живлення і своєчасного забезпечення поживними елементами врожайність гібридів капусти білоголової може підвищуватись до 32,5 – 32,6 т/га, що є можливим за рахунок збільшення маси головки продуктового органу. Рослини гібриду Акварель F₁ характеризуються більшою масою головки відносно рослин гібриду Кубок F₁. 4. У результаті збирання продукції капусти білоголової існує збільшення кількості продукції у перших трьох строках збирання і зменшення у наступних строках. Більш раннім надходженням головок капусти характеризуються гібриди Акварель F₁ та Кубок F₁.

Список використаних джерел

1. Валецька О. В. Ефективність застосування органічних ферментованих добрив у ланці сівозміни. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. Випуск 16. С. 280 – 286.
2. Вдовенко С. А., Іванович О. М. Перспектива вирощування капусти брссельської для українського ринку. *Сільське господарство та лісівництво*. № 11. 2018. С. 89 – 96.
3. Гуральчук Ж. З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. *Київ : Логос*, 2006. 208 с.
4. ДСТУ 7037:2009. Капуста білоголова свіжа. Технічні умови. *Київ*. 2010.
5. Логоша Р. В., Мороз І. О., Кричковський В. Ю. Потенціал і проблеми розвитку вітчизняного ринку органічного

овочівництва. *Бізнесінформ*. № 1. 2019. С. 215 – 220.

6. Логоша Р. В., Підвальна О. Г. Фактори розвитку ринку продукції органічного овочівництва в Україні. *International scientific journal «Internauka»*. 11 (51), vol. 2, 20, 2018. С. 15 – 21.

7. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. За ред. Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. *Харків: Основа*, 2001 369 с.

8. Новак Н. П. Організація та управління інноваційно-інвестиційною діяльністю виробників органічної продукції. *Інвестиції: практика та досвід*. № 11. 2016. С. 24 – 27.

9. Повх О. В. Економічна та біоенергетична ефективність застосування органічного ферментованого добрива та мікробіологічного препарату в технології

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

виросування капусти білоголової. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Випуск 23. 2015. С. 144 – 148.

10. Рідей Н. М., Строкаль В. П., Рибалко Ю. В. Екологічна оцінка агробіоценозів: теорія, методика, практика. *Херсон : Олді – плюс*, 2011. 258 с.

11. Чернецький В. М., Чередниченко Л. І. Завдання овочівництва України та шляхи їх вирішення. *Збірник наукових праць ВНАУ*. № 36. Вип.4. 2012. С. 115 – 122.

12. Ястемська А. А. Сучасні реалії органічного землеробства : рекомендаційний показник літератури. за ред. О. Г. Пустова Д. В. Ткаченко. *Миколаїв : МНАУ*, 2021. 60 с.

13. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. *Voca Raton : Crc Press*, 2010. 548 p.

14. Kanatas P. Float system and crucial points of the method for seedling production and crop cultivation with or without organic fertilization. *Agronomy Research*. 18 (1), 137 – 147, 2020. <https://doi.org/10.15159/AR.20.088>

15. Lepse L., Zeipiņa S., Missa I. and Osvalde A. The effect of cultivation technology on the plant development of organically grown garlic, *Agronomy Research*. 19 (4), 1823 – 1829, 2021. <https://doi.org/10.15159/AR.21.102>

16. Minin V. B., Popov V. D., Maksimov D. A., Ustrov A. A., Melnikov S. P. and Papushin E. Developing of modern cultivation technology of organic potatoes. *Agronomy Research*. 18 (S2), 1359 – 1367, 2020 <https://doi.org/10.15159/AR.20.030>

17. Zarina L., Zarina L., Piliksere D. and Cerina S. Gross margin comparison of cultivation of different legume species in the organic farming system. *Agronomy Research*. 19 (S2), 1216 – 1222, 2021. <https://doi.org/10.15159/AR.21.051>

References

1. Valetska O. V. (2014) Efektyvnist zastosuvannya orhanichnykh fermentovanykh dobryv u lantsi sivozminy [Effectiveness of using organic fermented fertilizers in the chain of crop rotation]. *Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti – Bulletin of the Center for*

APV of the Kharkiv region. Vypusk 16. S. 280 – 286. [in Ukrainian].

2. Vdovenko S. A., Ivanovych O. M. (2018) Perspektyva vyroshchuvannya kapusty briusselskoi dlia ukrainskoho rynku [The prospect of growing Brussels sprouts for the Ukrainian market]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 11. S. 89 – 96. [in Ukrainian].

3. Huraldchuk Zh. Z. (2006) Fitotoksychnist vazhkykh metaliv ta stiikist roslyn do yikh dii [Phytotoxicity of heavy metals and resistance of plants to their action]. *Kyiv : Lohos*, 208 s. [in Ukrainian].

4. (2010) DSTU 7037:2009. Kapusta biloholova svizha. Tekhnichni umovy [Cabbage is fresh. Specifications]. *Kyiv*. [in Ukrainian].

5. Lohosha R. V., Moroz I. O., Krychkovskyi V. Yu. (2019) Potentsial i problemy rozvytku vitchyznianoho rynku orhanichnoho ovochivnytstva [The potential and problems of the development of the domestic market of organic vegetable growing]. *Biznesinform – Business information*. № 1. S. 215 – 220. [in Ukrainian].

6. Lohosha R. V., Pidvalna O. H. (2018) Faktory rozvytku rynku produktsii orhanichnoho ovochivnytstva v Ukraini [Factors of market development of organic vegetable growing products in Ukraine]. *International scientific journal «Internauka»*. 11 (51), vol. 2, 20, S. 15 – 21. [in Ukrainian].

7. (2001) Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [Methods of research in vegetable growing and melon growing]. *Za red. H. L. Bondarenka, K. I. Yakovenka. Kharkiv: Osnova*, 2001 369 s. [in Ukrainian].

8. Novak N. P. (2016) Orhanizatsiia ta upravlinnia innovatsiino-investytsiinoiu diialnistiu vyrobnykiv orhanichnoi produktsii [Organization and management of innovation and investment activities of producers of organic products]. *Investytsii: praktyka ta dosvid – Investments: practice and experience*. № 11. S. 24 – 27. [in Ukrainian].

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

9. Povkh O. V. (2015) Ekonomichna ta bioenerhetychna efektyvnist zastosuvannya orhanichnoho fermentovanoho dobrovyva ta mikrobiolohichnoho preparatu v tekhnolohii vyroshchuvannya kapusty biloholovoi [Economic and bioenergetic effectiveness of the application of organic fermented fertilizer and microbiological preparation in the technology of growing white cabbage.]. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv – Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*. Vypusk 23. S. 144 – 148. [in Ukrainian].

10. Ridei N. M., Stokral V. P., Rybalko Yu. V. (2011) Ekolohichna otsinka ahrobiotsenoziv: teoriia, metodyka, praktyka [Ecological assessment of agrobiocenoses: theory, methodology, practice]. *Kherson : Oldi – plus*, 258 s. [in Ukrainian].

11. Chernetskyi V. M., Cherednychenko L. I. (2012) Zavdannya ovochivnytstva Ukrainy ta shliakhy yikh vyrishennia [Tasks of vegetable growing in Ukraine and ways to solve them.]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU – Collection of Scientific Works of VNAU*. № 36. Vyp.4. S. 115 – 122. [in Ukrainian].

12. Iastemska A. A. (2021) Suchasni realii orhanichnoho zemlerobstva : rekomendatsiinyi pokazhchyk literatury. za red [Modern realities of organic farming:

recommended literature index]. O. H. Pustova D. V. Tkachenko. *Mykolaiv : MNAU*. 60 s. [in Ukrainian].

13. Kabata-Pendias A. (2010) Trace Elements in Soils and Plants. *Boca Raton : Crc Press*, 548 p.

14. Kanatas P. (2020) Float system and crucial points of the method for seedling production and crop cultivation with or without organic fertilization. *Agronomy Research*. 18 (1), 137 – 147. URL : <https://doi.org/10.15159/AR.20.088>

15. Lapse L., Zeipiņa S., Missa I. and Osvalde A. (2021) The effect of cultivation technology on the plant development of organically grown garlic, *Agronomy Research*. 19 (4), 1823 – 1829, 2021. URL : <https://doi.org/10.15159/AR.21.102>

16. Minin V. B., Popov V. D., Maksimov D. A., Ustroev A. A., Melnikov S. P. and Papushin E. (2020) Developing of modern cultivation technology of organic potatoes. *Agronomy Research*. 18 (S2), 1359 – 1367. URL : <https://doi.org/10.15159/AR.20.030>

17. Zarina L., Zarina L., Piliksere D. and Cerina S. (2021) Gross margin comparison of cultivation of different legume species in the organic farming system. *Agronomy Research*. 19 (S2), 1216 – 1222. URL : <https://doi.org/10.15159/AR.21.051>

VARIETY STUDY OF WHITE-HEAD CABBAGE USING ORGANIC TECHNOLOGY IN THE OPEN GROUND

S. A. Vdovenko, I. I. Palamarchuk

Abstract. *As a result of the conducted research, it was established that varietal characteristics influence the interphase periods of white cabbage and its yield. The duration of the interphase period "stairs – the beginning of the formation of heads" varied in the studies. During the cultivation of the Slavia and Slava 1305 varieties, the interphase period "seedlings – the beginning of the formation of heads" was 88 – 89 days, respectively, but the plants of the Slavia variety are characterized by a more pronounced early maturity compared to the Slava 1305 varieties. In hybrids, early maturity was characterized by the plants of the Aquarel F₁ hybrids and Kubok F₁. In these options, the duration of the interphase period varied from 83 to 84 days.*

Plants of the Slavia variety and the control hybrid Megaton F₁ were characterized by a longer period of harvesting cabbage heads. In the specified options, the duration of product collection was 20 days. In other variants of the experiment, the duration of

Вдовенко С. А., Паламарчук І. І.

harvesting was shorter by 1 day in relation to the Aquarel F₁ and Kubok F₁ hybrids and by 2 days in relation to the Slava 1305 variety. Among the varieties, an earlier beginning of head formation was found in plants of the Slavia variety and the Aquarel F₁ and Kubok F₁ hybrids.

During the cultivation of hybrids Kubok F₁. and Aquarel F₁, the yield of these variants exceeded the yield of the control variant by 7–12 %, respectively. On average, during the years of conducting the experiment, the total yield of white cabbage varied between 26.3–27.0 t/ha by varieties and 30.1–32.6 by hybrids. Cultivation of hybrids Kubok F₁. and Aquarel F₁ in the open ground is appropriate because it provides an increase in the overall yield of the plant by 8 % for seedless cultivation.

An earlier arrival of cabbage heads was characterized by hybrids Aquarel F₁ and Kubok F₁, the first harvest of which was 16.0 and 16.4 % of the total yield.

Key words: *white cabbage, variety, hybrid, organic cultivation, biometric indicators, productivity*

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЮЦЕРНИ ПОСІВНОЇ ЗА ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Н. Я. ГЕТМАН, доктор сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-6627-5256>

Вінницький національний аграрний університет

E-mail: nadia.getman52@gmail.com

Л. М. БУРКО, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-0638-0481>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: Lesya1900@i.ua

І. В. СВИСТУНОВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0001-8922-1261>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: irinasv@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.006](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.006)

***Анотація.** У статті наведено результати досліджень впливу режимів використання травостою на кормову продуктивність різних екотипів люцерни посівної. Встановлено, що за рахунок корегування відчуження травостою за основними фазами росту і розвитку рослин отримали стабільні показники їх висоти за укосами. За поєднання органічних добрив та вапнування ґрунту приріст рослин знаходився в межах 4,4-4,9 см, або становив 6,7-8,9 % до фону.*

За умов зміни клімату люцерна посівна формувала стабільні показники продуктивності на органічному фоні удобрення у поєднанні з вапнуванням ґрунту. Відмічено зростання урожайності листостеблової маси в першому укосі люцерни посівної за основними фазами росту і розвитку, яке незалежно від сортових особливостей культури знаходилось в інтервалі 22,4-23,5 т/га у фазі бутонізації, 27,6-28,4 т/га – на початку цвітіння та 28,3-29,2 т/га – у цвітінні.

Найбільшу продуктивність культури забезпечив 3-й режим використання травостою «три укоси на початку фази цвітіння». Південний екотип люцерни посівної сорту Унітро за 4 укоси сформував урожай листостеблової маси на рівні 64,3 т/га з виходом сухої речовини 14,79 т/га. Сорт люцерни посівної Росана забезпечив відповідно 64,8 та 15,60 т/га. Вихід сирого протеїну становив 2,88-3,03 т/га, або був вищим на 24,7-28,0 %, порівняно із використанням травостою всіх укосів у фазі бутонізації.

На основі аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що незалежно від зміни чергування укосів за основними фазами росту і розвитку культури, відмічена її витривалість та стабільність продукувати незалежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду.

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.

Ключові слова: люцерна посівна, сорт, висота, органіка, облистяність, бунтонізація, цвітіння, урожайність, суха речовина

Актуальність. Одним зі шляхів розв'язання проблеми компенсації від'ємного балансу поживних речовин є більш повне застосування місцевих сировинних ресурсів та нетрадиційних органічних добрив, які спроможні забезпечити рослини поживними речовинами упродовж тривалого їх використання. У зв'язку з цим інтенсифікація кормовиробництва повинна базуватись на впровадженні екологічнобезпечних технологій виробництва органічної продукції, яка має важливе національне значення, оскільки спрямована на забезпечення населення дієтичними продуктами харчування. Виконання такого заходу базується на збалансуванні виробничих і природоохоронних об'єктів, а також на застосуванні біологічних факторів інтенсифікації галузі, як основних складових органічного кормовиробництва.

Згідно зі стандартами органічного сільськогосподарського виробництва в склад сівозміни необхідно включати не менше 20 % рослин, які відновлюють ґрунт та накопичують поживні речовини. До цієї біологічної групи відносяться зернобобові культури, їх сумішки зі злаками та багаторічні бобові трави (Гетман та ін., 2016; Скальський, 2010; Квітко та ін., 2014).

Тому актуальним є вивчення ефективності біологізації сівозмін, виключення застосування мінеральних добрив і пестицидів, застосування органічних добрив у вигляді гною, сидератів, побічної продукції рослинництва, уведення проміжних посівів сільськогосподарських культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний стан розвитку сільського господарства завжди пов'язаний з навколишнім середовищем, постійне нарощування виробництва продукції спричиняє величезні екологічні негаразди, призводячи до виснаження екосистем та втрати біологічного різноманіття. Нераціональне землекористування і ведення сільського господарства без врахування необхідності відновлення ґрунтового покриву призвело до прогресуючої деградації та зниження родючості ґрунтів – основи сільськогосподарського виробництва (Петриченко та ін., 2018; Петриченко та ін. 2020; Демидась та ін., 2013; Петриченко&Гетман, 2018).

Тому все більше набуває популярності органічне землеробство, де принципи системи удобрення тут збігаються з ідеєю максимального залучення гною, рослинних решток і побічної продукції, розширенням площ багаторічних бобових трав, що мають

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.

потужну кореневу систему. Ґрунтозахисні технології обробітку ґрунту в органічному виробництві, як і за традиційних форм його ведення, потребують запровадження протиерозійних знарядь безполицевого типу (Гетман, 2021; Петриченко&Квітко, 2010).

Проте за останній час у виробництво рослинницької продукції вносить свої корективи зміна гідротермічних ресурсів. Звідси виникає потреба щодо пошуку та впровадженню посухостійких видів і родин сільськогосподарських культур із групи мезофітів, які ростуть на бідних ґрунтах із групи мезотрофів або оліготрофів для стабільного ведення органічного кормовиробництва.

Серед широкого різноманіття сільськогосподарських культур важлива роль відводиться багаторічним бобовим травам, які є не тільки фабрикою рослинного білка, але й забезпечують підвищення родючості ґрунту, що є актуальним на сьогоднішній день. З метою покращення ростових процесів рослин на початкових етапах органогенезу та подальшого продукування травостою важливе значення має трансформація азоту не тільки в ґрунті, але й в цілому в рослинах упродовж їх вегетації (Buhaiov and other, 2018; Циганський, 2014).

Встановлено, що формування урожаю люцерни більше, як на 50 % його приросту, відбувається під

впливом органічних добрив за рахунок першого укосу незалежно від року використання травостою за інтенсивного лінійного росту рослин. На фоні органічних добрив у нормі 40 і 60 т/га висота рослин у першому укосі була більшою на 2,8 і 5,4 см в перший рік використання травостою, на другий рік відповідно на 8,2 і 11,0 см, на третій рік – 2,0 і 7,4 см. В другому укосі висота рослин була більшою на 1,7-4,0 см порівняно з варіантом без внесення добрив та підвищилась восени на 11-17 см за внесення гною (Русько та ін., 2002; Гетман, 2020; Забарний, 2009).

Важливо відзначити, що для максимальної реалізації генетичного потенціалу люцерни посівної та тривалого використання травостою стримуючим фактором є підвищена кислотність ґрунтів, яка порушує оптимальне мінеральне живлення рослин та пригнічує життєдіяльність мікрофлори. Вченими доведено, що на вапнованих ґрунтах підвищується азотфіксація люцерни та зменшується рухомість токсичних елементів алюмінію та марганцю, а також встановлена пряма залежність її урожайності від ґрунтового розчину (Kvitko and other, 2021).

Для розв'язання важливого питання існують програми удобрення із використанням альтернативних видів добрив, які можуть збільшити надходження органіки в кілька разів. Серед таких заслуговує на увагу пташиний послід, а саме –

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.

перепелиний, який стає популярним, особливо на присадибних ділянках. За тривалого утримання птахів накопичується велика кількість посліду, яка по відношенню до корму становить приблизно 1: 1 за об'ємом. За хімічним складом він в 34 рази багатше, ніж гній великої рогатої худоби. Поживні речовини в ньому знаходяться в сприятливому для рослин і ґрунтової мікрофлори поєднанні, швидко розчиняються у воді і легко засвоюються. В перший рік внесення пташиний послід близький до мінеральних добрив та післядія їх на показники урожайності відчувається упродовж 2-3-х років, завдяки високій концентрації органічних компонентів та їх поступовому вивільненню.

Водночас покращується водно-повітряне живлення рослин, розвиток ґрунтових бактерій та мікроорганізмів, що живуть в симбіозі з корінням різних видів і сортів сільськогосподарських культур, допомагаючи їм споживати доступні елементи живлення (Гетман&Квітко, 2020; Dillehay& Curran, 2010).

Тому комплексне вивчення закономірностей росту, розвитку та формування вегетативної маси кормових культур в агроєкосистемі можливо лише на підставі кількісної та якісної оцінки впливу ґрунтово-кліматичних умов.

Мета дослідження полягає у вивченні продуктивності люцерни

посівної залежно від впливу нетрадиційних органічних добрив та режимів використання травостою за умов зміни гідротермічних ресурсів Подільського регіону.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2017-2019 рр. у відділі польових кормових культур, сіножатей і пасовищ Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах на лесі. Агрохімічний аналіз ґрунту проводили в Вінницькій філії ДУ „Держґрунтохорона” Інституту охорони ґрунтів України, де вміст гумусу в орному шарі (0-30 см) становив 2,0 %, рН сольової витяжки 4,7, гідролітична кислотність 3,60 мг-екв. на 100 г ґрунту, сума ввібраних основ 18,4 мг-екв. на 100 г ґрунту. У 100 г ґрунту міститься 9,2 мг лужногідролізованого азоту, 5,5 мг обмінного калію, 11,5 мг рухомих форм фосфору.

У досліді вивчали кормову продуктивність різних екотипів люцерни посівної Росана (оригіратор Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН) та Унітро (оригіратор Інститут зрошуваного землеробства НААН).

Агротехніка передбачала проведення основного та передпосівного обробітку ґрунту, вапнування за гідролітичною кислотністю та внесення органічних добрив у вигляді перепелиного

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.

посліду у нормі 2 т/га. У вологому стані вміст азоту становив 2,0 %, фосфору 1,5 % та калію 1,0 %. Перед сівбою насіння обробляли ризобофітом. Спосіб сівби – безпокритий, норма висіву люцерни 8,0 млн/га схожих насінин.

Повторність досліду триразова. Кількість варіантів – 16, розміщення варіантів систематичне в два яруси. Розмір посівної ділянки 26 м², облікової за режимами використання – 6 м².

За роки проведення досліджень погодні умови різнилися від багаторічних показників. Так, у 2017 р. вони були вкрай складними та характеризувались, як посушливими. За квітень–вересень сума опадів становила 206 мм та середньомісячна температура повітря за період червень–серпень досягала 19,1-21,4 °С, ГТК 0,73. За циклами скошування травостою люцерни посівної в умовах 2018 року середньомісячна температура повітря була на рівні 17,8 °С, кількість опадів становила 398 мм, ГТК 1,33. 2019 р. був сприятливим для формування сталого урожаю листостеблової маси за суми опадів 318 мм, середньомісячної температури повітря 17,1 °С та ГТК 1,11.

Таким чином, в середньому за проведення досліджень гідротермічні ресурси були сприятливими для росту і розвитку та формуванню врожаю листостеблової маси люцерни посівної у період вегетації. Проте в

окремі міжфазні періоди спостерігались суттєві відхилення від багаторічних показників, що в свою чергу позначилось на продуктивності травостою.

Результати досліджень та їх обговорення. Одним з характерних ознак урожайності листостеблової маси кормових культур, в тому числі і люцерни посівної є висота рослин. Спостереження показали, що висота рослин люцерни посівної обумовлювалась факторами, що досліджували – удобрення, режими використання травостою та сортові особливості культури. Так, сорт люцерни Росана відрізнявся інтенсивними темпами наростання листостеблової маси, про що свідчать біометричні виміри рослин за режимами та укосами скошування. Встановлено, що в першому укосі за режиму – «усі укоси в фазі бутонізації (ВВСН код 50)» висота її була вище на 12,8-13,5 см за південного екотипу Унітро та досягала 75,0-75,8 см. Приріст рослин на органічному фоні удобрення знаходився на рівні 0,8-1,5 см. За другого режиму скошування травостою — ««1-й укіс у фазі бутонізації, 2-й і 3-й укоси на початку цвітіння (ВВСН код 50-60)» сорт люцерни Унітро відрізнявся нижчими показниками, що становили 61,2-65,1 см, проти 75,4-76,8 см – у сорту Росана (табл.1).

Згідно з режимами використання посівів люцерни висота рослин в першому укосі поступово

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.

підвищувалась та вже на початку цвітіння в обох сортів вона становила на фоні вапнування 88,3-91,1 см та органіки – 92,7-93,0 см. Лінійні показники відповідно зросли до 92,1-92,6 та 95,2-95,7 см при досягненні рослинами фази повного цвітіння.

Після відчуження стеблостою формування другого укосу у обох сортів проходило за середньодобової температури повітря 19,3-19,8°C та за умов надмірного зволоження в червні (186 мм).

1. Вплив удобрення та режимів використання травостоїв на висоту люцерни посівної, см

Удобрення	Сорт Унітро				Сорт Росана			
	Укоси							
	1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	2-й	3-й	4-й
1-й - усі укоси в фазі бутонізації (код 50 ВВСН)								
Фон (вапнування)	61,5±4,7	47,5±3,9	53,5±2,7	47,5±2,2	75,0±3,8	49,5±3,4	51,2±3,1	52,2±3,2
Фон + гній, 2 т/га	63,0±5,6	51,1±3,1	57,2±3,6	58,2±3,5	75,8±3,4	52,6±3,0	56,8±3,6	58,9±2,1
2-й - 1-й укіс у фазі бутонізації, 2-й і 3-й укоси на початку цвітіння (код 50-60 ВВСН)								
Фон (вапнування)	61,2±4,1	51,4±2,1	48,2±3,4	48,2±3,3	75,4±3,5	52,4±2,3	47,2±2,4	54,6±2,7
Фон + гній, 2 т/га	65,1±3,3	55,6±3,1	51,2±2,3	57,2±3,1	76,8±3,6	56,8±3,2	52,1±3,5	62,8±3,9
3-й - три укоси на початку фази цвітіння (код 60 ВВСН)								
Фон (вапнування)	88,3±2,8	50,5±2,3	45,0±2,3	47,4±2,2	91,1±2,8	51,7±3,8	45,3±3,1	55,2±3,4
Фон + гній, 2 т/га	92,7±2,9	54,8±3,8	47,7±2,2	54,4±3,8	93,0±2,9	55,4±3,3	46,5±2,8	61,2±2,6
4-й - 1-й укіс у цвітінні, 2-й - початок цвітіння, 3-й – бутонізації (код 65-60-50 ВВСН)								
Фон (вапнування)	92,1±2,4	49,4±3,4	42,6±2,7	47,0±2,0	92,6±2,6	50,4±2,2	43,4±2,8	53,1±2,2
Фон + гній, 2 т/га	95,2±3,5	53,2±3,2	46,2±1,8	53,8±3,8	95,7±2,7	54,5±2,9	45,6±2,1	61,8±4,8

Такі погодні умови негативно впливали на ростові процеси люцерни та настання укисної стиглості культури, передбаченою режимами використання. Так, у фазі бутонізації (код 50 ВВСН) «1-й режим» рослини були невисокими 47,5-49,5 см на фоні вапнування та зросли за внесення органічних добрив до 51,1-52,6 см.

За другого-четвертого режимів скошування на початку фази цвітіння (код 60 ВВСН) люцерни посівної висота рослин у сортів відрізнялась та залежала від строків проведення попереднього укосу. На фоні вапнування у сорту Унітро вона

поступово зменшувалась від 51,4 до 49,4 см та у сорту Росана від 52,4 до 50,4 см. Така ж саме тенденція встановлена і за органічного живлення травостою, з наступним розподілом показників відповідно з 55,6 до 53,2 та 56,8 до 54,5 см. Різниця між фонами удобрення знаходилась в інтервалі 3,7-4,4 см незалежно від сорту.

Зменшення висоти рослин за умов надмірного зволоження можна пояснити тим, що постійна позитивна динаміка підвищення середньорічних температур, навіть за умови зростання кількості опадів, істотно

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.

збільшує швидкість випаровування вологи з поверхні ґрунту. В результаті чого рослинам потрапляє набагато менше продуктивної вологи, ніж за більш помірною їх надходження з опадами в ґрунт, але за більш низької температури. В умовах підвищеної температури випаровуваність зростає в 1,4-1,9 рази, що робить пізньовесняні і ранньолітні опади малопродуктивними. Рослини не встигають скористатися мінімальними запасами вологи й внаслідок цього продуктивність посівів дещо зменшується.

Люцерна посівна, як культура довгого дня, реагує на скорочення тривалості світлової доби зменшуючи показники урожаю. За нашими спостереженнями це відбувається під час формування третього та четвертого укосів, а саме і в липні та серпні з показниками середньодобової температури повітря 19,8-21,1 °С та нерівномірного розподілу атмосферних опадів. За таких умов уповільнюється наростання рослин у висоту, яка у третьому укосі у фазі бутонізації за 4-го режиму використання травостою становила 42,6-46,2 см у сорту Унітро та 43,4-45,6 см у сорту Росана. За скошування люцерни на початку цвітіння «3-й режим» висота рослин зросла до 45,0-47,7 та 45,3-46,5 см відповідно. Відчуження люцерни посівної за другого режиму використання показники зросли та становили у сорту Унітро – 48,2-51,2

та 47,2-52,1 см у сорту Росана. Найбільші вони відмічені за скошування люцерни за 1-го режиму – «усі укоси у фазі бутонізації», що становили 51,2-57,2 см, тобто наростання висоти корегувалось строками скошування попереднього укосу.

За четвертого циклу відчуження травостою, який проводили у вересні, склалися сприятливі гідротермічні умови для люцерни, яка знаходилась у фазі бутонізації та висота рослин була вищою порівняно з третім укосом. Між сортами та режимами використання травостою вона відрізнялась та знаходилась в інтервалі 47,5-58,2 см (Унітро) та 52,2-62,8 см (Росана). На органічному фоні удобрення за другого режиму «1-й укіс у фазі бутонізації, 2-й і 3-й укоси на початку цвітіння (код 50-60 ВВСН)» люцерна забезпечила найбільші показники на рівні 62,8 см у сорту Росана та за першого режиму «усі укоси у фазі бутонізації (код 50 ВВСН)» у сорту Унітро становили – 58,2 см.

Визначення дії досліджуваних чинників на формування висоти рослин, які різною мірою впливали на її параметри та незалежно від фону удобрення у першому укосі відмічена тенденція їх підвищення з 68,8 до 93,9 см за основними фазами органогенезу. За другого укосу дані вирівнялись та знаходились в межах 53,1-54,1 см (2-3-й режими), а найбільші значення були відмічені за

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.

2-м режимом – 54,1 см, а найменші – 50,2-51,9 см за 1-м та 4-м режимами (табл. 2).

2. Вплив окремих елементів технології вирощування на висоту рослин люцерни посівної, см

Режими використання	Укоси				Удобрення		Сорт	
	1-й	2-й	3-й	4-й	вапнування	гній	Унітро	Росана
1-й – усі укоси в фазі бутонізації	68,8	50,2	54,7	54,2	54,7	59,2	54,9	59,0
2-й – 1-й укіс у фазі бутонізації, 2-3-й укоси на початку цвітіння	69,6	54,1	49,7	55,7	54,8	59,7	54,8	59,8
3-й – три укоси на початку фази цвітіння	91,3	53,1	46,1	54,6	59,3	63,3	60,1	62,4
4-й – 1-й укіс у цвітінні, 2-й – початок цвітіння, 3-й – бутонізації	93,9	51,9	44,5	53,9	58,8	63,2	59,9	62,1

У третьому укосі висота рослин люцерни посівної корегувалась погодними умовами, строками скошування та режимом відчуження травостою. Відмічено її зниження від 1-го до 4-го режимів з 54,7 до 44,5 см, така ж закономірність залишилась в четвертому укосі за 3-4-го режимів, при цьому найбільші параметри отримали за 2-го режиму – 55,7 см. За першого режиму використання травостою у фазі бутонізації не встановлено значної різниці у висоті між 3-4-м укосами люцерни.

За нашими підрахунками найбільша дія фону живлення відмічена за 2 та 3-го режимів використання травостою, де висота рослин відповідно становила 59,7 та 63,3 см незалежно від сортових особливостей. Чинник «сорт» найбільш реагував на режими використання травостою та

забезпечив найкращі показники за 3-го режиму «всі укоси на початку цвітіння» – 60,1-62,4 см. Сорт Росана за лінійними вимірами переважав сорт Унітро на 4,1-5,0 см за 1-2-го та 2,2-2,3 см – за 3-4-го режимів.

Найкращі параметри висоти отримали за поєднання двох факторів, де приріст рослин в обох сортів знаходився в межах 4,0-4,9 см, або зріс на 6,7-8,9 %. Можна зробити висновок, що корегування строків скошування травостою сприяли кращому його розвитку.

Встановлено, що перший укіс листостеблової маси люцерни посівної формувався за рахунок продуктивної вологи осінньо-зимового періоду та достатнього температурного режиму для проходження етапів органогенезу. Рослини сформували високий врожай листостеблової маси за скошування

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.

травостою у фазі початку та повного цвітіння (3-4 режими) незалежно від рівня удобрення. При цьому найбільшим він був на органічному

фоні удобрення, який становив 27,6-28,3 т/га у сорту Унітро та 28,4-29,2 т/га – Росана (табл. 3).

3. Розподіл урожаю листостеблової маси люцерни за укосами залежно від рівня удобрення та режиму використання травостою, т/га

Удобрення	Сорт Унітро				Сорт Росана			
	Укоси							
	1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	2-й	3-й	4-й
1-й - усі укоси в фазі бутонізації								
Фон (вапнування)	21,6	7,9	11,7	10,5	22,4	8,1	11,2	10,7
Фон + гній	22,4	8,4	13,6	12,5	23,5	9,9	13,9	12,8
2-й - 1-й укіс у фазі бутонізації, 2-й і 3-й укоси на початку цвітіння;								
Фон (вапнування)	22,1	11,5	10,8	11,3	22,9	12,5	9,6	11,1
Фон + гній	23,1	13,5	13,1	13,4	24,0	14,4	13,5	13,9
3-й - три укоси на початку фази цвітіння;								
Фон (вапнування)	24,6	10,4	9,3	10,9	25,6	10,2	8,9	10,8
Фон + гній	27,6	12,1	11,8	12,8	28,4	12,7	10,7	13,0
4-й - 1-й укіс у цвітінні, 2-й - початок цвітіння, 3-й – бутонізації.								
Фон (вапнування)	25,2	9,6	7,4	10,6	26,7	9,7	8,1	10,7
Фон + гній	28,3	11,3	10,0	12,7	29,2	11,9	10,6	12,8

Найменший урожай люцерна посівна забезпечила за скошування першого укосу у фазі бутонізації (код 50 ВВСН), який був на рівні 22,4-24,0 т/га незалежно від екотипу. Це пояснюється нижчою довжиною рослин на час скошування травостою 68,8-69,6 см, проти 91,3-93,9 см порівняно з фазою цвітіння, як одну із величин, підтверджуючих урожайність та строком скошування культури.

Наступні відчуження проводили за схемою, яка передбачала чергування укосів за фазами росту і розвитку, щоб встановити генетичні можливості культури формувати сталий урожай. Так, другий укіс люцерни посівної вже формувався за поступового зростання

середньодобової температури повітря та підвищеного вологозабезпечення. За таких погодних умов на фоні вапнування висота рослин становила 47,5-49,5 см, яка підвищилась до 51,1-52,6 см на фоні органічних добрив. Тому урожай листостеблової маси за першого режиму скошування «усі укоси у фазі бутонізації» становив 7,9-9,9 т/га. Сформований потужний травостій та атмосферні опади сприяли кращому росту і розвитку рослин та підвищенню урожайності листостеблової маси до 10,5-13,9 т/га за третього та четвертого укосів.

За ефективного використання рослинами сонячної інсоляції та застосування органічних добрив отримали валовий збір листостеблової маси на рівні 56,9-65,8

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.

т/га незалежно від сорту та режимів використання травостою. При цьому найбільший вихід сирого протеїну забезпечив 3-й режим скошування травостою у фазі початку цвітіння, який становив 3,03 т/га у люцерни сорту Росана, тоді як у сорту Унітро

він знаходився на рівні 2,88 т/га. Показники виходу сирого протеїну були вищими на 24,7-28,0 та 7,1-8,3 %, ніж за першого та другого режимів використання відповідно (табл.4).

4.Продуктивність люцерни посівної залежно від рівня удобрення та режиму використання травостою, т/га

Удобрення	Сорт Унітро			Сорт Росана		
	зелена маса	суха речовина	сирий протеїн	зелена маса	суха речовина	сирий протеїн
1-й - усі укоси в фазі бутонізації						
Фон (вапнування)	51,7	9,83	2,03	52,4	9,97	2,11
Фон + гній, 2 т/га	56,9	10,81	2,25	60,1	11,41	2,43
2-й - 1-й укіс в фазі бутонізації, 2-й і 3-й укоси на початку цвітіння;						
Фон (вапнування)	55,7	12,50	2,47	56,1	12,48	2,48
Фон + гній, 2 т/га	63,1	13,34	2,66	65,8	14,18	2,83
3-й - три укоси на початку фази цвітіння;						
Фон (вапнування)	55,2	13,04	2,50	55,5	13,49	2,60
Фон + гній, 2 т/га	64,3	14,79	2,88	64,8	15,60	3,03
4-й - 1-й укіс в цвітінні, 2-й - початок цвітіння, 3-й – бутонізації.						
Фон (вапнування)	52,8	13,42	2,25	55,2	14,00	2,45
Фон + органіка	62,3	15,24	2,70	64,5	15,76	2,83
НР ₀₅ - зелена маса	А - 0,27; В - 0,28; С - 0,31.					
суха речовина	А - 0,10; В - 0,09; С - 0,10.					

Примітка: А – сорт; В – удобрення; С – режим використання.

Важливо відзначити, що за комбінації укосів у 4-тому режимі використання травостою, отримали найбільший вихід сухої речовини 15,24-15,76 т/га, який зріс у сорту Унітро – на 0,45-4,43 та 0,16-4,35 т/га – у сорту Росана. За підвищеного виходу сухої речовини у даному режимі зменшився збір сирого протеїну на 0,18-0,20 т/га, порівняно з використанням травостою люцерни «усіх укосів на початку цвітіння». Так, у сорту Унітро відмічено його зростання на 0,04-0,45 т/га ніж за 1-2-

го режимів та у сорту Росана на 0,40 т/га – за першого режиму використання травостою.

Висновки і перспективи. Встановлено, що за рахунок корегування відчуження травостою за основними фазами росту і розвитку рослин отримали стабільні показники їх висоти за укосами. За поєднання органічних добрив та вапнування ґрунту приріст рослин знаходився в межах 4,4-4,9 см, або становив 6,7-8,9 % до фону.

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.

За умов зміни погодних умов в період вегетації люцерна посівна забезпечила 4 укоси з найбільшими показниками урожайності листостеблової маси 22,4-29,2 т/га у першому укосі за використання органічного добрива у поєднанні з вапнуванням ґрунту.

Найбільшу продуктивність культури забезпечив 3-й режим використання травостою «три укоси на початку фази цвітіння». Південний екотип люцерни посівної сорту

Список використаних джерел

1. Гетман Н.Я., Векленко Ю.А., Ковтун К.П. Технології вирощування кормових культур і луківництва. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні : *монографія* / за ред. Я.М. Гадзала, В.Ф. Камінського. Аграрна наука, 2016. С. 258-294.

2. Скальський В.В. Органічне землеробство : проблеми та перспективи. *Економіка АПК*. 2010. № 4. С.48-53.

3. Квітко Г.П., Поліщук І.С., Протопіш І.Г., Мазур В.А., Корнійчук О.В., Гетман Н.Я., Демидась Г.І. Багаторічні трави, як природний фактор стабільного розвитку агропромислового виробництва України. *Збірник наукових праць ННЦ. Інститут землеробства НААН*. 2014. Вип. 7. С. 186-196.

4. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В., Векленко Ю.А. Сталий розвиток лукопасовищного кормовиробництва в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 6. С.25-32.

5. Петриченко В.Ф., Гетман Н.Я., Векленко Ю.А. Обґрунтування продуктивності люцерни посівної за тривалого використання травостою в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 3. С. 20-26.

6. Демидась Г.І., Квітко Г.П., Ткачук О.П., Ковленко В.П., Гетман Н.Я., Демцюра Ю.В. Багаторічні бобові трави як основа природної інтенсифікації

Унітро забезпечив урожай листостеблової маси на рівні 64,3 т/га з виходом сухої речовини 14,79 т/га. Сорт люцерни посівної Росана забезпечив відповідно 64,8 та 15,60 т/га. Вихід сирого протеїну становив 2,88-3,03 т/га, або був вищим на 24,7-28,0 %, порівняно із використанням травостою у фазі бутонізації.

Послідуючі дослідження потребують поглибленого вивчення трансформації азоту в ґрунті та рослині за роками життя.

кормовиробництва / за ред. Г.І. Демидася, Г.П. Квітка : *посібник*. 2013. 322 с.

7. Петриченко В.Ф., Гетман Н.Я., Циганський В.І. Люцерна посівна як стабілізуючий чинник інтенсифікації кормовиробництва. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 10. С.19-26.

8. Гетман Н.Я., Квітко М.Г., Циганський В.І. Люцерна посівна : *монографія*. ТВОРИ. 2021. 428 с.

9. Петриченко В.Ф., Квітко Г.П. Люцерна з новими якостями для культурних пасовищ : *Аграрна наука*, 2010. 96 с.

10. Buhaiov Vasily, Horenskyu Vitaly, Liatukiene Aurelija. The response of *Medicago sativa* to aluminium toxicity under laboratory and field conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2018. vol. 105. No. 2. p. 141-148.

11. Циганський В. І. Формування травостою люцерни посівної в період вегетації залежно від елементів технології вирощування. *Серія: Сільськогосподарські науки*. 2014. № 82 (5). С. 68-79.

12. Русько М.П., Аттіна Н.Ф., Маценко Т.Н. Продуктивність і хімічний склад люцерни залежно від режимів використання. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 11. С. 25-27.

13. Гетман Н.Я. Сортові ресурси люцерни посівної в інтенсифікації польового кормовиробництва. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 19 (4). С. 51-64.

14. Забарний О. С. Вплив гідротермічних умов на урожайність

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.

листочеклової маси люцерни в умовах правобережного Лісостепу. *Агрономія*, 2009. № 13. С. 430-434.

15. Kvitko M., Hetman N., Butenko A., Demydas H., Moisiienko V., Stotska S., Burko L., Onychko V. Factors of increasing alfalfa yield capacity under conditions of the forest-steppe. *Agraarteadus*. 2021. 32 (1). P. 59-66 (Scopus).

16. Гетман Н.Я., Квітко М.Г. Продуктивність люцерни посівної залежно від сортових особливостей та гідротермічних умов Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 17 (2). С. 143-155.

17. Dillehay, B.L. and Curran W.S. Comparison of herbicide programs for weed control in glyphosate-resistant alfalfa. *Weed Technol.* 2010. No. 24. P. 130-138.

References

1. Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini : monohrafiia. Za red. Hadzala, Ya.M., Kaminskoho V.F. *Ahrarna nauka*, 2016. 592 S.

2. Skalskyi V.V. Orhanichne zemlerobstvo : problemy ta perspektyvy. *Ekonomika APK*. 2010. № 4. S.48-53.

3. Kvitko H.P., Polishchuk I.S. Protopish I. H., Mazur V.A., Korniiichuk O.V., Hetman N.Ia., Demydas H.I. Bahatorichni travy, yak pryrodnyi faktor stabilnoho rozvytku ahropromyslovoho vyrobnytstva Ukrainy. *Zb. nauk. prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2014. Vyp. 7. S. 186-196.

4. Petrychenko V.F., Korniiichuk O.V., Veklenko Yu.A. Stalyi rozvytok lukopasovyshchnoho kormovyrobnytstva v umovakh zmin klimatu. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2018. № 6. S.25-32.

5. Petrychenko V.F., Hetman N.Ia., Veklenko Yu.A. Obgruntuvannia produktyvnosti liutserny posivnoi za tryvaloho vykorystannia travostoiu v umovakh zminy klimatu. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. №3. S. 20-26.

6. Demydas H.I., Kvitko H.P., Tkachuk O.P., Kovlenko V.P., Hetman N.Ia., Demetsiura Yu.V. Bahatorichni bobovi travy yak osnova pryrodnoi intensyfikatsii kormovyrobnytstva; za red. prof. H.I. Demydasia, H.P. Kvitka. K. : posibnyk. TOV «Nilan-LTD». 2013. 322 s.

7. Petrychenko V.F., Hetman N.Ia., Tsyhanskyi V.I. Liutserna posivna yak stabilizuiuchy chynnyk intensyfikatsii kormovyrobnytstva. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2018. № 10. S.19-26.

8. Hetman N.Ia., Kvitko M.H., Tsyhanskyi V.I. Liutserna posivna : monohrafiia. Vinnytsia. TVORY, 2021. 428 s.

9. Petrychenko V.F., Kvitko H.P. Liutserna z novymy yakostiamy dlia kulturnykh pasovyshch. *Ahrarna nauka*, 2010. 96 s.

10. Buhaiov Vasily, Horenskyi Vitaly, Liatukiene Aurelija. The response of Medicago sativa to aluminium toxicity under laboratory and field conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2018. vol. 105, No. 2, p. 141-148.

11. Tsyhanskyi V. I. Formuvannia travostoiu liutserny posivnoi v period vehetatsii zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannia. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Silskohospodarski nauky*. 2014. Vyp. 5 (82). S. 68-79.

12. Rusko M.P., Attina N.F., Matsenko T.N. Produktyvnist i khimichni sklad liutserny zalezno vid rezhymiv vykorystannia. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2002. № 11. S. 25-27.

13. Hetman N.Ia. Sortovi resursy liutserny posivnoi v intensyfikatsii polovoho kormovyrobnytstva. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2020. Vyp. 19. S. 51-64.

14. Zabarnyi, O. S. Vplyv hidrotermichnykh umov na urozhainist lystosteklovoi masy liutserny v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: Ahronomiia*, 2009. № 13. S. 430-434.

15. Kvitko M., Hetman N., Butenko A., Demydas H., Moisiienko V., Stotska S., Burko L., Onychko V. Factors of increasing alfalfa yield capacity under conditions of the forest-steppe/ *Agraarteadus*. 2021. 32 (1). R.59-66. (Scopus).

16. Hetman N.Ia., Kvitko M.H. Produktyvnist liutserny posivnoi zalezno vid sortovykh osoblyvostei ta hidrotermichnykh umov Lisostepu pravoberezhnoho. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2020. Vyp. 17. S. 143-155.

17. Dillehay, B.L. and W.S. Curran. "Comparison of herbicide programs for weed

Гетман Н. Я., Бурко Л. М., Свистунова І. В.
control in glyphosate-resistant alfalfa" *Weed
Technol.* 2010. no. 24. P. 130-138.

PRODUCTIVITY OF ALFALFA IN THE SYSTEM OF ORGANIC PRODUCTION UNDER THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

N. Y. Hetman, L. M. Burko, I. V. Svystunova

Abstract. *The article presents the results of studies of the influence of the modes of use of the grass stand on the forage productivity of different ecotypes of alfalfa. It was established that due to the correction of the alienation of the grass stand according to the main phases of growth and development of the plants, stable indicators of their height along the slopes were obtained. With a combination of organic fertilizers and soil liming, plant growth was within 4.4-4.9 cm, or 6.7-8.9% of the background.*

Under the conditions of climate change, alfalfa sowing formed stable productivity indicators on the organic background of fertilizer in combination with soil liming. An increase in the yield of leaf-stem mass in the first slope of sowing alfalfa according to the main phases of growth and development was noted, which, regardless of the varietal characteristics of the crop, was in the range of 22.4-23.5 t/ha in the budding phase, 27.6-28.4 t/ha - at the beginning of flowering and 28.3-29.2 t/ha - in flowering.

The highest productivity of the culture was provided by the 3rd mode of using the grass stand "three slopes at the beginning of the flowering phase". The southern ecotype of alfalfa of the Unitro seed variety in 4 cuttings produced a leaf-stem mass yield of 64.3 t/ha with a dry matter yield of 14.79 t/ha. The alfalfa variety of the Rosana seed provided 64.8 and 15.60 t/ha, respectively. The yield of crude protein was 2.88-3.03 t/ha, or was higher by 24.7-28.0%, compared to the use of the grass of all slopes in the budding phase.

Based on the analysis of the obtained data, it can be concluded that regardless of the change in the alternation of slopes according to the main phases of growth and development of the culture, its endurance and stability to produce regardless of the hydrothermal conditions of the growing season have been noted.

Keywords: *alfalfa seed, variety, height, organic matter, foliage, budding, flowering, productivity, dry matter*

УДК 639.3.043.2:597.552.56

РІСТ ЦЬОГОЛІТОК РАЙДУЖНОЇ ФОРЕЛІ ЗА РІЗНИХ РІВНІВ ТА СПІВВІДНОШЕНЬ ЛІЗИНУ Й АРГІНІНУ В КОМБІКОРМІ

В. М. КОНДРАТЮК, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0002-4246-2639>

E-mail: vadkondratyuk@nubip.edu.ua

М. Ю. СИЧОВ, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0002-6319-9876>

E-mail: sychov@nubip.edu.ua

І. І. ІЛЬЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-0961-6613>

E-mail: ilchukigor@nubip.edu.ua

Д. П. УМАНЕЦЬ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-1973-1132>

E-mail: umanetsdima@nubip.edu.ua

І. М. БАЛАНЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-7576-6508>

E-mail: balanchuk@nubip.edu.ua

Т. А. ГОЛУБЄВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-2467-5972>

E-mail: holubieva@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.007](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.007)

Анотація. У статті висвітлено результати досліджень впливу різних рівнів та співвідношень амінокислот лізину та аргініну у комбікормі на ріст і витрати кормів у цьоголіток райдужної форелі. Для досліджень було сформовано 6 груп, 1 контрольна та 5 дослідних, по 500 екземплярів у кожній. Роздавали комбікорм, що відрізнявся лише вмістом лізину та аргініну, 4 рази на добу у розрахунку 3 % від маси риб. У основний період тривалістю 40 днів, у комбікормах на фоні 2 рівнів лізину 3,00 (1–3 групи) та 3,20 % (4–6 групи) змінювали рівень аргініну – від 2,00 до 3,60 %. Якщо вміст лізину у комбікормі прийняти за 100 % то вміст аргініну змінювався від 62,50 до 120,00 %. Визначали масу форелі, розраховували абсолютний, середньодобовий та відносний прирости, витрати корму на 1 кг приросту. За підвищення рівня аргініну від 2,00 до 3,60 % на фоні ефективного рівня лізину – 3,00 % у комбікормі цьоголіток райдужної форелі маса риби зростає на 2,47–2,71 % ($p < 0,05$), абсолютний, середньодобовий та відносний прирости, відповідно на 3,04–3,24 % ($p < 0,05$); 3,85 % ($p < 0,05$) та 14,52–15,62 % ($p < 0,05$), витрати кормів на 1 кг приросту скоротились на 2,91–3,02 %. Підвищення рівня аргініну від 2,00 до 3,60 % на фоні підвищеного рівня лізину – 3,20 % у комбікормі цьоголіток

Кондратюк В. М., Сичов М. Ю., Ільчук І. І., Уманець Д. П., Баланчук І. М., Голубева Т. А.

райдужної форелі зумовило збільшення маси риби на 2,71–4,30 % ($p < 0,001$), абсолютного приросту – на 3,14–5,14 % ($p < 0,001$), середньодобового приросту – на 3,85–7,69 % ($p < 0,001$), відносного приросту – на 12,69–26,49 % ($p < 0,001$), витрати комбікорму на 1 кг приросту скоротились на 3,02–4,85 %. Збільшення рівня лізину у комбікормі від 3,00 до 3,20 % на фоні базового рівня аргініну – 2,00 % у комбікормі цьоголіток форелі вірогідно не вплинуло на масу та інтенсивність росту риби. У наших дослідженнях не встановлено явищ антагонізму між лізином та аргініном. Однобоке підвищення вмісту лізину у комбікормі не призвело до зниження росту цьоголіток райдужної форелі. Високий темп росту цьоголіток райдужної форелі отримано за співвідношення між лізином та аргініном у комбікормі 1,05–1,20 : 1. Найефективнішим співвідношенням виявилось – 1,13 : 1.

Ключові слова: райдужна форель, комбікорм, лізин, аргінін, маса риби, приріст, витрата корму

Актуальність та аналіз останніх досліджень та публікацій.

Балансування раціонів риб за вмістом окремих незамінних амінокислот, та їх достатня кількість і оптимальне співвідношення значно важливіше ніж забезпечення достатнього вмісту сирого протеїну корму. Зазвичай лімітуючими амінокислотами у комбікормах із вмістом рослинних компонентів є, у першу чергу, лізин та сірковмістні амінокислоти. Крім того, амінокислота лізин, що є інертною у більшості метаболічних реакцій, проте має важливе структурне значення у білках тіла, забезпечує кращий ріст риби [5, 7, 9]. У зв'язку з цим, часто вміст лізину у комбікормах підвищується для забезпечення активнішого росту – швидшого накопичення білка м'язових тканин. Таке однобоке підвищення вмісту лізину, чи інших амінокислот, наприклад сірковмістних, не завжди виправдовує очікування через дефіцит інших амінокислот, у першу

чергу незамінних. Тому забезпечення «ідеального протеїну» – найбільш ефективного співвідношення між окремими амінокислотами дозволяє забезпечити найкраще використання протеїну корму та отримати максимальний ріст [1, 5, 13]. Зазвичай такий амінокислотний профіль розраховується по відношенню усіх незамінних амінокислот до лізину.

Крім того, між амінокислотами корму існують явища антагонізму. Однобоке підвищення одних амінокислот зумовлює зниження перетравлювання чи всмоктування інших. Такий антагонізм, за даними деяких авторів, існує, наприклад, між лізином та аргініном. Надлишок лізину знижує всмоктування, реабсорбцію та підвищує активність аргінази [6]. Ряд дослідників показують відсутність антагонізму у між цими амінокислотами у риб на відміну від птахів та ссавців [11]. Поряд з тим аргінін залишається незамінним для форелі протягом

усього життя та відіграє важливу роль у синтезі білків, як структурна амінокислота та відіграє ряд важливих біохімічних функцій. У тому числі це знезараження азотистих речовин. У значних кількостях аргінін входить до складу білків протамінів і гістонів [2, 3, 4, 8, 9, 12, 14].

Значна кількість експериментальних даних показують потребу у лізині райдужної форелі на рівні 1,3 – 2,1 %. При цьому рівень аргініну складає від 1,4 – 2%. На 1 частину лізину у кормі повинно припадати 1,1 частин аргініну [8, 9, 10].

Останні дослідження показали ефективність для райдужної форелі вищих рівнів лізину – до 3 %) [1].

1. Схема досліді

Вміст амінокислот	Група					
	1	2	3	4	5	6
Зрівняльний період досліді (5 діб)						
Лізин	3,0					
Аргінін	2,00					
арг/ліз, %	66,67					
Основний період досліді (40 діб)						
Лізин	3,00	3,00	3,00	3,20	3,20	3,20
Аргінін	2,00	3,35	3,60	2,00	3,35	3,60
арг/ліз, %	66,67	111,67	120,00	62,50	104,69	112,50

Для дослідів сформовано 6 груп цьоголіток форелі по 500 екземплярів у кожній. Кожну дослідну групу утримували в акваріумі об'ємом 0,5 м³. Температура води коливалась від 14 до 16 °С.

Дослід був розділений на два періоди: зрівняльний та основний. Зрівняльний період тривав 5 діб, під час якого форель споживала

Отже, дослідження потреби у аргініні, його оптимального співвідношення з лізином, наявності антагонізму між цими амінокислотами, впливу на показники росту є актуальним.

Матеріал і методи досліджень.

Дослідження проводились на райдужній форелі (*Oncorhynchus mykiss*), методом груп у форелевому господарстві «Шипот» Перечинського району Закарпатської області та у науково-дослідній лабораторії кормових добавок кафедри годівлі тварин та технології кормів ім.П.Д.Пшеничного Національного університету біоресурсів і природокористування України (табл. 1).

«основний раціон» – базовий комбікорм із рівнем лізину 3,00 % та аргініну 2,00 %. Ефективний рівень лізину був встановлений експериментальним шляхом у попередніх дослідженнях [1]. Рівень аргініну відповідав існуючим рекомендаціям [8, 9, 10].

У основний період тривалістю 40 днів, у комбікормах на фоні 2 рівнів

Кондратюк В. М., Сичов М. Ю., Ільчук І. І., Уманець Д. П., Баланчук І. М., Голубєва Т. А.

лізину 3,00 (1–3 групи) та 3,20 % (4–6 групи) змінювали рівень аргініну – від 2,00 до 3,60%. Якщо вміст лізину у комбікормі прийняти за 100 % то вміст аргініну змінювався від 62,50 до 120,00 %.

Комбікорм для форелі різних дослідних груп відрізнявся лише за вмістом лізину та аргініну відповідно до схеми досліду (табл. 2).

2. Склад та поживність комбікорму, %

Компонент	Вміст
Зерно пшениці	20
Рибне борошно	30
Кров'яне борошно	15
Соевий концентрат	16
Дріжджі кормові сухі	10
Риб'ячий жир	8
Премікс	1
<i>У 100 г комбікорму міститься:</i>	
обмінна енергія, мДж	1,290
сирий протеїн, г	48,17
сирий жир,	10,89
БЕР	19,58
лізин	3,00 – 3,20*
аргінін	2,00 – 3,60*
метіонін	1,16

* вміст лізину та аргініну у комбікормі відповідно до схеми досліду

Рівень лізину та аргініну регулювали введенням синтетичних амінокислот.

Корми роздавали 4 рази на добу у розрахунку 3% від маси риб. Комбікорми згодовували у вигляді крупки, з розміром часточок 1,0 – 1,5 мм.

Масу риб визначали зважуванням на вагах AXIS ADA320 (виробник «AXIS», Польща).

Абсолютний приріст обчислювали як різницю показників у кінці й на початку досліду за формулою:

$$A = W_k - W_n$$

де A – абсолютний приріст, г; W_k – жива маса у кінці облікового періоду, г; W_n – жива маса на початку облікового періоду, г.

Середньодобовий приріст визначали за формулою:

$$A_{\text{доб}} = (W_k - W_n) : t$$

де $A_{\text{доб}}$ – середньодобовий приріст живої маси, г; W_k – жива маса у кінці облікового періоду, г; W_n – жива маса на початку облікового періоду, г; t – тривалість періоду, діб.

Відносний приріст визначали у відсотках за формулою:

$$A_{\text{відн}} = 100 \times (W_k - W_n) : W_n$$

де $A_{відн}$ – відносний приріст у відсотках за період досліду; W_k – жива маса у кінці облікового періоду, г; W_n – жива маса на початку облікового періоду, г.

Витрати комбікорму на 1 кг приросту визначали за формулою:

$$FConv = Fcons * 1000/A$$

де $FConv$ – витрати корму на 1 кг приросту; $Fcons$ – споживання корму, г; A – абсолютний приріст, г.

Визначення хімічного складу комбікормів, проводили методом Венде. Вміст амінокислот визначали за допомогою автоматизованого аналізатора ААА Т-339 (виробник Mikrotechna, Чехія) з стандартних

розчинів амінокислот фірми «Lachema» (Чехія).

Біометричну обробку результатів проводили з використанням програмного забезпечення MS Excel 2013. Результати представлені як середнє±стандартне відхилення ($x \pm SD$). Відмінності між групами форелі обчислювали за допомогою Т-тесту з використанням таких рівнів значущості: $P < 0,05$; $0,01$ і $0,001$.

Результати досліджень та їх обговорення. Вплив різних рівнів лізину та аргініну у комбікормі на масу піддослідних цьоголіток форелі наведено у таблиці 3.

3. Маса піддослідних риб за різних рівнів лізину та аргініну у комбікормі, г

Доба досліду	Група					
	1	2	3	4	5	6
5	2,04± 0,047	2,04± 0,052	2,05± 0,051	2,05± 0,044	2,06± 0,048	2,04± 0,046
10	3,15± 0,053	3,17± 0,047	3,17± 0,080	3,15± 0,072	3,16± 0,070	3,18± 0,047*
15	4,38± 0,218	4,47± 0,274	4,51± 0,249*	4,40± 0,194	4,48± 0,238	4,54± 0,269*
20	5,54± 0,299	5,71± 0,240*	5,68± 0,266	5,56± 0,298	5,67± 0,253	5,74± 0,232**
25	6,94± 0,205	7,07± 0,280*	7,11± 0,333*	6,96± 0,265	7,06± 0,302	7,09± 0,341*
30	8,28± 0,338	8,34± 0,312	8,41± 0,286	8,31± 0,305	8,35± 0,277	8,61± 0,367***
35	9,86± 0,319	10,18± 0,563**	10,21± 0,543**	9,90± 0,325	10,15± 0,508*	10,29± 0,510***
40	11,25± 0,530	11,35± 0,531	11,54± 0,548*	11,27± 0,528	11,35± 0,463	11,61± 0,710*
45	12,56± 0,600	12,87± 0,649*	12,90± 0,606*	12,59± 0,578	12,90± 0,655*	13,10± 0,501***

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ (порівняно з контрольною групою)

На початку основного періоду, на 5 добу досліду вірогідної різниці між цьоголітками дослідних груп не було. Зважування риб на 10 добу досліду показало уже певні результати впливу різних рівнів досліджуваних амінокислот у комбікормі. Підвищення рівня аргініну на фоні ефективного рівня лізину у форелі 2 та 3 дослідних груп не призвело до вірогідного підвищення маси. Показник зріс лише на 0,63 %. Збільшення рівня лізину на фоні базового рівня аргініну у комбікормі форелі 4 групи на вплинуло на показник маси риб, вона була на рівні контрольної групи. Підвищення рівня аргініну на фоні підвищеного рівня лізину у комбікормі риб 5 та 6 дослідних груп зумовило підвищення маси, відповідно на 0,32 і 0,95 % ($p < 0,05$).

На 15 добу досліджень маса риб 2 і 3 дослідних груп зросла більш суттєво із попереднім періодом. Вона зросла, відповідно на 2,05 і 2,97 % ($p < 0,05$). Маса риб 4 групи практично не змінилась порівняно з контролем, вона не вірогідно зросла лише на 0,46 %. Маса риб 5 та 6 дослідних груп зросла порівняно з контролем на 2,28–3,65 % ($p < 0,05$). Якщо порівняти показники 5 та 6 груп із 4 (базовим рівнем аргініну), то їх маса зросла на 1,82–3,18 % ($p < 0,05$).

Зважування риб на 20 добу досліджень показало схожу тенденцію, як і у попередні періоди. Маса риб зростала за підвищення

рівня аргініну, як на фоні ефективного рівня лізину – 3,00 %, так і підвищеного – 3,20 %. Маса риб у першому випадку зросла на 2,53–3,07 % ($p < 0,05$), у другому – на 2,35–3,61 % ($p < 0,01$). Маса форелі 5 та 6 груп перевищувала показник 4 на 1,98–3,24 % ($p < 0,05$). Підвищення рівня лізину у комбікормі до 3,20 % на фоні рівня аргініну 2,00 % не вплинуло на ріст риби.

На 25 добу досліджень результати впливу підвищення рівня аргініну у комбікормі форелі стали більш значущими. Так 2 та 3 групи вірогідно випереджали контроль на 1,87–2,45 % ($p < 0,05$). Форель 5 та 6 груп мала вищу масу за контроль на 1,73–2,16 % ($p < 0,05$) і вищу на 1,44–1,87 % за показник 4 групи. Різниця між рибою 3 групи та контролем була практично відсутня.

Найсуттєвішою, на 30 добу досліджень, була різниця у масі форелі, що споживала максимальний рівень лізину та аргініну. Вона випереджала контроль на 3,99 % ($p < 0,001$) та показник 3 групи – на 3,61 % ($p < 0,01$).

Маса риб 2 та 3 і 5 та 6 груп на 35 добу досліджень була вищою контрольного показника, відповідно на 3,25–3,55 % ($p < 0,01$) та 2,94–4,36 % ($p < 0,001$). Форель 5 та 6 груп мала вищу масу ніж риби 4 групи на 2,53–3,94 ($p < 0,001$) %. Показник риб 4 групи був не вірогідно вищим за контроль – на 0,41 %.

40 доба досліду знову показала підвищення маси форелі за збільшення аргініну у комбікормі та відсутність вірогідних змін за збільшення вмісту лізину на фоні базового рівня аргініну. Маса риб 2 та 3 груп зросла на 0,89–2,58 % ($p<0,05$), а форелі 5 та 6 груп – на 0,71–3,02 % ($p<0,05$). Маса цьоголіток 5 та 6 груп була вищою аналогів 4 на 0,71–3,02 % ($p<0,05$). Середній показник маси риби 3 групи був вищим контролю лише на 0,02 г.

Зважування риб в кінці досліду показало аналогічну попереднім

періодам тенденцію. Маса форелі 2 та 3 груп вірогідно випереджала контроль на 2,47–2,71 % ($p<0,05$), а риби 5 та 6 дослідних груп – на 2,71–4,30 % ($p<0,001$). Риба 5 і 6 групи переважала аналогів 4 групи на 2,46–4,05 % ($p<0,001$). За збільшення лише рівня лізину у комбікормі риб 4 групи їх маса вірогідно не змінилась, зросла лише на 0,24 %.

Для аналізу інтенсивності росту піддослідної форелі були розраховані абсолютні, середньодобові та відносні прирости (табл. 4).

4. Прирости піддослідних риб за різних рівнів лізину та аргініну у комбікормі

Група	Приріст		
	абсолютний, г	середньодобовий, г	відносний, %
1	10,51±0,587	0,26±0,015	514,38±28,343
2	10,83±0,634*	0,27±0,016*	530,00±30,325*
3	10,85±0,597*	0,27±0,015*	528,90±29,753
4	10,54±0,568	0,26±0,014	514,61±27,638
5	10,84±0,644*	0,27±0,016*	527,07±31,055
6	11,05±0,494***	0,28±0,012***	540,87±25,968***

* $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$ (порівняно з контрольною групою)

Абсолютний приріст форелі 2 та 3 дослідних груп, що споживала комбікорм із підвищеним вмістом аргініну на фоні ефективного рівня лізину, зріс порівняно з контролем на 3,04–3,24 % ($p<0,05$). Абсолютний приріст риб 5 та 6 дослідних груп, що споживали комбікорм із підвищеними рівнями аргініну на фоні підвищеного рівня лізину також вірогідно зріс у порівнянні із контрольними аналогами – на 3,14–5,14 % ($p<0,001$).

Порівняння абсолютних приростів маси риб 5 та 6 груп із показником форелі 4 показало збільшення показника на 2,85–4,84 % ($p<0,001$). Збільшення лізину на фоні базового рівня аргініну у комбікормі форелі 4 групи суттєво на вплинуло на приріст абсолютної маси.

Середньодобовий приріст зріс у форелі 2 та 3 і 5 та 6 груп, відповідно на 3,85 % ($p<0,05$) і 3,85–7,69 % ($p<0,001$). Показник риб 5 і 6 груп зріс

порівняно із 4 – на 3,85–7,69 (p<0,001) %. Середньодобовий приріст форелі 4 групи не змінився порівняно із показником контролю.

Відносний приріст риби 2 та 3 груп зріс у порівнянні з контролем на 14,52–15,62 % (p<0,05). Приріст форелі 5 та 6 груп зріс на 12,69–

26,49 % (p<0,001) порівняно із контролем та на 12,46–26,26 % (p<0,001) порівняно з рибами 4 групи. Показник риби 4 групи та контролю буди практично однаковими.

Витрати кормів на 1 кг приросту форелі наведено у таблиці 5.

5. Витрати корму на 1 кг приросту форелі

Група	Витрата корму на 1 кг приросту, кг
1	0,928
2	0,901
3	0,900
4	0,926
5	0,900
6	0,883

Витрати корму у форелі 2 та 3 дослідних груп були нижчими ніж у контролі на 27–28 г, або 2,91–3,02 %. Риби 5 та 6 дослідних груп витрачали на 1 кг приросту на 28–45 г, або 3,02–4,85 % менше комбікорму ніж контрольні аналоги. Форель 5 та 6 дослідних групи витрачала на 1 кг приросту на 2,81–4,64 % менше комбікорму ніж аналоги 4 групи. Показник 4 групи був незначно нижчим контролю, лише на 0,22 %.

Отже, у дослідженнях встановлено підвищення маси, збільшення інтенсивності росту, зниження витрат кормів на одиницю приросту у цьоголіток форелі за збільшення рівня аргініну у комбікормі від 2,00 до 3,65 %, як на фоні вмісту лізину 3,00 %, так і

3,20 %. У попередніх дослідженнях не було отримано позитивних результатів за збільшення рівня лізину у комбікормі вище 3 % на фоні базового рівня аргініну. Це підтверджує, що для подальшого підвищення темпу росту необхідні інші амінокислоти, і зокрема аргінін. Групи форелі, де отримано найвищі показники маси та приростів споживали комбікорм у якому на 1 частину лізину припадало 1,04–1,20 частин аргініну. Ці висновки підтверджує і той факт, що за збільшення вмісту лізину у комбікормі на фоні мінімального рівня аргініну не відмічено суттєвого збільшення росту. Очевидно, у даному випадку 0,63–0,67 частин аргініну, що припадали на кожну

частину лізину були одним із лімітуючих факторів. Додатковий лізин не міг активізувати ріст за дефіциту аргініну. Отже, за збільшення у комбікормах частки одних незамінних амінокислот не слід забувати про необхідність одночасного збільшення інших.

У наших дослідженнях не було виявлено антагонізму між лізином та аргініном, що відмічалось деякими дослідниками у риб та спостерігається у теплокровних тварин та зокрема у птиці. Маса риби зростала за збільшення рівня аргініну на фоні обох рівнів лізину, а однобоке підвищення лізину не призвело до сповільнення росту, чи інших наслідків.

Висновки

1. Експериментально встановлено ефективне співвідношення між лізином та аргініном у комбікормах цьоголіток райдужної форелі. Високі показники росту та найнижчі витрати кормів отримано за відношення лізину до аргініну 1,05–1,20 : 1, а найвищу продуктивність за 1,13 : 1.

2. За підвищення рівня аргініну від 2,00 до 3,60 % на фоні ефективного рівня лізину – 3,00% у комбікормі цьоголіток райдужної

Список використаних джерел

1. Кондратюк В. М. (2021). Ефективність вирощування цьоголіток райдужної форелі (*Oncorhynchus Mykiss*) за різного вмісту лізину та метіоніну у кормах. Агроекологічний журнал. № 1. С. 173–181. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227260>

форелі маса риби зростає на 2,47–2,71 % ($p<0,05$), абсолютний, середньодобовий та відносний прирости, відповідно на 3,04–3,24 % ($p<0,05$); 3,85 % ($p<0,05$) та 14,52–15,62 ($p<0,05$) %. Витрати кормів на 1 кг приросту скоротились на 2,91–3,02 %.

3. Підвищення рівня аргініну від 2,00 до 3,60 % на фоні підвищеного рівня лізину – 3,20% у комбікормі цьоголіток райдужної форелі зумовило збільшення маси риби на 2,71–4,30 % ($p<0,001$), абсолютного приросту – на 3,14–5,14 % ($p<0,001$), середньодобового приросту – на 3,85–7,69 % ($p<0,001$), відносного приросту – на 12,69–26,49 ($p<0,001$) %. Витрати комбікорму на 1 кг приросту скоротились на 3,02–4,85 %.

4. Збільшення рівня лізину у комбікормі від 3,00 до 3,20 % на фоні базового рівня аргініну – 2,00 % у комбікормі цьоголіток форелі вірогідно не вплинули на масу та інтенсивність росту риби.

5. У наших дослідженнях не встановлено явищ антагонізму між лізином та аргініном. Однобоке підвищення вмісту лізину у комбікормі не призвело до зниження росту цьоголіток райдужної форелі.

2. Aren W. (1983). Aerobic and anaerobic ammonia production by fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*. V. 74, Issue 4, P. 675-684. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(83\)90127-X](https://doi.org/10.1016/0305-0491(83)90127-X)

3. Aren W., Marianne H. (1982). Nitrogen metabolism in goldfish, *Carassius*

auratus (L.). Pathway of aerobic and anaerobic glutamate oxidation in goldfish liver and muscle mitochondria. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry. V. 72, Issue 1. P. 133-136. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(82\)90021-9](https://doi.org/10.1016/0305-0491(82)90021-9)

4. Borchel, A., Verleih, M., Rebl, A. et al. (2014) Creatine metabolism differs between mammals and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). SpringerPlus 3, 510. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-510>

5. Green, J., Hardy, R. (2002). The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. Fish Physiology and Biochemistry 27, 97-108. <https://doi.org/10.1023/B:FISH.0000021878.81647.6e>

6. Kaushik S.J., Fauconneau B. (1984). Effects of lysine administration on plasma arginine and on some nitrogenous catabolites in rainbow trout. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology V. 79, Issue 3, P. 459-462. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(84\)90546-2](https://doi.org/10.1016/0300-9629(84)90546-2)

7. Ketola H..G. (1982). Amino acid nutrition of fishes: Requirements and supplementation of diets. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry. V. 73, Issue 1. Pages 17-24. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(82\)90197-3](https://doi.org/10.1016/0305-0491(82)90197-3)

8. Klein R.G., Halver J.E. (1970). Nutrition of Salmonoid Fishes: Arginine and Histidine Requirements of Chinook and Coho Salmon. The Journal of Nutrition. V. 100, Issue 9. P. 1105-1109. <https://doi.org/10.1093/jn/100.9.1105>

9. Kyu-II K., Terrence B. K., Clyde H. A. (1992). Requirements for lysine and arginine by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. V. 106, Issues 3-4. P. 333-344. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90265-M](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90265-M)

10. NRC (National Research Council), 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy of Sciences, Washington, DC, USA, 114 pp. <https://doi.org/10.17226/2115>

11. Robinson E. H., Wilson R. P., Poe W. E. (1981). Arginine Requirement and Apparent Absence of a Lysine-Arginine Antagonist in Fingerling Channel Catfish. The Journal of Nutrition. V. 111, Issue 1, P. 46-52. <https://doi.org/10.1093/jn/111.1.46>

12. Ronald G. Twibell, Paul B. Brown. (1997). Dietary Arginine Requirement of Juvenile Yellow Perch. The Journal of Nutrition. V.127, Issue 9, P. 1838-1841. <https://doi.org/10.1093/jn/127.9.1838>

13. Takeshi M. (1992). Protein nutrition of rainbow trout. Aquaculture. V. 100, Issues 1-3, P. 191-207. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90371-Q](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90371-Q)

14. Willard J. V. (1986). Arginine Needs, Physiological State and Usual Diets. A Reevaluation. The Journal of Nutrition. V. 116, Issue 1, P. 36-46. <https://doi.org/10.1093/jn/116.1.36>

References

1. Kondratiuk V. M. (2021). Efektyvnist vyroshchuvannia tsoholitok raiduzhnoi foreli (*Oncorhynchus Mykiss*) za riznoho vmistu lizynu ta metioninu u kormakh. [The efficiency of growing rainbow trout fingerling (*Oncorhynchus Mykiss*) with different contents of lysine and methionine in feed]. Agroecological journal. № 1. P. 173-181. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227260>

2. Aren W. (1983). Aerobic and anaerobic ammonia production by fish. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry. V. 74, Issue 4, P. 675-684. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(83\)90127-X](https://doi.org/10.1016/0305-0491(83)90127-X)

3. Aren W., Marianne H. (1982). Nitrogen metabolism in goldfish, *Carassius auratus* (L.). Pathway of aerobic and anaerobic glutamate oxidation in goldfish liver and muscle mitochondria. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry. V. 72, Issue 1. P. 133-136. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(82\)90021-9](https://doi.org/10.1016/0305-0491(82)90021-9)

4. Borchel, A., Verleih, M., Rebl, A. et al. (2014) Creatine metabolism differs between mammals and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). SpringerPlus 3, 510. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-510>

5. Green, J., Hardy, R. (2002). The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. *Fish Physiology and Biochemistry* 27, 97–108. <https://doi.org/10.1023/B:FISH.0000021878.81647.6e>
6. Kaushik S.J, Fauconneau B. (1984). Effects of lysine administration on plasma arginine and on some nitrogenous catabolites in rainbow trout. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* V. 79, Issue 3, P. 459-462. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(84\)90546-2](https://doi.org/10.1016/0300-9629(84)90546-2)
7. Ketola H.G. (1982). Amino acid nutrition of fishes: Requirements and supplementation of diets. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*. V. 73, Issue 1. Pages 17-24. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(82\)90197-3](https://doi.org/10.1016/0305-0491(82)90197-3)
8. Klein R.G., Halver J.E. (1970). Nutrition of Salmonoid Fishes: Arginine and Histidine Requirements of Chinook and Coho Salmon. *The Journal of Nutrition*. V. 100, Issue 9. P. 1105-1109. <https://doi.org/10.1093/jn/100.9.1105>
9. Kyu-Il K., Terrence B. K., Clyde H. A. (1992). Requirements for lysine and arginine by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. V. 106, Issues 3–4. P. 333-344. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90265-M](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90265-M)
10. NRC (National Research Council), 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy of Sciences, Washington, DC, USA, 114 pp. <https://doi.org/10.17226/2115>
11. Robinson E. H., Wilson R. P., Poe W. E. (1981). Arginine Requirement and Apparent Absence of a Lysine-Arginine Antagonist in Fingerling Channel Catfish. *The Journal of Nutrition*. V. 111, Issue 1, P. 46-52. <https://doi.org/10.1093/jn/111.1.46>
12. Ronald G. Twibell, Paul B. Brown. (1997). Dietary Arginine Requirement of Juvenile Yellow Perch. *The Journal of Nutrition*. V.127, Issue 9, P. 1838-1841. <https://doi.org/10.1093/jn/127.9.1838>
13. Takeshi M. (1992). Protein nutrition of rainbow trout. *Aquaculture*. V. 100, Issues 1–3, P. 191-207. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90371-Q](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90371-Q)
14. Willard J. V. (1986). Arginine Needs, Physiological State and Usual Diets. A Reevaluation. *The Journal of Nutrition*. V. 116, Issue 1, P. 36-46. <https://doi.org/10.1093/jn/116.1.36>

GROWTH OF RAINBOW TROUT FINGERLING AT DIFFERENT LEVELS AND RATIOS OF LYSINE AND ARGININE IN COMBINED FEED

V. M. Kondratiuk, M. Yu Sychov, I. I. Ilchuk, D. P. Umanets,
I. M. Balanchuk, T. A. Holubieva

Abstract. *The article highlights the results of research on the influence of different levels and ratios of the amino acids lysine and arginine in compound feed and the growth and feed consumption of rainbow trout fingerling. For research, 6 groups were formed, 1 control and 5 experimental, each with 500 samples. Combined feed, which differed only in the content of lysine and arginine, was distributed 4 times a day at the rate of 3 % of the weight of the fish. In the main period lasting 40 days, the level of arginine changed from 2.00 to 3.60 % in compound feed against the background of 2 levels of lysine of 3.00 (groups 1–3) and 3.20 % (groups 4–6). If the content of lysine in compound feed is taken as 100 %, then the content of arginine varied from 62.50 to 120.00 %. We determined the mass of trout, calculated absolute, average daily and relative growth, feed consumption per 1 kg of growth. With an increase in the level of arginine from 2.00 to 3.60 % against the background of an effective level of lysine – 3.00 % in the combined feed of rainbow trout fingerling, the weight of fish increases*

Кондратюк В. М., Сичов М. Ю., Ільчук І. І., Уманець Д. П., Баланчук І. М., Голубєва Т. А.

by 2.47-2.71 % ($p < 0.05$), absolute, average daily and relative increases, respectively, by 3.04–3.24 % ($p < 0.05$); 3.85 % ($p < 0.05$) and 14.52–15.62 % ($p < 0.05$), feed costs per 1 kg of growth decreased by 2.91–3.02%. An increase in the level of arginine from 2.00 to 3.60 % against the background of an increased level of lysine - 3.20 % in the combined feed of rainbow trout this summer led to an increase in the weight of fish by 2.71-4.30 % ($p < 0.001$), an absolute increase - by 3.14–5.14 % ($p < 0.001$), average daily growth – by 3.85–7.69 % ($p < 0.001$), relative growth – by 12.69–26.49 % ($p < 0.001$), combined feed costs per 1 kg of growth decreased by 3.02–4.85 %. An increase in the level of lysine in the combined feed from 3.00 to 3.20 % against the background of the basic level of arginine - 2.00 % in the combined feed of trout this summer probably did not affect the weight and intensity of fish growth. In our studies, no antagonism phenomena between lysine and arginine were established. A one-sided increase in the content of lysine in compound feed did not lead to a decrease in the growth of rainbow trout fingerling. The high rate of growth of rainbow trout this summer was obtained with a ratio between lysine and arginine in compound feed of 1.05–1.20:1. The most effective ratio was 1.13:1.

Key words: rainbow trout, compound feed, lysine, arginine, fish weight, growth, feed conversion

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОРМІВ МОЛОДНЯКОМ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ ПРИ ЗГОДОВУВАННІ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ

В. І. БУЧКОВСЬКА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-6574-8840>

Ю. М. ЄВСТАФІЄВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-5914-893X>

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

E-mail: _vbutschk@ukr.net, pp.nika22@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.008](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.008)

***Анотація.** Підвищення ефективності годівлі тварин через використання сучасних кормових добавок є одним із шляхів вирішення даної проблеми. Тому, оцінка ефективності використання кормових добавок для організації повноцінної годівлі різних статевих-вікових груп тварин є актуальною.*

Мета досліджень – на основі аналізу раціонів годівлі, використовуючи сучасні норми годівлі молодняку великої рогатої худоби, вивчити вплив кормової добавки «Tripel BZ» на використання кормів в організмі молодняку української чорно-рябої молочної породи у віці 2-4 місяці.

З метою вивчення ефективності використання полімінеральної біологічно активної кормової добавки «Tripel BZ» у годівлі молодняку великої рогатої худоби у ПП «Калинський ключ» с. Калиня Кам'янець Подільського району Хмельницької області було проведено науково-господарський дослід. Матеріалом для дослідження були раціони годівлі, до складу яких включили полімінеральну біологічно активну кормову добавку «Tripel BZ».

Науково-господарський дослід провели на телятах української чорно-рябої молочної породи віком 2-4 місяці. Для цього відібрали дві групи бугайців-аналогів по 12 голів у кожній з початковою живою масою 72,5 кг згідно розробленої схеми досліджень. При цьому сформували дві групи тварин: перша – контрольна, друга – дослідна. Молодняк утримували групами по 12 голів, безприв'язно, в одному приміщенні – умови утримання були аналогічними для обох груп. Тваринам першої групи при цьому згодовували основний раціон, а тваринам другої групи, до складу основного раціону вводили полімінеральну біологічно активну кормову добавку «Tripel BZ».

Аналізуючи результати проведених досліджень слід відмітити, що молодняк, який споживав раціони із кормовою добавкою «Tripel BZ», економніше витрачав корми на виробництво одиниці приросту живої маси, тому можна зробити висновок про доцільність її використанні у годівлі молодняку великої рогатої худоби в кількості 0,15 кг на добу.

Ключові слова: годівля, молодняк великої рогатої худоби, прирости, продуктивність

Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М.

Актуальність. В Україні вирує політична й економічна нестабільність. Не оминула вона й молочний сектор. Криза змушує виробників молока ретельніше рахувати, аналізуючи кожну статтю витрат і шукаючи ту шпаринку, через яку «тікає» прибуток [9]. Саме підвищення ефективності годівлі тварин через використання сучасних кормових добавок є одним із шляхів вирішення даної проблеми [3].

Тому, оцінка ефективності використання кормових добавок для організації повноцінної годівлі різних статевих-вікових груп тварин є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інтенсифікація виробництва молока, гонитва за максимальною вигодою призвела до використання в тваринництві різноманітних балансуєчих та стимулюєчих речовин, кормів, одержаних з використанням великої кількості пестицидів та гербіцидів, що не могло не вплинути на якість молока [1]. Тому, сьогодні в провідних країнах світу прийшли до розуміння виробництва органічної продукції, яка коштує дорожче, але попит на неї зростає з кожним днем, оскільки вона є безпечною для людей [2].

В сучасних ринкових умовах молоко – високоліквідна продукція, яка дає змогу додаткового працевлаштування сільського населення, проте ефективно її

виробництво вимагає від господаря чіткого планування і контролю за витратами і надходженнями [4].

Дослідженнями багатьох років встановлено, що макро- та мікроелементи, які входять до складу організму тварин, є життєво необхідними [5, 7, 8]. Вони здатні активно регулювати біохімічні реакції в організмі і підтримуючи фізіологічні процеси життєдіяльності на належному рівні складають цілісну систему. Порушення цієї системи (дефіцит або надлишок мінеральних елементів) призводить до виходу з ладу механізмів підтримки метаболічного гомеостазу, а в наслідок цього зниження продуктивності тварин [6, 10].

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень – на основі аналізу раціонів годівлі, використовуючи сучасні норми годівлі молодняку великої рогатої худоби, вивчити вплив кормової добавки «Tripel BZ» на використання кормів в організмі молодняку української чорно-рябої молочної породи у віці 2-4 місяці.

Матеріал і методи дослідження. З метою вивчення ефективності використання полімінеральної біологічно активної кормової добавки «Tripel BZ» у годівлі молодняку великої рогатої худоби у ПП «Калинський ключ» с. Калиня Кам'янець Подільського району Хмельницької області було проведено науково-господарський дослід. Матеріалом для дослідження

Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М.

були раціони годівлі, до складу яких включили полімінеральну біологічно активну кормову добавку «Tripel BZ». Облік продуктивності із розрахунком абсолютних і середньодобових приростів живої маси молодняку контрольної і дослідних груп дало змогу провести аналіз продуктивності піддослідного молодняку. Науково-господарський дослід проводили методом пар-аналогів, тварин у групи

підбирали з врахуванням віку, живої маси, стану здоров'я, та енергії росту у підготовчий період.

Науково-господарський дослід провели телятах української чорно-рябої молочної породи віком 2-4 місяці. Для цього відібрали дві групи бугайців-аналогів по 12 голів у кожній з початковою живою масою 72,5 кг згідно розробленої схеми досліджень, що наведена у таблиці 1.

1. Схема науково-господарського дослідження

Група	Стать	Кількість гол.	Спосіб утримання	Особливості годівлі тварин за періодами	
				підготовчий період (18 днів)	обліковий період (60 днів)
I – контрольна	бугайці	12	безприв'язний	Основний раціон (ОР):	ОР
II – дослідна	бугайці	12			ОР + «Tripel BZ»*

* – добавку «Tripel BZ» вводили в розрахунку 0,15 кг за добу.

Водночас сформували дві групи тварин: перша – контрольна, друга – дослідна. Молодняк утримували групами по 12 голів, безприв'язно, в одному приміщенні – умови утримання були аналогічними для обох груп. Тваринам першої групи при цьому згодовували основний раціон, а тваринам другої групи, до складу основного раціону вводили полімінеральну біологічно активну кормову добавку «Tripel BZ».

Результати дослідження та їх обговорення. Для годівлі телят віком 2-4 місяці у ПП «Калинський ключ» с. Калиня Кам'янець Подільського району Хмельницької області використовують кормосумішку, яку виготовляють в господарстві з кормів

власного виробництва та збиране молоко.

До складу кормосумішки для годівлі телят віком 2-4 місяці входить: 50% за масою плющене зерно кукурудзи, 30 – плющене зерно ячменю, по 10 – комбікорм і сіно злакове, 0,1 – патока кормова та відповідно по 0,01 та 0,015 сіль кухонна та крейда.

В 1 кг кормосумішки міститься 0,9 кг сухої речовини, 8,7 МДж – обмінної енергії, 76,9 г – перетравного протеїну та 27,24 г цукру. Вміст макроелементів в кормосумішці був наступним: кальцій – 3,23 г, фосфор – 2,71, магній – 1,35, калій – 6,12, сірка – 1,07 г. Щодо мікроелементів слід відмітити,

Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М.

що в 1 кг кормосумішки містилося 110 мг заліза, 6,08 – міді, 28,06 – цинку, 0,181 – кобальту, 8,58 – марганцю та 0,102 мг йоду. Вміст вітаміну Е та вітаміну D відповідно складав 38,95 мг та 0,318 МО.

До складу раціонів годівлі телят у дослідній групі було включено кормову добавку «Tripel BZ».

«Tripel BZ» – добавка з лікувально-профілактичною дією на основі природної сировини. Ця добавка виготовлена на основі

сировини органічно-мінерального походження, яка несе інформацію екологічно чистої природи докембрійського періоду.

Так, у віці 2-3 місяці тварини обох груп отримували по 2,5 кг кормосумішки та 5 л збираного молока. У віці 3-4 місяці тварини споживали по 3,5 кг кормосумішки та 3 л збираного молока. Тваринам дослідної групи додавали по 0,15 кг кормової добавки «Tripel BZ» (табл. 2).

2. Склад раціонів годівлі молодняку протягом дослідного періоду, кг

Корм	Вік тварин			
	2-3 місяці		3-4 місяці	
	Групи тварин			
	I	II	I	II
Кормосуміш	2,5	2,5	3,5	3,5
Збиране молоко	5	5	3	3
Добавка «Tripel BZ»	-	0,15	-	0,15

Введення до складу раціонів годівлі тварин дослідної групи кормової добавки «Tripel BZ» значно покращило мінеральну поживність раціонів.

Зміна живої маси під впливом досліджуваних факторів є одним із основних та важливих показників, що характеризують особливості росту та розвитку молодняку. Динаміка маси тіла за відомих умов може бути показником загального розвитку тварини та його господарської і фізіологічної зрілості. Поряд із живою масою вагомим показником динаміки продуктивності тварин є приріст, зміни якого безпосередньо

впливають на зміни живої маси в окремі періоди розвитку (табл. 3).

Як показують дані таблиці 3, на початок дослідів тварини контрольної групи мали середню живу масу 72,4 кг, що на 0,1 % більше від аналогів дослідної групи ($p < 0,95$), а це відповідає вимогам до проведення науково-господарських дослідів методом пар-аналогів. При утриманні піддослідного молодняку на господарських раціонах у підготовчий період дослідів забезпечило отримання від тварин контрольної групи 740 г середньодобового приросту живої маси, а дослідної – 753 г, що на 1,8 %

Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М.

більше за невірогідної різниці. На початок основного періоду досліджень жива маса тварин обох груп знаходилася майже на однаковому рівні і складала 83,5 та 83,8 кг.

3. Динаміка продуктивності піддослідних бугайців по місяцях дослідів; M ± m, n = 12

Показник	Групи тварин		Дослідна у відсотках до контролю
	I	II	
Жива маса на початок дослідів, кг	72,4±2,33	72,5±1,48	100,1
Жива маса на початок облікового періоду, кг	83,5±4,39	83,8±3,25	100,3
Абсолютний приріст, кг	11,1±0,56	11,3±0,52	101,8
Середньодобовий приріст, г	740±22,34	753±20,99	101,8
Жива маса на кінець 1 місяця основного періоду дослідів, кг	106,3±4,64	108,6±3,40	102,1
Абсолютний приріст, кг	22,8±0,63	24,8±0,59*	108,8
Середньодобовий приріст, г	760±21,13	826±19,83*	108,7
Жива маса на кінець 2 місяця основного періоду дослідів, кг	129,7±3,98	135,8±3,61	104,7
Абсолютний приріст, кг	23,4±0,95	27,2±1,01	116,2
Середньодобовий приріст, г	780±35,34	906±21,69	116,2

Примітка: * – тут і далі – різниця з контролем вірогідна (p>0,95).

На основі зважування піддослідних тварин та проведених нами розрахунків, бачимо, що середньодобові прирости в основний період дослідів були різними, а це, на нашу думку, зумовлено, насамперед, тим, що до складу раціону основного періоду молодняку дослідної групи входила кормова добавка «Tripel BZ», яка позитивно вплинула на ріст тварин. Так, у перший місяць основного періоду середньодобові прирости живої маси тварин дослідної групи переважали контроль: якщо від тварин першої групи одержали по 760 г середньодобового приросту, то другої – 826 г, що на 66 г або 8,7 % (p>0,95) більше. Завдяки цьому, на кінець

другого місяця дослідів жива маса тварин першої групи склала 129,7кг, а другої – на 4,7 % більша.

За другий місяць дослідів в першій групі, тварини якої споживали основний раціон, отримано 23,4 кг абсолютного приросту живої маси, тоді як у другій, при згодовуванні кормової добавки «Tripel BZ», – 27,2 кг, що на 16,2 % більше.

Таким чином, бачимо, що з кожним місяцем дослідів різниця між живою масою тварин першої та другої груп постійно змінювалася на користь молодняку дослідної групи. Аналізуючи ці дані можна сказати, що тварини другої групи, що отримували раціон із додаванням кормової добавки «Tripel BZ»,

Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М.

характеризувалися кращими показниками росту.

Підвищення продуктивності тварин буде ефективним лише у тому випадку, коли в тій чи іншій мірі знизяться витрати корму на одержання одиниці продукції. З метою проведення зоотехнічного аналізу одержаних результатів згодовування кормової добавки «Tripel BZ» телятами української чорно-рябої молочної породи провели розрахунки ефективності використання піддослідними тваринами сухої речовини кормів раціону, обмінної енергії та перетравного протеїну.

У результаті, за весь дослідний період тварини першої та другої групи витратили сухої речовини корму в абсолютному обчисленні 183,6 кг. Але, через те, що у другій групі одержано більше приросту живої маси, то у контрольній групі на 1 кг приросту витрачено по 3,97 кг сухої речовини, а в дослідній – по 3,53, що на 11,1 % менше.

Обмінної енергії з раціонами кормової добавки «Tripel BZ» тварини контрольної групи за два місяці дослідного періоду спожили у розрахунку на 1 кг приросту живої маси 39,61 МДж, а дослідної – 35,1 МДж, що на 11,4 % менше.

4. Витрати корму на приріст бугайцями за дослідний період, в розрахунку на одну голову

Показник	Групи тварин		Дослідна у відсотках до контролю
	I	II	
Одержано приросту, кг	46,2	52,0	112,6
Витрачено сухої речовини всього	183,6	183,6	100
– в т. ч. на 1 кг приросту	3,97	3,53	88,9
Витрачено обмінної енергії, МДж	1830	1830	100
– в т. ч. на 1 кг приросту	39,61	35,1	88,6
Витрачено перетравного протеїну всього, кг	22,21	22,21	100
– в т. ч. на 1 кг приросту, г	480	427	89,0

Водночас, за весь дослідний період молодняк контрольної групи витратив по 480 г перетравного протеїну на 1 кг приросту, тоді як тварини дослідної – 427 г за, що на 11 % менше (табл. 4).

Висновки і перспективи. Виходячи із цього, можна сказати, що кормова добавка «Tripel BZ» позитивно впливає на продуктивне

використання тваринами поживних речовин кормів, що дозволяє зменшити затрати корму на тварину та скоротити час вирощування тварин до потрібної маси у відповідний період. Молодняк, який споживав раціони із кормовою добавкою «Tripel BZ», економніше витрачав корми на виробництво одиниці приросту живої маси, тому можна зробити висновок

Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М.

про доцільність її використанні у годівлі молодняку великої рогатої худоби в кількості 0,15 кг на добу.

Список використаних джерел

1. Бурлака В. А. Використання біоферментованих органічних речовин в раціонах молодняку великої рогатої худоби. Земля України – потенціал продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки держави. 2014. Т. 2. С. 4-6.

2. Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М. Ефективність використання кормів дійними коровами різних порід. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*, 2021, № 126. С. 45-52. <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2021-126-45-52> DOI

3. Власова К. Відгодівля телят: комбікорми замість сіна! Пропозиція. 2001. №7. С. 14-15.

4. Вовк С. О., Вантух А. Є. Економічна ефективність використання шротів у раціонах лактуючих корів. Вісник Львівського державного аграрного університету. 2002. Економіка АПК. №9. С. 176-178.

5. Достоевський П. П. Годівля молочних телят. Здоров'я тварин і ліки. 2009. №5. С. 10-12.

6. Калачнюк Г. І. Мікробна ферментація у окремих органах шлунково-кишкового тракту жуйних тварин. *Наук. вісник ЛДАВМ ім. С. З. Гжицького*. Львів. 1999. С. 50-52.

7. Норми і раціони повноцінної годівлі високопродуктивної великої рогатої худоби: довід.-посіб. / за ред. Г. О. Богданова, В. М. Кандиби. Київ: Аграрна наука, 2012. 296 с

8. Седюк І. Є., Золотарьов А. П., Золотарьова С. А., Машкін М. І. Ефективність застосування енергопротеїнових добавок із захищеним протеїном при вирощуванні ремонтних телиць. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво». Суми, 2020. Вип. 1 (40). С. 82-86. doi: 10.32845/bsnau.lvst.2020.1.12

9. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2030 pp.). / за ред. акад. НААН М. І. Башенка. Київ : Аграрна наука, 2017. 160 с.

10. Piskun V. I., Yatsenko Yu. V., Yatsenko Yu. Yu. The concept of optimization of technological solutions of agricultural production. *Modern engineering and innovative technologies : Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien Germany*, 2020. Is. 12. P. 1. P. 5 11. doi: 10.30890/2567-5273.2020-12-01-015

11. Toledo M. Z., Baez G. M., Garcia-Guerra A., Lobos N. E., Guenther J. N., Trevisol E., Luchini D., Shaver R. D., Wiltbank M. C. Effect of feeding rumenprotected methionine on productive and reproductive performance of dairy cows. *PLoS ONE*. 2017. № 12(12): e0189117. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189117>

References

1. Burlaka V. A. Vikoristannja biofermentovanih organichnih rechovin v racionah molodnjaku velikoi roгатої hudobi. *Zemlja Ukraini – potencial prodovol'choї, energetich-noї ta ekologichnoї bezpeki derzhavi*. 2014. T. 2. P. 4-6.

2. Buchkovska V. I., Evstafieva Y. M. Efektivnist vikoristannja kormiv dijnimi korovami riznih porid. *Naukovo-tehnichnij bjuletен Institutu tvarinnictva NAAN*, 2021, № 126. P. 45-52.

3. Vlasova K. Vidgodivlja teljat: kombikormi zamist sina! *Propozicija*. 2001. №7. P. 14-15.

4. Vovk S. O., Vantuh A. E. Ekonomichna efektivnist vikoristannja shrotiv u racionah laktujuchih koriv. *Visnik Lvivskogo derzhavnogo agrarnogo universitetu*. 2002. *Ekonomika APK*. №9. P. 176-178/

5. Dostoevskij P. P. Godivlja molochnih teljat. *Zdorovja tvarin i liki*. 2009. №5. P. 10-12.

6. Kalachnjuk G. I. Mikrobna fermentacija u окремих organah shlunkovo-kishkovogo traktu zhuj-nih tvarin. *Nauk*,

Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М.

visnik LDAVM im. S. Z. Izchickogo. Lviv. 1999. P. 50-52.

7. Bohdanova, H. O., & Kandyby, V. M. (2012). Normy i ratsiony povnotsinnoi hodivli vysokoproduktyvnoi velykoi rohatoi khudoby [Norms and rations of full feeding of high-performance cattle: guide-guide]. Kyiv : Ahrarna nauka [in Ukrainian].

8. Siediuk, I. Ye., Zolotarov, A. P., Zolotarova, S. A., & Mashkin, M. I. (2020). Efektyvnist zastosuvannya enerho-proteinovykh dobavok iz zakhyshchenym proteinom pry vyroshchuvanni remontnykh telyts [Effectiveness of using energy-protein supplements with protected protein in rearing repair heifers]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Tvarynnytstvo» [Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series "Tvarinnitstvo"]. Sumy, 1 (40), 82-86. doi: 10.32845/bsnau.lvst.2020.1.12 [in Ukrainian].

9. Baschenko, M. I. (ed.). (2017). Ekonomika promysloвого pidpriemstva [Creation of Ukraine: camp, problems, ways of development (1991-2017-2030)]. Kyiv : Agrarna nauka [in Ukrainian].

10. Piskun, V. I., Yatsenko, Yu. V., & Yatsenko, Yu. Yu. (2020). The concept of optimization of technological solutions of agricultural production. Modern engineering and innovative technologies : Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien, 12, 5–12. doi : 10.30890/2567-5273.2020-12-01-015

11. Toledo, M. Z., Baez, G. M., Garcia-Guerra, A., Lobos, N. E., Guenther, J. N., Trevisol, E., Luchini, D., Shaver, R. D., & Wiltbank, M. C. (2017). Effect of feeding rumen-protected methionine on productive and reproductive performance of dairy cows. PLoS ONE, 12(12), e0189117. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189117>

EFFICIENCY OF FEED UTILIZATION BY YOUNG CATTLE IN THE REARING OF FEED DOUBLE

V. I. Buchkovska, Y. M. Ievstafiieva

Abstract. *Increasing the efficiency of animal feeding through the use of modern feed additives is one of the ways to solve this problem. Therefore, the evaluation of the effectiveness of the use of feed additives for the organization of full feeding of different sex-age groups of animals is relevant.*

The purpose of the research is to study the influence of the «Tripel BZ» feed additive on the use of feed in the body of young Ukrainian black-spotted dairy cattle at the age of 2-4 months, based on the analysis of feeding rations, using modern norms for feeding young cattle.

In order to study the effectiveness of the use of the polymineral biologically active feed additive «Tripel BZ» in feeding young cattle in the PE «Kalinsky Klyuch» village. A scientific and economic experiment was conducted in Kalynya Kamianets, Podilsky district, Khmelnytskyi region. The material for the study was feed rations, which included the semi-liminal biologically active feed additive «Tripel BZ».

A scientific and economic experiment was conducted on calves of the Ukrainian black-spotted dairy breed aged 2-4 months. For this purpose, two groups of similar Bugai cattle were selected, 12 heads each with an initial live weight of 72,5 kg according to the developed research scheme. At the same time, two groups of animals were formed: the first – control, the second – experimental. The young were kept in groups of 12 heads, untethered, in one room – the conditions of keeping were similar for both groups. At the same time, the animals of the first group were fed the basic diet,

Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М.

and the animals of the second group were given polymineral biologically active feed additive «Tripel BZ» as part of the basic diet.

Analyzing the results of the conducted research should be noted. that the young animals that consumed rations with the «Tripel BZ» feed additive used feed more economically for the production of a unit of live weight gain, so it can be concluded about the feasibility of its use in feeding young cattle in the amount of 0,15 kg per day.

Key words: *feeding, young cattle, gains, productivity*

УДК 636.52/.58.085.55

ПОКАЗНИКИ ЗАБОЮ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ ЗА РІЗНИХ РІВНІВ ТА СПІВВІДНОШЕНЬ ЛІЗИНУ Й ТРЕОНІНУ В КОМБІКОРМІ

І. І. ІЛЬЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-0961-6613>

E-mail: ilchukigor@nubip.edu.ua

М. Ю. СИЧОВ, доктор сільськогосподарських наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-6319-9876>

E-mail: sychov@nubip.edu.ua

В. М. КОНДРАТЮК, доктор сільськогосподарських наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-4246-2639>

E-mail: vadkondratyuk@nubip.edu.ua

Д. П. УМАНЕЦЬ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-1973-1132>

E-mail: umanetsdima@nubip.edu.ua

І. М. БАЛАНЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7576-6508>

E-mail: balanchuk@nubip.edu.ua

Т. А. ГОЛУБЄВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-2467-5972>

E-mail: holubieva@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.009](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.009)

Анотація. У статті висвітлено результати вивчення впливу різних рівнів та співвідношень між лізином та треоніном у комбікормі курчат-бройлерів на показники забою. Дослід був проведений методом груп на 600 головах курчат-бройлерів кросу «Кобб-500», яких розділили на 6 груп по 100 голів у кожній. У комбікормі курчат перших трьох груп на фоні базового рівня лізину підвищували рівень треоніну. У кормі птахів інших 3 груп рівень треоніну збільшували на фоні підвищеного рівня лізину. Найвищі показники м'ясної продуктивності курчат-бройлерів встановлені за вмісту лізину і треоніну у комбікормі, відповідно, у перший період вирощування (вік 1–10 діб) – 1,24 та 0,83 %; у другий період вирощування (вік 11–22 доби) – 1,14 та 0,78 % і у третій період вирощування (вік 23–42 доби) – 1,09 та 0,70 %. За використання комбікорму з ефективним вмістом лізину та треоніну передзабійна жива маса зростає на 0,65 % ($p < 0,05$); маса напівпатраної тушки – на 2,12 % ($p < 0,05$); маса патраної тушки – на 3,85 % ($p < 0,05$); маса грудних м'язів – на 12,27 % ($p < 0,05$); маса м'язів тазових кінцівок – на 12,77 % ($p < 0,05$); вихід напівпатраної тушки – на 1,25 % ($p < 0,05$);

Ільчук І. І., Сичов М. Ю., Кондратюк В. М., Уманець Д. П., Баланчук І. М., Голубева Т. А.

вихід патраної тушки – на 2,50 % ($p < 0,05$); вихід грудних м'язів – на 2,34 % ($p < 0,05$) та вихід м'язів тазових кінцівок – на 1,93 % ($p < 0,05$). Не встановлено антагонізму між лізином та треоніном. Ні зростання вмісту лізину, ні треоніну не зумовило зниження продуктивності чи інших негативних наслідків. Не встановлено впливу лізин-треонінового співвідношення на м'ясну продуктивність курчат. Продуктивність зростала незалежно від співвідношення, за збільшення вмісту обох амінокислот у комбікормі. Однак найвища м'ясна продуктивність відмічалась за відношення треоніну до лізину у комбікормі, у перший період вирощування – 0,67 : 1; у другий – 0,68 : 1 і у третій – 0,70 : 1.

Ключові слова: лізин, треонін, комбікорм, курчата-бройлери, забійна маса, забійний вихід, індекси м'ясності

Актуальність та аналіз останніх досліджень та публікацій.

Високий вміст протеїну у кормах курчат-бройлерів призводить до погіршення економічних показників виробництва та підвищує виділення азоту у довкілля. Поряд із цим, нестача протеїну чи окремих незамінних амінокислот призводить до зниження продуктивності та прибутків. Тому точна оцінка потреб сучасної птиці у поживних речовинах надзвичайно важлива для забезпечення здоров'я, продуктивності та ефективності виробництва [14].

Зараз продуктивність птиці визначається не лише високими приростами живої маси та низькими витратами корму на 1 кг приросту живої маси, але, в першу чергу, високим забійним виходом. Вихід у першу чергу грудних та інших м'язів більш залежні від факторів живлення ніж інші показники. Доведено вплив лізину [5, 11, 13] та треоніну [12] на

ріст та розвиток м'язів та вихід продуктів забою.

Перші три незамінні амінокислоти для бройлерів: метіонін, лізин та треонін значною мірою впливають на ріст м'язів курчат у ранні періоди вирощування. Якщо вплив оптимального співвідношення між лізином та метіоніном у 3 рази вищий, ніж інших амінокислот на ріст м'язів грудей, то вихід м'язів кінцівок визначається у першу чергу достатньою кількістю треоніну у раціоні. Встановлена оптимальна кількість треоніну по відношенню до лізину – 72 % для максимального виходу грудних м'язів та 64 % – для найкращого росту м'язів кінцівок [5, 13, 14].

Десятиліттями проводилась селекція курчат-бройлерів для підвищення ефективності використання корму та збільшення виходу грудних м'язів [2, 4]. Процес селекції зумовив помітні зміни в будові тіла а, отже, і у потребі в

поживних речовинах, а особливо у потребі в амінокислотах. Наприклад, сучасні комбікорми для курчат-бройлерів містять рівень лізину вищий за рекомендований [1, 3, 15] для забезпечення особливого розвитку грудних м'язів курчат сучасних кросів.

У дослідженнях Kidd et al., 1997 [13] показано, що високий вміст лізину у раціоні без урахування вмісту треоніну може призвести до зниження забійного виходу та виходу грудних м'язів.

Поряд з тим більшість дослідників визначають ефективність окремих незамінних амінокислот, не враховуючи їх комплексний вплив на

м'ясну продуктивність, явища синергізму та антагонізму. Отже, вивчення комплексного впливу різних рівнів та співвідношень між лізином та треоніном у кормі курчат-бройлерів на м'ясну продуктивність є актуальним.

Матеріал і методи досліджень.

Дослідження проводились на курчатах-бройлерах кросу «Кобб-500» методом груп, у науково-дослідній лабораторії кормових добавок кафедри годівлі тварин та технології кормів ім. П. Д. Пшеничного Національного університету біоресурсів і природокористування України (табл. 1).

1. Схема науково-господарського дослідю

Вміст у 100 г комбікорму	Групи курчат-бройлерів					
	1 контрольна	дослідні				
		2	3	4	5	6
1 період – 1 – 10 діб						
Лізин, %	1,20	1,20	1,20	1,24	1,24	1,24
Треонін, %	0,79	0,81	0,83	0,79	0,81	0,83
Відношення треоніну до лізину	0,66	0,68	0,69	0,64	0,65	0,67
2 період – 11 – 22 доби						
Лізин, %	1,10	1,10	1,10	1,14	1,14	1,14
Треонін, %	0,74	0,76	0,78	0,74	0,76	0,78
Відношення треоніну до лізину	0,67	0,69	0,71	0,65	0,67	0,68
3 період – 23 – 42 доби						
Лізин, %	1,05	1,05	1,05	1,09	1,09	1,09
Треонін, %	0,72	0,74	0,76	0,72	0,74	0,76
Відношення треоніну до лізину	0,69	0,70	0,72	0,66	0,68	0,70

Для дослідів було сформовано 6 груп курчат-бройлерів по 100 голів у кожній. Дослід тривав 42 доби та був поділений на 3 періоди: 1–10; 11–22 та 23–42 доби.

Піддослідне поголів'я утримували на підлозі. Щільність посадки – 12 голів/м²; фронт годівлі – 2,5 см; фронт напування – 1,5 см.

Визначення хімічного складу комбікормів, проводили методом Веенде. Вміст амінокислот визначали за допомогою автоматизованого аналізатора ААА Т-339 (виробник Mikrotechna, Чехія). Вміст мінеральних елементів на енергодисперсійному рентгенівському флуоресцентному спектрометрі «ElvaX» (виробник «Елватех», Україна). Живу масу курчат-бройлерів та масу продуктів забою визначали шляхом зважування на вагах AXIS A 5000 IV та AXIS ADA320 (виробник «AXIS», Польща).

Наприкінці науково-господарського дослідження було проведено забій піддослідних птахів (по 10 голів з кожної групи) та досліджено забійні показники. Оцінку забійних якостей курчат-бройлерів проводили за наступними показниками:

– передзабійна жива маса – жива маса курчат-бройлерів після 12-годинного голодування;

– маса тушки не патрана – маса тушки без крові і пір'я;

– маса напівпатраної тушки – маса тушки без крові, пір'я і кишечника;

– маса патраної тушки – вага тушки без крові, пір'я, голови, ніг, крил по ліктьовий суглоб, кишечника;

– маса їстівних частин – вага всієї їстівної частини патраної тушки;

– маса грудних м'язів, м'язів тазових кінцівок, шкіри,

внутрішнього жиру, печінки, легень, нирок, м'язового шлунку, серця.

На основі показників забійних якостей курчат-бройлерів визначали вихід продуктів забою та індекси м'ясних якостей туш:

– вихід напівпатраної та патраної тушок – відношення маси відповідно напівпатраної та патраної тушок до передзабійної живої маси виражене у відсотках;

– вихід грудних м'язів, м'язів тазових кінцівок, шкіри, внутрішнього жиру, печінки, легень, нирок, м'язового шлунку, серця – відношення маси відповідних продуктів забою до передзабійної живої маси виражене у відсотках;

– м'ясність тушки – відношення маси всіх м'язів до маси патраної тушки, %;

– м'ясність грудей – відношення маси грудних м'язів до маси патраної тушки, %;

– м'ясність тазових кінцівок – відношення маси м'язів тазових кінцівок до маси патраної тушки, %;

– вихід їстівних частин – співвідношення маси всіх м'язів до маси непатраної тушки, %.

Комбікорм курчатам-бройлерам згодовували вволю. Облік кількості спожитих комбікормів проводили щоденно. Вміст компонентів у комбікормах залежав від періоду дослідження: 1–10; 11–22 чи 23–42 доби (табл. 2).

2. Склад комбікормів для піддослідних курчат-бройлерів, %

Компонент	Вік птиці, днів		
	1–10	11–22	23–42
Зерно пшениці	8,38	11,10	0,00
Зерно кукурудзи	44,00	43,00	51,71
Зерно гороху	10,01	10,50	10,00
Зерно сої	13,70	15,00	20,00
Шрот соєвий	12,00	10,00	11,00
Рибне борошно	7,00	5,00	0,00
Олія рослинна	2,00	2,30	3,40
Сіль кухонна	0,18	0,17	0,34
Вапняк	1,73	1,83	2,10
Монокальційфосфат	0,00	0,10	0,45
Премікс*	1,00	1,00	1,00

* премікс містив порошок полину (*Artemisia Capillaris*) [10].

Комбікорми, залежно від періоду вирощування курчат, були збалансовані за рекомендованими фірмою «Кобб» нормами, а вміст досліджуваних амінокислот у кормі

птахів контрольної групи відповідав ефективним рівням встановленим у попередніх дослідженнях [6, 7, 8, 9] (табл. 3).

3. Поживність 100 г комбікорму для піддослідних курчат-бройлерів

Показник	Вік, днів		
	1–10	11–22	23–42
ОЕ, МДж	1,28	1,29	1,33
Сирий протеїн, г	22,15	20,03	18,81
Сирий жир, г	6,58	8,12	9,49
Сира клітковина, г	3,47	3,92	4,09
Кальцій, г	1,11	1,01	0,95
Фосфор, г	0,51	0,52	0,44
Натрій, г	0,19	0,16	0,16
Лізин*, г	1,20–1,24	1,10–1,14	1,05–1,09
Метіонін, г	0,51	0,47	0,46
Метіонін+цистин, г	0,94	0,91	0,88
Треонін*, г	0,79–0,83	0,74–0,78	0,72–0,76
Триптофан, г	0,23	0,21	0,20
Аргінін, г	1,32	1,19	1,15

*Вміст лізину та треоніну відповідно до схеми дослідження

Рівні досліджуваних амінокислот у комбікормі регулювали введенням відповідних синтетичних аналогів. Склад і поживність комбікормів, що згодовували курчатам піддослідних груп відрізнялись лише за вмістом

лізину та треоніну.

Біометричну обробку даних, отриманих під час дослідження, проводили за допомогою програмного забезпечення MS Excel 2013 з використанням вбудованих статистичних функцій. Результати

представлені як середнє±стандартне відхилення ($x\pm SD$). Відмінності між групами птахів обчислювали за допомогою Т-тесту. Для дослідження були використані такі рівні значущості: $p<0,05$; $0,01$ і $0,001$.

Результати досліджень та їх обговорення. Показники забою піддослідних курчат-бройлерів наведено у таблиці 4.

4. Показники забою курчат-бройлерів, г($x\pm SD$, n=10)

Показник	Група тварин					
	1	2	3	4	5	6
Передзабійна жива маса	2626,68± 9,357	2628,76± 13,879	2632,25± 17,581	2631,67± 17,422	2645,28± 16,000	2643,83± 9,498*
Маса непатраної тушки	2430,34± 16,908	2454,31± 11,548	2452,67± 22,520	2429,22± 24,753	2450,98± 20,775	2463,17± 25,976
Маса напівпатраної тушки	2251,09± 20,107	2256,81± 3,869	2266,41± 11,576	2256,37± 20,844	2278,06± 33,288	2298,82± 22,345*
Маса патраної тушки	2061,59± 31,886	2071,33± 20,200	2080,55± 13,013	2087,69± 50,507	2119,94± 47,871	2141,03± 40,404*
Маса їстівних частин:						
м'язи грудні	532,65± 23,654	531,25± 27,183	544,07± 24,584	564,48± 25,649	575,62± 40,871	597,98± 32,735*
м'язи тазових кінцівок	422,07± 21,877	426,80± 10,397	422,28± 20,600	432,91± 24,288	456,64± 26,555	475,98± 35,137*
шкіра	180,15± 17,097	167,78± 7,998	190,40± 12,477	176,50± 2,477	180,13± 2,291	180,19± 5,498
внутрішній жир	74,22± 16,852	78,19± 14,804	65,84± 15,685	67,05± 15,283	67,48± 15,515	64,11± 15,173
печінка	64,91± 16,684	65,69± 13,548	72,73± 12,921	73,54± 8,981	75,63± 11,778	72,53± 12,412
легені	15,56± 1,170	15,45± 0,946	16,45± 1,824	15,66± 0,453	16,47± 0,765	17,58± 1,595
нирки	12,54± 1,197	12,95± 1,124	12,83± 0,639	12,96± 0,605	12,43± 0,803	12,17± 1,439
м'язовий шлунок	62,38± 13,095	67,55± 8,607	67,15± 9,918	66,46± 6,738	73,42± 12,175	79,96± 7,031
серце	13,99± 1,625	14,85± 1,263	14,34± 1,795	13,88± 1,820	14,41± 1,478	15,46± 1,519

* $p<0,05$ порівняно з 1 (контрольною) групою

Аналіз передзабійної живої маси показує, що збільшення як лізину, так і треоніну у комбікормі впливало на показники м'ясної продуктивності курчат-бройлерів. За збільшення вмісту треоніну на фоні базового рівня лізину у комбікормі курчат 2 та

3 груп забійний вихід, хоч і не вірогідно, зріс. Показник птиці 2 групи був практично на рівні контролю, а 3 групи був вищим на 0,21 %. Збільшення рівня треоніну на фоні підвищеного рівня лізину у комбікормі птиці 5 і 6 дослідних груп

зумовило більш суттєве збільшення передзабійної живої маси. Порівняно з контролем вона зросла відповідно на 0,71 та 0,65 % ($p < 0,05$). Передзабійна маса курчат 5 та 6 дослідних груп була вищою за показник четвертої на 0,46–0,52 %. Збільшення рівня лізину на фоні базового рівня треоніну у комбікормі птиці 4 групи зумовило незначне збільшення передзабійної маси – на 0,19 %.

Аналогічна тенденція спостерігалась і за масою непатраної тушки. Так, птиця 2 та 3 дослідних груп випереджала контроль на 0,92–0,99 %. Показник 5 і 6 груп був вищим контролю на 0,85–1,35 % та вищим ніж у птиці 4 групи на 0,90–1,40 %. Маса непатраної тушки у 4 групі була майже на рівні контролю.

Маса напівпатраної тушки у курчат-бройлерів 2 та 3 дослідних груп була вищою контролю на 0,25–0,68 %. 5 та 6 групи перевершували контрольний показник на 1,20–2,12 % ($p < 0,05$) та показник 4 групи на 0,96–1,88 % ($p < 0,05$). Показник 4 групи був незначно вищим контролю – на 0,23 %.

Маса патраної тушки була вищою контрольного показника у птиці 2 та 3 дослідних груп – на 0,45–0,92 %, а курчат 5 та 6 груп – на 2,83–3,85 % ($p < 0,05$). Маса патраної тушки курчат-бройлерів 5 та 6 груп була вищою показника четвертої на 1,54–2,55 %. Показник 4 групи був вищим контролю на 1,27 %.

За масою їстівних частин туші також виявлено певні зміни та закономірності зумовлені різними рівнями та співвідношеннями між лізином та треоніном у кормі. Так, маса грудних м'язів була найвищою у курчат 5 та 6 дослідних груп. Вони перевершували контроль відповідно на 8,07 та 12,27 % ($p < 0,05$), а показник 4 групи – на 1,97–5,93 %. Маса грудних м'язів птиці 2 групи була незначно нижчою контролю та 3 групи вищою на 2,14 %. Птиця 4 групи невірогідно випереджала контроль на 5,98 %.

Маса м'язів тазових кінцівок практично не змінилась у курчат-бройлерів 2 та 3 дослідних груп, що споживали підвищені рівні треоніну на фоні базового рівня лізину. Однак, збільшення рівня треоніну на фоні підвищеного рівня лізину у комбікормі птиці 5 та 6 дослідних груп зумовило вірогідні зміни. Птиця випереджала контроль на 8,19–12,77 % ($p < 0,05$) та 4 групу – на 5,48–9,95 %. Маса м'язів тазових кінцівок птиці 4 групи була невірогідно вищою контролю на 2,57 %.

За іншими їстівними частинами туші вірогідної різниці чи певних закономірностей не спостерігалось за виключенням маси печінки та м'язового шлунка. Так, маса печінки птиці 3–6 дослідних груп, хоч і не вірогідно, була вищою контролю на 11,74–12,05 %. Маса м'язового шлунка курчат 2–6 дослідних груп перевершувала контроль на 6,54–

28,18 %, а показник 6 групи був у комбікормах на м'ясу вищим за четверту на 20,31 ($p < 0,05$). продуктивність курчат-бройлерів

Для більш глибокого аналізу були розраховані відносні показники впливу різних рівні лізину та треоніну – вихід продуктів забою (табл. 5).

5. Вихід продуктів забою, % ($x \pm SD$, $n=10$)

Показник	Група тварин					
	1	2	3	4	5	6
Вихід напівпатраної тушки	85,70± 0,469	85,85± 0,458	86,10± 0,227	85,75± 1,285	86,12± 1,318	86,95± 0,760*
Вихід патраної тушки	78,49± 1,013	78,80± 0,649	79,05± 0,902	79,33± 1,561	80,14± 1,347	80,99± 1,707*
Вихід істівних частин:						
м'язи грудні	20,28± 0,867	20,21± 1,120	20,67± 0,867	21,45± 0,981	21,76± 1,480	22,62± 1,163*
м'язи тазових кінцівок	16,07± 0,803	16,24± 0,467	16,04± 0,767	16,45± 0,856	17,26± 1,000	18,00± 1,311*
шкіра	6,86± 0,637	6,38± 0,299	7,24± 0,509	6,71± 0,134	6,81± 0,113	6,82± 0,190
внутрішній жир	2,83± 0,640	2,98± 0,568	2,50± 0,589	2,55± 0,592	2,55± 0,580	2,43± 0,574
печінка	2,47± 0,626	2,50± 0,530	2,77± 0,506	2,80± 0,351	2,86± 0,454	2,74± 0,463
легені	0,59± 0,045	0,59± 0,035	0,63± 0,068	0,60± 0,017	0,62± 0,028	0,67± 0,061
нирки	0,48± 0,046	0,49± 0,042	0,49± 0,022	0,49± 0,021	0,47± 0,029	0,46± 0,053
м'язовий шлунок	2,38± 0,499	2,57± 0,330	2,55± 0,370	2,53± 0,250	2,78± 0,457	3,03± 0,275
серце	0,53± 0,060	0,57± 0,048	0,55± 0,072	0,53± 0,071	0,55± 0,058	0,59± 0,058

* $p < 0,05$ порівняно з 1 (контрольною) групою

Вихід напівпатраної тушки майже не змінився у курчат-бройлерів 2 та 3 дослідних груп за збільшення у комбікормі вмісту треоніну на фоні базового рівня лізину. У третій групі цей показник зріс лише на 0,40 %. Збільшення рівня треоніну на фоні підвищеного рівня лізину у комбікормі піддослідної птиці 5 та 6 груп зумовило підвищення виходу напівпатраної тушки на 0,42–1,25 % ($p < 0,05$). Показник курчат 5 та 6

дослідних груп був вищим за четверту на 0,37–1,20 %. Збільшення рівня лізину на фоні базового рівня треоніну у комбікормі курчат 4 групи не вплинуло на вихід напівпатраної тушки.

За виходом патраної тушки відмічалась та сама тенденція. Показник у птиці 5 та 6 дослідних груп був вищим контролю на 1,65–2,50 % ($p < 0,05$) та на 0,85–1,66 % вищим ніж у 4 групі. Вихід патраної

тушки у птиці 2 та 3 дослідних груп зріс не значно – на 0,31–0,56 %. Показник 4 дослідної групи був вищим контролю на 0,84 %.

Вихід грудних м'язів також був вищим за підвищених рівнів лізину та треоніну у комбікормі курчат-бройлерів 5 та 6 дослідних груп. Показник був вищим контролю на 1,48–2,34 % ($p < 0,05$). Показник 2 групи був незначно нижчим контролю. Вихід грудних м'язів у птиці 3 та 4 груп був вищим контролю, відповідно на 0,39 і 1,17 %.

Вихід м'язів тазових кінцівок був вищим у птиці 5 та 6 дослідних груп –

6. Індекси м'ясності, % ($\bar{x} \pm SD$, $n=10$)

Показник	Група тварин					
	1	2	3	4	5	6
М'ясність тушки	46,31± 2,131	46,26± 2,062	46,45± 1,050	47,78± 1,019	48,69± 0,975	50,19± 3,156
М'ясність грудей	25,84± 1,112	25,65± 1,439	26,15± 1,149	27,04± 1,139	27,14± 1,577	27,95± 1,944
М'ясність тазових кінцівок	20,47± 1,022	20,61± 0,658	20,30± 1,068	20,74± 1,232	21,55± 1,311	22,24± 1,748
Вихід їстівних частин	66,87± 3,530	66,66± 2,962	67,59± 1,547	68,21± 1,356	69,45± 0,742	70,85± 4,482
Кістлявість	33,13± 3,530	33,34± 2,962	32,41± 1,547	31,79± 1,356	30,55± 0,742	29,15± 4,482

* $p < 0,05$ порівняно з 1 (контрольною) групою

Індекси м'ясності птиці 2 та 3 груп практично не змінилися під впливом зміни рівня треоніну на фоні базового рівня лізину у комбікормі. Більш суттєві зміни відбулись у птиці 5 та 6 груп, що споживала підвищені рівні лізину та треоніну. М'ясність тушки зросла на 2,31–3,88 %; м'ясність грудей – на 1,30–2,11 %; м'ясність тазових кінцівок – на 1,08–

на 1,19–1,93 % ($p < 0,05$) порівняно з контролем та на 0,81–1,55 % порівняно з показником 4 групи.

Вихід інших їстівних частин туші суттєво не змінився. Проте, відносні показники виходу печінки та м'язового шлунка були так само, як і абсолютні, вищими у птиці дослідних груп. За порівняння виходу м'язового шлунка у птиці 6 групи із показником четвертої можна спостерігати вірогідну різницю – 0,50 % ($p < 0,05$).

Індекси м'ясності птиці піддослідних груп наведено у таблиці 6.

1,77 %; вихід їстівних частин – на 2,58–3,98 % та кістлявість зменшилась на 2,58–3,98 %.

Дещо зросли м'ясні індекси і за збільшення рівня лізину у комбікормі курчат-бройлерів 4 групи. М'ясність тушки зросла на 1,47 %; м'ясність грудей – на 1,20 %; м'ясність тазових кінцівок – на 0,27 %; вихід їстівних

Льчук І. І., Сичов М. Ю., Кондратюк В. М., Уманець Д. П., Баланчук І. М., Голубева Т. А.

частин – на 1,34 і кістлявість зменшилась на 1,34 %.

Отже, в експериментальних дослідженнях ми отримали дані щодо впливу збільшення вмісту треоніну на фоні двох рівнів лізину у комбікормі на м'ясну продуктивність курчат-бройлерів. Збільшення рівня треоніну на фоні підвищеного вмісту лізину у комбікормі курчат-бройлерів зумовило більш суттєве збільшення м'ясної продуктивності порівняно із аналогами, що споживали підвищені рівні треоніну на фоні базового вмісту лізину. Такі зміни, очевидно, можна пояснити стимулюючою дією підвищеного рівня лізину у комбікормі на ріст м'язів, проте за умови достатньої кількості інших незамінних амінокислот, зокрема треоніну. Також не встановлено антагонізму між цими амінокислотами. Зростання вмісту лізину, треоніну не зумовило зниження продуктивності чи інших негативних наслідків. Не встановлено впливу лізин-треонінового співвідношення на м'ясну продуктивність курчат. Продуктивність зростала незалежно від співвідношення, за збільшення вмісту обох амінокислот у комбікормі. Однак найвища м'ясна

продуктивність відмічалась за відношення треоніну до лізину у комбікормі, у перший період вирощування – 0,67 : 1; у другий – 0,68 : 1 і у третій – 0,70 : 1.

Висновки

Експериментально встановлено ефективні рівні лізину та треоніну у комбікормах курчат-бройлерів. Найвищі показники м'ясної продуктивності курчат-бройлерів встановлені за вмісту лізину і треоніну у комбікормі, відповідно, у перший період вирощування (вік 1–10 діб) – 1,24 та 0,83 %; у другий період вирощування (вік 11–22 доби) – 1,14 та 0,78 % і у третій період вирощування (вік 23–42 доби) – 1,09 та 0,70 %. За використання комбікорму з ефективним вмістом лізину та треоніну передзабійна жива маса зростає на 0,65 % ($p < 0,05$); маса напівпатраної тушки – на 2,12 % ($p < 0,05$); маса патраної тушки – на 3,85 % ($p < 0,05$); маса грудних м'язів – на 12,27 % ($p < 0,05$); маса м'язів тазових кінцівок – на 12,77 % ($p < 0,05$); вихід напівпатраної тушки – на 1,25 % ($p < 0,05$); вихід патраної тушки – на 2,50 % ($p < 0,05$); вихід грудних м'язів – на 2,34 % ($p < 0,05$) та вихід м'язів тазових кінцівок – на 1,93 % ($p < 0,05$).

References

1. Aviagen. (2019). Ross Nutrition Specifications. All Plant Protein-Based Feeds. Aviagen. Retrieved September 16, 2022 from https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/RossPlantProteinBasedBroilerNutritionSpecs2019-EN.pdf

2. Belloir P., Lessire M., Lambert W., Corrent E., Berri C., Tesseraud S. (2019). Changes in body composition and meat quality in response to dietary amino acid provision in finishing broilers. The Animal Consortium 2018, 13 (5), 1094–1102. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002306>

Льчук І. І., Сичов М. Ю., Кондратюк В. М., Уманець Д. П., Баланчук І. М., Голубева Т. А.

3. Cobb-Vantress. (2018). Cobb 500 broiler performance and nutrition supplement. L-2114-08 EN: August 2018. Cobb-Vantress. Retrieved September 16, 2022 from <https://www.cobb-vantress.com/assets/5a88f2e793/Broiler-Performance-Nutrition-Supplement.pdf>
4. Dozier W., Kidd M., Corzo A. (2008). Dietary amino acid responses of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 17 (1), 157–167. <https://doi.org/10.3382/japr.2007-00071>
5. Hickling D., Guenter W., Jackson M. (1990). The effects of dietary methionine and lysine on broiler chicken performance and breast meat yield. *Canadian Journal of Animal Science* 70, p. 673–678. <https://doi.org/10.4141/cjas90-079>
6. Ibatullin I.I., Ilchuk I.I., Kryvenok M.Ia. (2013). Produktyvnist kurchat broileriv za riznykh rivniv lizynu u kombikormiv [Productivity of broiler chickens at different levels of lysine in compound feed]. Kyiv: Animal husbandry of Ukraine. Vol. 11. p. 31–35 (in Ukrainian). from http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LIN&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=TvUkr_2013_11_10
7. Ibatullin I.I., Ilchuk I.I., Kryvenok M.Ia. (2014). Efektyvnist vykorystannia kormiv kurchatamy-broileramy za riznykh rivniv treoninu u kombikormakh [Efficiency of feed utilization by broiler chickens at different levels of threonine in compound feed]. Kyiv: Biological resources and nature management. Vol. 5-6. p. 83–88 (in Ukrainian). from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/viewFile/6411/6304>
8. Ibatullin I.I., Ilchuk I.I., Kryvenok M.Ia. (2014). Peretravnist pozhyvnykh rehovyn u kurchat-broileriv za riznykh rivniv lizynu u kombikormi [Digestibility of nutrients in broiler chickens at different levels of lysine in compound feed]. Sumy: Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Vol. 2/1(24). p. 145–148 (in Ukrainian). from http://visnyk.snau.edu.ua/sample/files/snau_2014_2_1_24_tvar/JRN/36.pdf
9. Ibatullin I.I., Ilchuk I.I., Kryvenok M.Ia., Holota M.A. (2013). Treonin: efektyvnyi riven v ratsioni kurchat-broileriv [Threonine: an effective level in the diet of broiler chickens]. Kyiv: Animal husbandry of Ukraine. Vol. 12. p. 33–37 (in Ukrainian). from http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LIN&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=TvUkr_2013_12_11
10. Ibatullin, I.; et al. (2022). Influence of Feeding Wormwood (*Artemisia Capillaris*) on Quail Meat Productivity. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 70(4-5), 307-316. <http://dx.doi.org/10.11118/actaun.2022.023>
11. Kerr B., Kidd M., Halpin K., McWard G., Quarles C. (1999). Lysine level increases live performance and breast yield in male broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 8, p. 381–390. <http://dx.doi.org/10.1093/japr/8.4.381>
12. Kidd M., Corzo A., Hoehler D., Kerr B., Barber S., Branton S. (2004). Threonine needs of broiler chickens with different growth rates. *Poultry Science* 83, p. 1368–1375. <https://doi.org/10.1093/ps/83.8.1368>
13. Kidd M., Kerr B., Anthony N. (1997). Dietary interactions between lysine and threonine in broilers. *Poultry Science* 76, p. 608–614. <https://doi.org/10.1093/ps/76.4.608>
14. Mehri M., Bagherzadeh-Kasmani F., Rokouei M. (2016). Growth responses of breast and leg muscles to essential amino acids in broiler chicks. *Animal*. Vol. 10, 3. P. 390-395. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002128>
15. National Research Council. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th Revised Edition. National Academies Press; Washington DC, 176. <https://doi.org/10.17226/2114>

**SLAUGHTER PARAMETERS OF BROILER CHICKENS
AT DIFFERENT LEVELS AND RATIOS OF LYSINE
AND THREONINE IN THE COMPOUND FEED****I. I. Ilchuk, V. M. Kondratiuk, M. Yu Sychov, D. P. Umanets, I. M. Balanchuk,
T. A. Holubieva**

Abstract. *The article highlights the results of the study of the influence of different levels and ratios between lysine and threonine in compound feed of broiler chickens on slaughter indicators. The experiment was conducted by the group method on 600 heads of broiler chickens of the "Cobb-500" cross, which were divided into 6 groups of 100 heads each. In the combined feed of chickens of the first three groups against the background of the basic level of lysine, the level of threonine was increased. In the feed of the birds of the other 3 groups, the level of threonine was increased against the background of the increased level of lysine. It was established that the highest indicators of meat productivity in broiler chickens were established for the content of lysine and threonine in compound feed, respectively, in the first growing period (age 1–10 days) – 1.24 and 0.83 %; in the second growing period (age 11–22 days) – 1.14 and 0.78 % and in the third growing period (age 23–42 days) – 1.09 and 0.70 %. When using compound feed with an effective content of lysine and threonine, pre-slaughter live weight increases by 0.65 % ($p < 0.05$); weight of semi-carcasses - by 2.12 % ($p < 0.05$); the mass of the cartridge carcass - by 3.85 % ($p < 0.05$); pectoral muscle mass - by 12.27 % ($p < 0.05$); muscle mass of the pelvic limbs - by 12.77 % ($p < 0.05$); yield of semi-carcasses - by 1.25 % ($p < 0.05$); cartridge carcass yield - by 2.50 % ($p < 0.05$); output of pectoral muscles – by 2.34 % ($p < 0.05$) and output of pelvic limb muscles – by 1.93 % ($p < 0.05$). No antagonism between lysine and threonine has been established. Neither an increase in the content of lysine nor threonine caused a decrease in productivity or other negative consequences. The influence of the lysine-threonine ratio on the meat productivity of chickens has not been established. Productivity increased regardless of the ratio, with an increase in the content of both amino acids in the compound feed. However, the highest meat productivity was noted for the ratio of threonine to lysine in compound feed, in the first period of growing - 0.67: 1; in the second - 0.68: 1 and in the third - 0.70: 1.*

Key words: *lysine, threonine, compound feed, broiler chickens, slaughter weight, slaughter yield, meatness indices*

**РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ СІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ
ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА РОСЛИННІЙ СИРОВИНІ**

Ю. М. КУШНІР, аспірант кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів, <https://orcid.org/0000-0002-6364-8117>

М. С. НІКОЛАЄНКО, доктор філософії (PhD)

<https://orcid.org/0000-0003-2213-4985>

E-mail: hti19@ukr.net

Національний університет біоресурсів та природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.010](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.010)

***Анотація.** Робота виконана з метою визначення складових рецептури січених напівфабрикатів на рослинній основі та його потенційних переваг в порівнянні з м'ясною сировиною. Факторами, які обумовили необхідність виконання дослідження є: 1) наростання дефіцитності м'ясної сировини через швидке зростання чисельності світового населення, яке збільшилося на мільярд осіб мени, ніж за 11 років, а також очікуваним підвищенням рівня споживання ними м'яса; 2) погіршенням екологічного стану планети через високі темпи розвитку тваринництва: за підрахунками, витрати води на вирощування свійських тварин становлять, залежно від регіону світу, 20-70 % наявного ресурсу, а відходи життєдіяльності одної свійської тварини більш, ніж у 150 разів перевищують відповідну кількість в розрахунку на одну людину; 3) є утворення парникових газів, частка яких у світовому об'ємі викидів становить 18 %. В рамках комплексного дослідження виконаний пошук та аналіз спеціалізованих літературних джерел стосовно рослинних інгредієнтів, які можуть бути рекомендованими до використання у фаршевих сумішах на заміну м'ясній сировини. В попередніх публікаціях серії показано, що заміна яловичого м'яса соєво-пшеничним текстуратом дозволяє зберегти товарний вигляд фаршевого продукту та одночасно покращити його базові органолептичні показники якості – смак, запах, консистенцію при суттєво меншому вмісті натрію. В роботі співставлені показники вмісту мінеральної і вітамінної складових у контролі та дослідному фарші і показано, що продукт в розробці містить суттєво більші кількості вітамінів та мікроелементів, особливо селену. Для покращення динаміки засвоєння цього елемента запропоновано збільшити дозування в рецептуру йоду заміною кам'яної солі на морську. Рекомендована до впровадження рецептура включає замість тваринного жиру суміш соняшникової і кокосової олії, використання якої замість чистої соняшникової олії дозволило наблизити співвідношення омега-6 та омега-3 жирних кислот у фарші до рекомендованого дієтологами рівня.*

***Ключові слова:** рослинний білок, соєво-пшеничний текстурат, рослинна олія, м'ясна сировина, фарш, вітаміни, мінерали, січені напівфабрикати*

***Актуальність.** Тенденція добробуту споживачів в усіх без постійного покращення рівня винятку регіонах світу відбувається*

Кушнір Ю. М., Ніколаєнко М. С.

на тлі стрімкого збільшення чисельності світового населення, яка 31 жовтня 2011 року досягла позначки у 7 мільярдів, а вже 14 липня 2022 року становила 8 мільярдів осіб і до 2050 року досягне за оцінками ООН 9,2 мільярдів (Biraben, 2022) і одним з основних видів харчових продуктів в їхньому раціоні є м'ясні страви. За даними ООН, у 2008 році у світі було спожито 350 мільйонів тонн м'яса, що вдвічі перевищило рівень 1988 року і продовжує зростати. За прогнозами експертів, на 2050 році світі м'яса буде вироблено від 470 до 550 мільйонів тонн (Global meat consumption continues to rise, 2020), і зросте за розрахунками приблизно на 10 % в розрахунку на середньостатистичного споживача. Зростання попиту на продукти тваринництва тягне за собою монотонне погіршення стану довкілля через надмірне використання необхідних для їх виробництва природних ресурсів та стрімко наростаючу дефіцитність продуктів тваринного походження.

Аналіз досліджень та публікацій. Одним з найбільш значущих факторів негативного впливу на природне оточення є величезні витрати води, які досягають третини їх загальних об'ємів у світовому масштабі, які, залежно від задіяних технологій, варіюються в межах 20-70 % її природних ресурсів (Animal agriculture is responsible for 91 % of Amazon destructure, 2023).

Розвитку негативних тенденцій певним чином протидіє поширення вегетаріанського способу харчування, принципів якого дотримується, залежно від регіону світу, від 15 до 20 % населення планети. Так, вегетаріанцю для забезпечення харчування достатньо 0,1 гектара землі, у той час, як для забезпечення потреб одного м'ясоїда необхідна площа у 40 разів більша (Причини откаться от мяса, 2023). Що до витрат води. то, наприклад, для виробництва 450 г салату потрібно 104 літри води, а щоб отримати 450 г яловичини – вже 23 700 літрів. Другою значною проблемою є утворення відходів життєдіяльності тварин: за даними документу (National Service Center for Environmental Publications, 2004) ферма з 2500 тваринами, які дають молоко, створює стільки ж сміття, скільки місто з населенням у 411 тисяч чоловік. За оцінками спеціалістів США, кількість сміття, яке містить значні кількості летких компонентів – аміаку, метану, сірководню, монооксиду вуглецю, а також нітратів, нітритів та важких металів, які у ньому залишаються, у 130 разів перевищує об'єм побутових відходів усіх жителів країни (United States Government Accountability Office, 2008). Паралельно прискорюються і процеси глобального потепління через викид в атмосферу парникових газів, головним чином двооксиду вуглецю

Кушнір Ю. М., Ніколаєнко М. С.

та метану. Наприклад, виробництво одного кілограму яловичини супроводжується утворенням CO_2 в кількості, еквівалентній викиду середньостатистичного автомобіля на 250 кілометрів пробігу (Fanelli, 2007), а інтегрований внесок тваринництва та птахівництва у зміну клімату через це дорівнює 18 % (Food and Agricultural Organization, 2006). Також у звіті Всесвітньої продовольчої і сільськогосподарської організації ООН ще у 2006 році повідомлялося, що при вирощуванні та утриманні свійських тварин (корів, биків, буйволів, овець, кіз, верблюдів, свиней та домашньої птиці) утворюється до 18 % парникових газів – метану, аміаку, монооксиду азоту, що значно більше, ніж дає наземний, морський та повітряний транспорт, на який таких викидів припадає лише 13 %.

Мета дослідження. Задачею, поставленою при проведенні досліджень, є пошук способів зменшення рівня залежності виробників харчової продукції від використання дефіцитної м'ясної сировини заміною її на рослинну та надання фаршевій суміші в розробці оздоровчих властивостей шляхом розробки технології збагаченого мінералами та вітамінами січеного напівфабрикату, основні органолептичні показники якості

якого не поступаються, а в ідеалі – переважають відповідні характеристики традиційних м'ясних фаршів.

Матеріали і методи дослідження. За об'єкт дослідження були обрані січені напівфабрикати на рослинній основі. Контролем слугували м'ясні січені напівфабрикати із вмістом 25,1 % яловичого м'яса та 30,2 % хребтового сала (ДСТУ 4437-2005). Рецептури контрольного та дослідного зразків січених напівфабрикатів представлені в таблиці 1.

Мінеральний склад визначали методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивною плазмою згідно ДСТУ ISO 11885:2005. Жиророзчинні вітаміни визначали методами тонкошарової хроматографії за ДСТУ 4940:2008, ДСТУ EN 12822:2005. Вітаміни групи В досліджували спектрофотометричними методами згідно ДСТУ 7988:2015, ДСТУ 7988:2015. Масову частку ніацину визначали фотометричним методом із застосуванням кислотного гідролізу згідно ДСТУ 2117-93. Вміст вітаміну С досліджували титриметричним методом згідно ГОСТ 24556-89. Жирнокислотний склад ліпідів досліджували хроматографічним методом за ДСТУ ISO 15304:2007.

Кушнір Ю. М., Ніколаєнко М. С.

1. Рецептури контрольного та дослідного зразків січених напівфабрикатів

Назва компоненту рецептури	Масова частка інгредієнта, %	
	Контроль	Дослід
Вода	23,8	62,3
М'ясо котлетне з яловичини	25,1	-
Сало ковбасне хребтове	30,2	-
Соєво-пшеничний текстурат	-	21,0
Хліб з пшеничного борошна	11,1	-
Сухарі панірувальні	4,0	-
Гідролізований рослинний білок	-	0,7
Клітковина картопляна або пшенична суха	2,0	-
Дріжджовий екстракт	-	0,7
Сіль кухонна харчова	1,2	0,7
Сік буряку		1,0
Цибуля ріпчаста подрібнена	3,0	-
Кокосова олія	-	6,3
Метилцелюлоза	-	2,0
Олія соняшникова	-	5,0
Ароматизатор АлмаМіт С25/11	-	0,3
Перець чорний або білий мелений	0,1	-
Всього	99,5	100,0

Результати дослідження та їх обговорення. Раніше нами було показано (Кушнір та ін., 2022), що заміною м'ясних ресурсів рослинною складовою досягається повноцінність амінокислотного складу дослідного зразка та покращення його органолептичних властивостей – зовнішнього вигляду, виду на розрізі, кольору, аромату, смаку, консистенції, соковитості. Оскільки він до того ж характеризується певними лікувально-оздоровчими властивостями, в даній роботі, на підставі вивчення мінерального, вітамінного та жирнокислотного складу продукту розробленого складу, були проведені дослідження, направлені на визначення

специфічних груп населення, яким він би міг бути рекомендованим. При проведенні розрахунків було прийнято, що у складі соєво-пшеничного текстурату (рівень вологості 10 %) містяться однакові за масою кількості пшеничного і соєвого борошна. Визначення вмісту вітамінів та мінералів в базових інгредієнтах фаршу стандартизованого складу та розробленого продукту виконано на основі результатів власних експериментальних досліджень та даних літературних джерел (Скурихин, 1987). Результати порівняння вмісту мінералів у складі фаршів контрольного та дослідного зразка показані в таблиці 2.

Кушнір Ю. М., Ніколаєнко М. С.

2. Вміст мінералів у складі фаршів

Назва елемента	Контроль		Дослід	
	Маса, мг/100 г	% добової потреби	Маса, мг/100 г	% добової потреби
Макроелементи				
Калій	113,4	2,4	202,7	7,8
Кальцій	22,5	2,3	31,4	2,9
Магній	11,6	2,9	36,9	7,3
Натрій	556,5	42,8	272,0	20,9
Фосфор	74,9	10,7	102,1	10,2
Мікроелементи				
Залізо	1,10	1,1	2,00	14,4
Йод	-	-	0,005	3,2
Марганець	0,176	6,4	0,60	30,0
Мідь	0,031	5,1	0,061	6,1
Селен	0,010	18,2	0,045	82,2
Цинк	1,41	13,4	0,73	6,0

До безперечних переваг розробленої рецептури дослідного зразка слід віднести більш, ніж двократне, зменшення вмісту у фарші натрію, що відповідає сучасним вимогам дієтології. З даних таблиці також слідує, що пропонована заміна м'ясної складової на рослинну дозволяє збільшити кількість отримуваних організмом мінеральних елементів, у першу чергу тих, що віднесені до категорії есенціальних (залізо, марганець, селен) і при тому практично задовольнити потребу організму в життєво важливому селені. Однак основною вимогою до його більш повного засвоєння є наявність в суміші йоду (*Karaaslan, 2020*), який у сполученні з селеном сприяє нормалізації процесів обміну речовин та захищає організм від дії численних токсичних речовин. Приймаючи до уваги, що

рекомендована норма споживання йоду близька до 150 мікрограмів на добу, нами було прийняте рішення про заміну кам'яної солі на йодовану сіль (*ДСТУ 4307:2004*) із вмістом 40 міліграмів йодату калію в кілограмі, що дозволяє збільшити дозування у рослинний фарш йоду до 17,5 мікрограмів на кілограм (48,5 % добової потреби організму) при практично незмінній кількості у фарші натрію.

Вітамінний склад фаршів контрольного та дослідного зразків представлено в таблиці 3.

Порівняння вітамінного складу контрольного та дослідного зразків показує, що заміщення традиційної м'ясної компоненти рослинною веде до збільшення кількості отримуваних організмом вітамінів та покращує засвоєння вітаміну Е (*Погожева та ін., 2020*).

Кушнір Ю. М., Ніколаєнко М. С.

3. Вміст вітамінів у складі фаршів

Назва вітаміну	Контроль		Дослід	
	Маса, мг/100 г	% добової потреби	Маса, мг/100 г	% добової потреби
A	0,032	3,2	0.0004	0,1
B1	0,042	3,4	0.128	10,4
B2	0,069	5,1	0.088	6,5
B3	1,512	9,5	0,893	5,6
B4	21.751	4,4	19,586	4,0
B5	0,178	3,5	0,181	3,6
B6	0,092	6,7	0,086	6,3
B9	0,602	1,5	0,040	0,1
B12	0,0006	1,1	-	-
C	0.252	0,3	0,570	0,7
D	0.0009	0,6	-	-
E	-	-	2,412	15,5
H	-	-	0,001	20,2
K	0,0123	10,3	0,050	41,9

Ще одною суттєвою відмінністю дослідної рецептури від контролю є заміна тваринного жиру (сала хребтового) на суміш соняшникової та кокосової олії, основною

перевагою яких перед жиром тваринного походження є наявність великої кількості омега-3 та омега-6 жирних кислот, процентний вміст яких показаний в таблиці 4.

4. Вміст омега-жирних кислот соняшниковій та кокосовій оліях, %

Назва жирної кислоти	Назва олійної культури	
	Соняшник	Кокос
лінолева – ω -6 (C18)	48,3—74,0	1,0-2,5
ліноленова – ω -3 (C18)	до 0,3	до 0,5

Причиною часткової заміни соняшникової олії, що традиційно використовується в фаршевих сумішах, на кокосову є надмірно високий вміст у ній омега-6 лінолевої кислоти порівняно з омега-3 ліноленовою кислотою. Співвідношення мас цих кислот в соняшниковій олії близьке до 200 при їх рекомендованому оптимальному співвідношенні від 1:4 до 1:2 (Ципріян, 2007). Для уникнення

проблем, пов'язаних з надмірним надходженням в організм омега-6 кислот, які проявляються у підвищенні згортання та в'язкості крові (ризик утворення тромбів) та підвищенні ризику артеріальної гіпертензії, нами було запропоновано зменшити співвідношення цих кислот внесенням у масу доступної та відносно дешевої кокосової олії. Додатковою причиною на користь її введення до рецептури дослідних

Кушнір Ю. М., Ніколаєнко М. С.

зразків є вміст у 100 грамах 3 міліграмів вітаміну Е, що відповідає 20 % денної потреби у ньому організму. Але основним аргументом на користь такого вибору є те, що кокосова олія містить виключно важливу для зміцнення пам'яті міристинову кислоту (Wallis, 2021) практично відсутню у соняшниковій олії (16,0-21,0 % та менше 0,2 %, відповідно).

Висновок. На базі отриманих даних аналітичного огляду спеціалізованих літературних та патентних джерел, обґрунтовано вибір рецептурного складу, вплив основних сировинних компонентів на показники якості і безпечності. На основі експериментальних досліджень розроблена технологія

Список використаних джерел

1 Biraben J-N. Essai sur l'évolution du nombre des hommes. *Population*. 2022. Vol. 34, No. 1. P. 13–25

2 Global meat consumption continues to rise. URL: <https://www.ift.org/news-and-publications/news/2020/march/02/global-meat-consumption-continues-to-rise> (дата звернення 01.02.2023)

3 Animal agriculture is responsible for 91 % of Amazon destructure. URL: https://pt-br.facebook.com/TheVeganReview/photos/**http://cowspiracy-com-**-animal/972656682749304/ (дата звернення 01.02.2023)

4 Причины отказаться от мяса. URL: <https://edaplus.info/vegetarianism/rejection-meat.html> (дата звернення 25.09.2022)

5 US National center for environmental publications. Risk Assessment Evaluation for Concentrated Animal Operations, URL: <https://nepis.epa.gov/Exec/zyNET.exe> (дата звернення 23.11.2022)

січених напівфабрикатів на рослинній основі, які відповідають сучасним уявленням про продукцію з високим вмістом рослинного білка, високою харчовою і біологічною цінністю та стабільним рівнем мікробіологічної безпечності. Показана доцільність заміни у фаршевій суміші жиру тваринного походження на рослинні олії з використанням комбінування у рецептурі традиційної соняшникової з кокосовою олією. Оцінка комплексу позитивних моментів споживання січеного рослинного продукту розробленого складу показує наявність його певних оздоровчих властивостей, що свідчить на користь реалізації його серійного виробництва.

6 United States Government Accountability Office. (2008). US livestock produces 130 times the poop of humans. Report to Congressional Requesters. URL: <http://www.gao.gov/archive/1999/rc99205.pdf> (дата звернення 01.02.2023)

7 Fanelli D. Meat is murder on the environment. 2007. URL: <https://www.newscientist.com/article/mg19526134-500-meat-is-murder-on-the-environment/?ignored=irrelevant> (дата звернення 05.08.2022)

8 Food and Agricultural Organization. Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options. 2006.

URL: <https://www.fao.org/3/a0701e/a0701e00.htm> (дата звернення 22.11.2022)

9 ДСТУ 4437-2005 Напівфабрикати м'ясні та м'ясорослинні січені. Технічні умови. Зі змінами та поправками.

10 Спосіб виробництва замороженого рослинного напівфабрикату з використанням соєво-пшеничного текстурату та метилцелюлози: пат. 151729 Україна:

Кушнір Ю. М., Ніколаєнко М. С.

МПКА23L33/185. № u202106662;
заявл. 25.11.2021; опубл. 07.09.2022, Бюл. № 36.

11 Скурихин И.М. Химический состав пищевых продуктов / И.М. Скурихин и др. (ред.) Кн. 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под ред. проф., д-ра техн. наук И. М. Скурихина, проф., д-ра мед. наук М.Н. Волгарева. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ВО «Агропромиздат», 1987. 224 с

12 Karaaslan E.T.O. The Relationship between Iodine and Selenium Levels with Anxiety and Depression in Patients with Euthyroid Nodular Goiter. *Oman Med J.* 2020, Vol. 35, No. 4, P. 1651-1656

13 ДСТУ 4307:2004 Сіль йодована. Технічні умови. Зміна № 1

14 Погожева А.В., Онищенко Г.Г., Тутельян В.А. Здоровое питание. Роль БАД. М.: ГЭОТАР–Медиа, 2020. 480 с.

15 Циприян В. И., Матасар Ш. Т., Слободкин В. Ш. Гигиена харчування з основами нутриціології: підруч. у 2-х кн. Київ: Медицина, 2007. 544 с.

16 Wallis T. 2021. Saturated fatty acid levels increase when making memories. *Information of the Queensland Brain Institute (Australia)*. URL: <https://medicalxpress.com/news/2021-06-saturated-fatty-acid-memories.html> (дата звернення 04.12.2022)

References

1 Biraben, J-N. (2022). Essai sur l'évolution du nombre des hommes. *Population*, 34(1), 13–25

2 Global meat consumption continues to rise. Available at: <https://www.ift.org/news-and-publications/news/2020/march/02/global-meat-consumption-continues-to-rise>.

3 Animal agriculture is responsible for 91 % of Amazon destructure. Available at: https://pt-br.facebook.com/TheVeganReview/photos/**http:-cowspiracy-com-***-animal/972656682749304/.

4 Prichiny otkazatsya ot myasa [The reasons of refusing of consumption of meat]. Available at: <https://edaplus.info/vegetarianism/rejection-meat.html>.

5 US National center for environmental publications. Risk Assessment Evaluation for Concentrated Animal Operations. Available at: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe>.

6 United States Government Accountability Office. (2008). US livestock produces 130 times the poop of humans. Report to Congressional Requesters. Available at: <http://www.gao.gov/archive/1999/rc99205.pdf>

7 Fanelli, D. (2007). Meat is murder on the environment. Available at: <https://www.newscientist.com/article/mg19526134-500-meat-is-murder-on-the-environment/?ignored=irrelevant>

8 Food and Agricultural Organization: Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options. Available at: <https://www.fao.org/3/a0701e/a0701e00.htm>.

9 National standard of Ukraine of DSTU 4437-2005. Milled meat and meat and vegetative semi-finished products. Specifications.

10 Kushnir, Yu.M., Bal-Prylypko, L.V., Panasiuk, O.G., Leonova, B.I., Manturova, M.S. (2021). Mode of production of frozen vegetative semi-finished product, which contains the soy and wheat texturate, and methylcellulose. Patent of Ukraine for useful model. №151729; declared 25.11.2021; published 07.09.2022, №. 36.

11 Skurihin I.M. Himicheskij sostav pishevyh produktov [Chemical composition of food products] / I.M. Skurikhin and others (ed.) Book. 1: Reference tables for the content of essential nutrients and the energy value of foods / Pod red. prof., d-ra tehn. nauk I. M. Skurihina, prof., d-ra med. nauk M.N. Volgareva. 2-e izd., pererab. i dop. Moskva: VO «Агропромиздат», 1987. 224 s.

12 Karaaslan, E.T.O. (2020). The Relationship between Iodine and Selenium Levels with Anxiety and Depression in Patients with Euthyroid Nodular Goiter. *Oman Med J.* 35 (4), 1651-1656.

13 National standard of Ukraine of DSTU 4307:2004 Iodinated salt. Specifications.

14 Pogozeva, A.V., Onishhenko, G.G., Tutel'jan V.A. Zdorovoe pitanie. Rol'

Кушнір Ю. М., Ніколаєнко М. С.

BAD [Healthy food. The role of dietary supplements]. M.: GJeOTAR-Media, 2020.

15 Tsypryan, V. I., Matasar, Sh.T., Slobodkin, V.Sh. Hihiiena kharchuvannia z osnovamy nutrytsiologii [Hygiene food with the basics of nutrition]. Pidruch. u 2-h kn. K.:Medytsyna; 2007.

16 Wallis, T. (2021). Saturated fatty acid levels increase when making memories. Information of the Queensland Brain Institute (Australia). Available at: <https://medicalxpress.com/news/2021-06-saturated-fatty-acid-memories.html>

DEVELOPMENT OF FORMULATION OF SEMI-FINISHED MILLED FUNCTIONAL PRODUCTS BASED ON USE OF VEGETATIVE RAW PRODUCTS

Yu.M. Kushnir, M. S. Nikolaienko

Abstract. *The purposes set in carrying out of this work were the final determining of composition of vegetative milled semi-finished product, and its preferences over traditional samples of milled mince-meats based on use of beef. The factors stipulated the need of raising of this work were as follows. 1) the increased deficit of meat raw because of quick rising of world population growing on one billion during last 11 years, as well as prospective bettering of level of their nourishing, 2) continuous worsening of ecological state of the planet because of intense progress of livestock-breeding: it was shown that consumption of water in breeding of cattle is, dependently of region of world, is of 20-70 % of its quantity, and formed in breeding of one cow surpass the related value of one man by factor of 150, 3) increasing of generation of greenhouse gases, which quantity constitutes 18 % of their global quantity. This stage of complex investigation included the search of specialized literature by problem of choose of vegetative ingredient of milled mince recommended to replace ingredients of animal origin. It was shown in earlier publications the replacing of beef by soy and wheat texturate permits to preserve the trade view of the mince and make better at the same time in less quantity of sodium such its basic organoleptic properties as taste, aroma and consistency. It was compared in this work the indices of content of minerals and vitamins in the control mix and the mince in development, and shown that the latter contains more vitamins and minerals, especially the selenium one. To speed up dynamics of its assimilation we propose to increase dosing of iodine into the mince by mode of replacing of rock salt by the sea one. The formulation of the mince recommended for extended manufacturing includes also the component of mix of sunflower and coconut oil instead of fat of animal origin. Use of component of coconut oil in such mix permitted to correct partly ratio of omega-6 to omega-3 fatty acid to the level recommended by dietarians.*

Keywords: *vegetative albumen, vegetative oil, vitamins, minerals, milled semi-finished products*

УДК: 664.8.037.1

**ВПЛИВ ХІТОЗАНУ НА ЯКІСТЬ ЯГІД МАЛИНИ ПІД ЧАС ХОЛОДИЛЬНОГО
ЗБЕРІГАННЯ****Л. В. БАЛЬ-ПРИЛИПКО**, доктор технічних наук, професор,<https://orcid.org/0000-0002-9489-8610>E-mail: bplv@ukr.net**М. М. МУШТРУК**, кандидат технічних наук,<https://orcid.org/0000-0002-3646-1226>E-mail: mixej.1984@ukr.net**А. М. ОМЕЛЬЯН**, кандидат сільськогосподарських наук,<https://orcid.org/0000-0001-9004-5250>E-mail: alina_omelian@nubip.edu.ua*Національний університет біоресурсів і природокористування України*[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.011](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.011)

***Анотація.** Малина є швидкопсувною ягідною сировиною з високою здатністю до механічних та мікробіологічних пошкоджень, тому після збору врожаю необхідно використовувати відповідні технології для збереження її якості та продовження терміну зберігання. Найпоширеніший метод, що використовують для зберігання фруктів і ягід – холодильне зберігання, на жаль, не достатньо ефективно гальмує грибкові, гнильні та інші ознаки псування. Використання фунгіцидів у комбінації з охолодженням у сучасних умовах не можливе через вимоги до безпеки харчування. Європоцентрична культура споживання формує тенденції розвитку альтернативних, перспективних, екологічних методів і технологій зберігання якості малини, що сьогодні беззаперечно є актуальним напрямком наукових досліджень. Метою роботи було оцінити вплив різних концентрацій розчинів хітозану на післязбиральну якість малини за умов охолодження. У дослідженні використано фізико-хімічні й органолептичні методи досліджень та методологічні принципи збору, накопичення, систематизації, аналізу, узагальнення, синтезу інформації. Ягоди малини збирали у споживчій стадії стиглості у перфоровані пластикові контейнери місткістю 500 г. Обробку ягід проводили шляхом обприскування 0,5 %; 1,0 % та 2,0 % розчином хітозану з подальшим видаленням залишкової вологи. Зберігання проводили протягом дванадцяти діб у холодильній камері за температури 2°С та відносної вологості повітря 95 %. Дослідження проводили визначаючи зміни масової частки аскорбінової кислоти, цукрів протягом зберігання, а також смаку, аромату, кольору, консистенції та зовнішнього вигляду в кінці зберігання. Встановлено, що оброблені ягоди мали менші втрати аскорбінової кислоти ніж в контрольному зразку (на 12,5–32,5 %). Подібна ситуація спостерігалася і з масовою часткою цукрів, вміст яких переважав на 0,9–2,5 % в оброблених зразках малини. За органолептичними показниками кращими визнано зразки з концентрацією розчину 1,0 % та 2,0 %. Не оброблена хітозаном малина швидше втрачала товарний зовнішній вигляд, смак і аромат.*

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омельян А. М.

З'ясовано, що попередня обробка ягід розчинами хітозану є перспективним способом сповільнити небажані метаболічні процеси під час зберігання, які проводяться після збору врожаю, що практично дає можливість продовжити споживчі властивості продукту.

Ключові слова: зберігання, попередня обробка, хітозан, аскорбінова кислота, цукри, органолептична оцінка

Актуальність. Малина – високопоживна ягідна культура з коротким терміном зберігання, високим вмістом води та тонкими покривними тканинами, які легко пошкоджуються під дією механічних та мікробіологічних факторів. Ягоди малини продовжують метаболічну активність після збору врожаю, що призводить до поступової втрати якості, зменшення стійкості до фітопатогенного пошкодження та збільшення відсотку втрат під час зберігання. Термін придатності малини короткий – 2–3 дні. Нормою втрат за цей період прийнято вважати – 1,40 % (Облік і фінанси АПК: освітній портал, 2023). Характерними ознаками псування є: зміна кольору на темний, зростання рН, зниження кислотності, виділення ягідного соку, гнильні та грибкові враження. Швидкий перебіг метаболічних процесів завдає значних економічних збитків виробникам і маркетинговим фірмам. Тому, для подовження терміну зберігання варто шукати ефективні технології зберігання швидкопсувної ягідної продукції.

Офіційно Європейська комісія у 2019 році визначила вектор своєї політики в напрямку сталої,

кліматично нейтральної, «здорової» Європи, що передбачає перехід до стійкої харчової системи органічного виробництва (Представництво України при Європейському союзі, 2021). За таких умов використання фунгіцидів для попередження швидкого псування ягід неможливе. Тому у світі розпочався активний пошук альтернативних способів збереження якості свіжих овочів, фруктів і ягід. Як варіант на зміну традиційної парадигми використання синтетичних фунгіцидів розглядають біологічний контроль післязбиральних захворювань. Наприклад: використання дволанцюгової РНК як стратегії біоконтролю або використання під час селекції маркерів мікробіому плоду та його зв'язку з патобіомом (Li et al., 2022); використання дріжджив-антагоністів у боротьбі з гниллю у післязбиральний період (Zhang et al., 2020). Також, як безпечний, екологічний спосіб післязбиральної обробки використовують їстівні покриття виготовлені з біополімерів та їх комбінацій (Das et al., 2023). Хітозан – біополімер, здатний утворювати тонкий шар навколо свіжих продуктів, який діє як

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омельян А. М.

захисний агент, подовжуючи термін зберігання, а також виступає інгібітором метаболічних процесів (Juric, 2023). Управління з контролю за продуктами й ліками США визнало хітозан харчовою добавкою (Food and Drug Administration, 2021). Це вирішує питання безпеки харчування. Враховуючи рішуче прагнення України бути в складі Європейського союзу, подібний досвід екологізації варто досліджувати і впроваджувати у власні виробництва.

В Українському публічному науковому просторі спостерігається зацікавлення перспективною технологією післязбирального консервування за допомогою хітозанових покриттів (Василишина, 2022). Щоправда наявні дослідження не вирішують проблеми швидкого псування малини у період її зберігання. Це і визначає новизну проведених досліджень – вперше дослідити динаміку змін хімічних показників (аскорбінова кислота, цукри) ягід малини за попередньої обробки хітозаном для подальшого холодильного зберігання; встановити кореляційні зв'язки між концентраціями розчинів хітозану та зміною якісних показників ягід малини; встановити оптимальну концентрацію розчину хітозану для ефективного зберігання ягід малини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Надзвичайно важливо розробляти доступну, просту та ефективну стратегію подовження

терміну зберігання фруктів, які дуже сприйнятливі до псування з часом, що призводить до значних економічних втрат та утворення і накопичення харчових відходів. Зменшення втрат і відходів свіжих фруктів може допомогти зменшити тиск на системи виробництва цих продуктів, особливо в умовах обмежених природних ресурсів і змін клімату (Liu et al., 2023).

Використання їстівних покриттів стало невід'ємною технологією для захисту плодів від фітопатогенного пошкодження. Широкий спектр досліджень продемонстрував антимікробну активність їстівних покриттів проти *Penicillium aurantiogriseum* (Erceg et al., 2023), *Salmonella enterica* (Choi et al., 2023), *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* (Oliveira et al., 2022), *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum brevisporum* (dos Passos Braga et al., 2019), *Botrytis cinerea*, *Penicillium* spp. (Millo et al., 2021). Плівки утворені на поверхні плодів можуть змінювати склад атмосфери, що призводить до створення бар'єру для газообміну, наприклад кисню, вуглекислого газу та етилену, які беруть участь у процесі дихання (Ishkeh et al., 2021).

Існує велика кількість їстівних покриттів, і серед них найбезпечнішим є хітозан. У 2014 році гідрохлорид хітозану був схвалений одним із перших, як речовина для захисту рослин Європейського Союзу (Commission

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омельян А. М.

Implementing Regulation (EU) № 563/2014, 2014), Управління з контролю за продуктами й ліками США визнало хітозан харчовою добавкою (Food and Drug Administration, 2021). У 2022 році хітозан схвалено, як основна речовина для засобів захисту рослин на ринку Європейського Союзу (Commission Implementing Regulation (EU) 2022/456, 2022).

Хітозан (β -(1,4)-2-аміно-2-дезоксид-Д-глюкоза) є природним біополімером, отриманий шляхом деацетилювання хітину, який є другим за важливістю полісахаридом у природі після целюлози та присутній у структурі екзоскелета морських безхребетних, комах, а також грибів, водоростей і дріжджів (Shariatnia, 2022). Хітозан – один із найбільш використовуваних їстівних покриттів завдяки своїй біосумісності, здатності до біорозкладання і біоактивності. Після нанесення на фрукти, овочі і ягоди хітозан створює напівпроникну плівку, яка захищає від розвитку грибкових захворювань та сповільнює обмінні процеси (Li et al., 2021). Це їстівне покриття широко використовується для післязбирального консервування свіжих фруктів і овочів. Наукова література, присвячена їстівним покриттям з використанням хітозану, спрямована на експериментальне підтвердження його функції природнього фунгіциду, що вирішує

проблему чистоти довкілля і безпеки харчування. Наукова спільнота Королівства Таїланд використовувала 2,0 %-й розчин хітозану для створення кисневого бар'єру для плодів банану та підвищення його водостійкості (Wantat et al., 2022). Дослідники з Республіки Індія експериментально підтвердили ($p \leq 0,05$) можливість подовжити термін зберігання манго за допомогою композиційного їстівного покриття на основі хітозану (Kumar et al., 2021). На проблему зберігання ягід звернули увагу Hesami A., Kavooosi S., Khademi R., Sarikhani S. (2021). Результати їх досліджень показали, що покриття з хітозану частково запобігло зниженню маси, твердості, сухої речовини, кислотності та аскорбінової кислоти в ягодах *Ziziphus mauritiana* (Hesami et al., 2021).

Наукової інформації щодо ефективності попередньої обробки ягід малини хітозаном у публічному науковому просторі не достатньо. Оскільки доведено ефективність обробки хітозаном різних плодів, зокрема ягід, з'явилася гіпотеза, що подібні результати можуть бути під час досліджень післязбиральної обробки малини. Тому проведено дослідження для вивчення впливу хітозану на якісні характеристики ягід малини під час холодильного зберігання.

Метою досліджень авторів стало обґрунтувати доцільність

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омельян А. М.

попередньої обробки малини хітозаном та визначення найбільш ефективної його концентрації для збереження якісних показників малини шляхом визначення у ній хімічних та органолептичних показників упродовж зберігання.

Методи. Дослідження проводили протягом 2022 р у лабораторії загальних технологій харчових виробництв факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України. Об'єктом дослідження були ягоди малини сорту Патриція 2022 року врожаю, предметом – зміни хімічного складу й органолептичних показників малини під час зберігання.

Для випробувань малину збирали у споживчій стадії стиглості. Ягоди обробляли розчинами хітозану трьох концентрацій: 0,5 %; 1,0 %; 2,0 %. За контроль вважали зразки без обробки. Сухі оброблені ягоди та контроль фасували у перфоровані пластикові (PET) контейнери місткістю 500 г з наступним закладанням на зберігання. Зберігання проводили у холодильній камері за температури 20° С з відносною вологістю повітря 90–95 % протягом 12 діб.

Для проведення органолептичних і хімічних досліджень відбирали цілі ягоди, формуючи проби по 200 г з кожного

зразка загальною масою 2 кг кожен (ДСТУ 7179:2010, 2011).

Вміст цукрів визначали фериціанідним методом за ДСТУ 4954 (2009). Принцип методу ґрунтується на відновлювальній здатності редукуючих цукрів. Кількість сахарози визначали, попередньо перетворивши її на інвертний цукор. Вміст цукрів розраховували за сумою масової частки редукуючих цукрів і вмісту сахарози.

Вміст аскорбінової кислоти визначали йодометричним методом за ДСТУ ISO 6557-1 (2017). Суть методу полягає у окисненні аскорбінової кислоти розчином йоду та визначенні надлишку йоду за допомогою натрій тіосульфату.

Органолептичну оцінку проводили відповідно до ДСТУ 7179 (2011). Оцінка відповідності ягід малини стандарту відбувалась за п'яти бальною системою. Відповідно до неї за основні показники якості взято: зовнішній вигляд, колір, смак, аромат, консистенція. Кожен показник має 5 ступенів якості з відповідними співвідношеннями характеристик. Відмінна якість (5 балів): зовнішній вигляд – чисті, свіжі, без дефектів, без мікробіологічних ушкоджень; колір – характерний для зрілої малини, інтенсивний, насичений; смак – характерний для свіжої малини, відсутній сторонній присмак; аромат – відсутній сторонній запах, аромат

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омельян А. М.

властивий свіжій малині, насичений, яскраво-виражений; консистенція – ягоди без дефектів та ушкоджень, цілі. Дуже хороша якість (4 бали): зовнішній вигляд – чисті, свіжі, без дефектів та ушкоджень, до 5 % недозрілих; колір – характерний для зрілої малини, дещо менш інтенсивний; смак – ледь помітний сторонній присмак; аромат – поява ледь помітного стороннього запаху, аромат насичений, виражений; консистенція – ягоди однорідні, цілі, без дефектів та ушкоджень. Хороша якість (3 бали): зовнішній вигляд – чисті, свіжі, без дефектів та ушкоджень, до 7 % недозрілих або перезрілих; колір – інтенсивність знижена через розпад антоціанів; смак – помітний сторонній присмак, з переважанням природного смаку; аромат – помітний сторонній запах, невластивий свіжій малині, з переважанням природного аромату; консистенція – ягоди мають незначні ушкодження. Прийнятна якість, але не бажана (2 бали): зовнішній вигляд – частина ягід дещо прив'ялі, неоднорідні за формою, понад 10 % некондиційних; колір – від натурального переходить до темного; смак – стійкий виражений сторонній присмак, невластивий для свіжої малини; аромат – виражений сторонній запах; консистенція – помітні ушкодження. Неприйнятна якість (1 бал): зовнішній вигляд – прив'ялі, неоднорідні, з дефектами та мікробіологічними ушкодженнями;

колір – тьмянний, темний; смак – неприємний сторонній присмак малини, що псується; аромат – запах гнилі; консистенція – дефекти, ознаки негативних біохімічних процесів.

Для проведення загальнонаукових досліджень використовували методи збору, накопичення, систематизації, аналізу, узагальнення та синтезу даних. Методи збору і накопичення застосовували у тісній єдності, включаючи первинний і вторинний етапи. Первинний етап – спостереження і фіксація фактичних результатів власних досліджень, а вторинний – накопичення і запис наявних матеріалів. Систематизацію використовували для логічного й послідовного викладу опрацьованої як авторської, так і оглядової інформації. Методи аналізу і узагальнення використовували для виокремлення, фіксування важливих даних, які знаходились у масиві наявної інформації, а також в області власних досліджень. Метод синтезу активно застосовували для опису результатів власних спостережень і формування авторських висновків на основі дослідних матеріалів (Данильян, Дзьобань 2019).

Результати. Враховуючи важливе значення органічних кислот та синергізм їх дії в післязбиральній активності, визначено вплив тривалості зберігання та післязбиральної обробки на вміст аскорбінової кислоти в ягодах

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омелян А. М.

малини. Встановлено, що дослідні ягоди загалом накопичили аскорбінової кислоти 25,2 мг/100 г (рис. 1). Протягом дванадцяти днів

зберігання показник зменшився на 36,9–52,4 % і становив 12,0–15,9 мг/100г, що зумовлено окисненням аскорбінової кислоти.

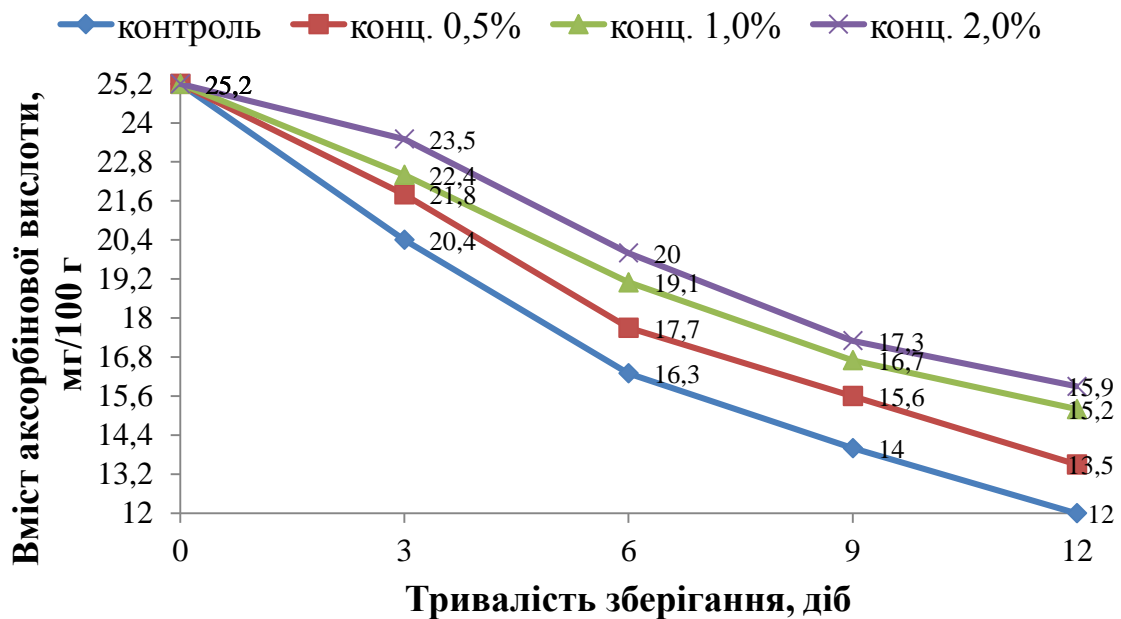


Рис. 1. Динаміка змін вмісту аскорбінової кислоти під час зберігання

Встановлено, що післязбиральна обробка малини хітозаном частково дала можливість зменшити втрати аскорбінової кислоти у процесі зберігання. На дванадцятий день після збору вміст аскорбінової кислоти в оброблених зразках становив 13,5–15,9 мг/100 г, що на 12,5–32,5 % більше ніж у контролі. Варіативність вмісту аскорбінової кислоти у оброблених зразках малини залежала від концентрації розчину хітозану і тривалості зберігання малини. Зі збільшенням концентрації розчину втрата аскорбінової кислоти під час зберігання малини зменшується. На кінець дослідження після обробки ягід розчинами хітозану втрата аскорбінової кислоти

становила: 0,5 %-й розчин – 11,7 мг/100 г (46,4 %); 1,0 %-й розчин – 10,0 мг/100 г (39,7 %), 2,0 %-й розчин – 9,3 мг/100 г (36,9 %). Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена вказує на прямий тісний характер зв'язку ($r=1$) між концентрацією розчину хітозану та вмістом аскорбінової кислоти в малині. Найбільший вміст аскорбінової кислоти виявлено у малині, яка оброблена найбільш концентрованим 2,0 % розчином хітозану – 15,9 мг/100 г, що на 32,5 % більше порівняно з контролем, тобто малиною без післязбиральної обробки. Найменший вміст аскорбінової кислоти був у малині обробленій 0,5 % розчином хітозану –

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омелян А. М.

13,5 мг/100 г, що на 12,5 % більше ніж у контролі. Малина оброблена 1,0 % розчином хітозану мала 15,2 мг/100 г аскорбінової кислоти, що на 26,7 % більше ніж у контролі. Зі збільшенням тривалості зберігання збільшувалися і втрати аскорбінової кислоти в продукті. На третю добу досліду вміст аскорбінової кислоти зменшився на 6,7–19,0 %, на шосту – на 20,6–35,3 %, на дев'яту – на 31,3–44,4 %.

Цукри у ягодах малини представлені глюкозою, фруктозою та сахарозою. Окрім смакових властивостей, яких вони надають ягодам, вони беруть участь в окислювальних процесах, а динаміка їх втрат може свідчити про активність фізіологічних процесів, які відбуваються у ягодах як на материнській рослині, так і після збору. Встановлено, що досліджувана малина мала 9,5 % цукрів (рис. 2).

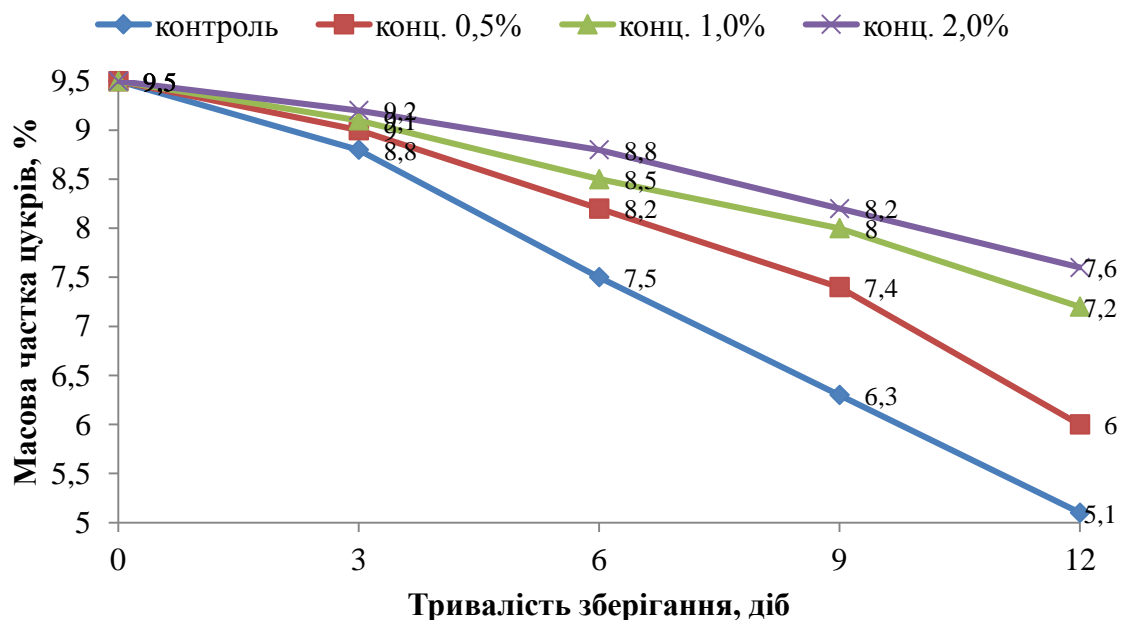


Рис. 2. Динаміка змін масової частки цукрів під час зберігання

Результати досліджень втрат цукрів у ягодах малини за холодильного зберігання протягом дванадцяти діб показали, що показник зменшився на 1,9–4,4 %. Темпи зниження масової частки цукрів у оброблених ягодах були повільнішими ніж у контролі, що свідчить про ефективність післязбиральної обробки малини розчином хітозану. На дванадцятий

день досліду масова частка цукрів в оброблених зразках становив 6,0–7,9 %, що на 0,9–2,5 % більше ніж у контролі. Із збільшенням концентрації хітозану втрата цукрів зменшувалась. На дванадцятий день досліду після обробки ягід розчинами хітозану втрата цукрів становила: 0,5 %-й розчин – 3,5 %; 1,0 %-й розчин – 2,3 %, 2,0 %-й розчин – 1,9 %. Коефіцієнт рангової кореляції

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омелян А. М.

Спірмена вказує на прямий тісний характер зв'язку ($r=1$) між концентрацією розчину хітозану та вмістом цукрів у малині. Найбільший вміст цукрів виявлено у малині, яка оброблена найбільш концентрованим 2,0 % розчином хітозану – 7,6 %, що на 2,5 % більше порівняно з контролем. Найменший вміст цукрів був у обробленій малині 0,5 % розчином хітозану – 6,0 %, що на 0,9 % більше ніж у зразках без післязбиральної обробки. Оброблена малина 1,0 % розчином хітозану мала 7,2 % цукрів, що на 2,1 % більше ніж у контролі. Встановлено прямий вплив тривалості холодильного зберігання на втрати масової частки цукрів. Після трьох діб зберігання вміст цукрів зменшився на 0,3–0,7 %, шести діб – на 0,7–2,0 %, дев'яти діб – на 1,3–3,2 %.

З'ясовано, що попередня обробка ягід малини розчинами хітозану сприяла кращому збереженню кольору, щільності тканин, смаку та аромату. Це пояснюється здатністю хітозану утворювати прозору плівку, яка

перешкоджає швидкій втраті вологи та покращує загальний зовнішній вигляд ягід. За більшістю показників (колір, аромат, консистенція) максимальні бали отримала малина оброблена 2,0 % розчином хітозану (рис. 3). Ці зразки відрізнялися інтенсивним, насиченим, природнім кольором і ароматом, відсутністю сторонніх запахів, чистими, однорідними за розміром ягодами без дефектів і пошкоджень. За смаком і зовнішнім виглядом кращою визнано малину оброблену 1,0 % і 2,0 % розчинами хітозану, хоча за системою бальної оцінки це не максимальний результат (4 бали). Зразки мали незначну кількість незрілих ягід, але вони були чисті та свіжі. За більшістю показників (колір, аромат, консистенція) найгіршу оцінку надали контрольному зразку: колір, консистенція – 2 бали; аромат – 3 бали. Малина була з помітним стороннім запахом, хоча і наближеним до природнього аромату, встановлено потемніння кольору і ознаки ушкоджень ягід.

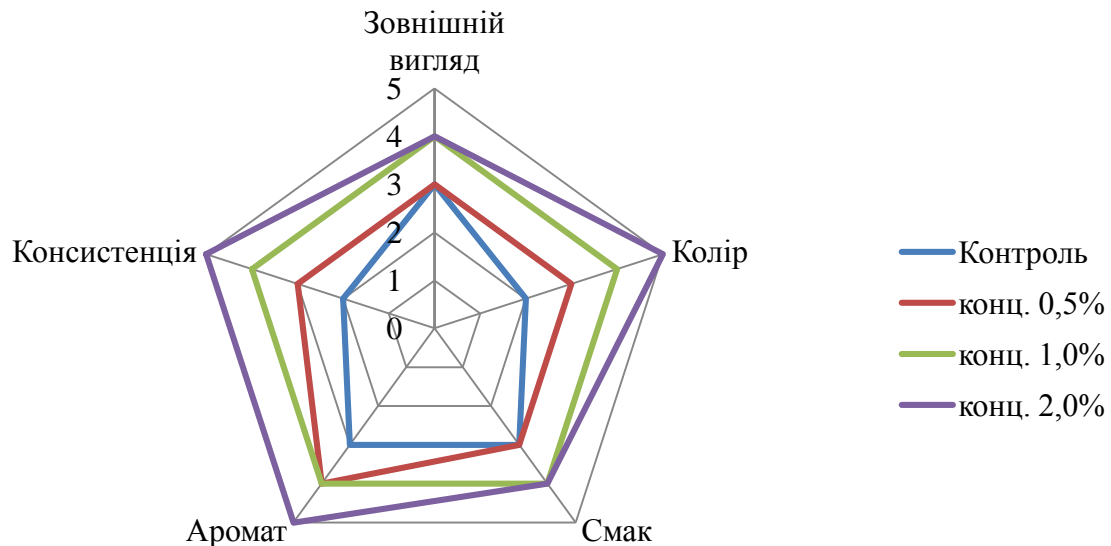


Рис. 3. Органолептична оцінка ягід малини після дванадцяти днів зберігання

За смаком і зовнішнім виглядом подібна контролю була оброблена малина 0,5 % розчином хітозану. Обидва зразки малини оцінено у три бали, що також було найгіршим результатом порівняно з рештою досліджуваної ягоди. Малина була чиста, без дефектів, але спостерігали окремі випадки наявності перезрілих ягід і стійкий сторонній присмак.

Малину оброблену 1,0 % розчином хітозану за всіма показниками якості оцінено у чотири бали. Ягоди були чисті, свіжі, без дефектів та ушкоджень, з ледь помітним стороннім присмаком але з вираженим, насиченим ароматом. Поодинокі траплялися недозріла малина. Колір був природним але без бажаної інтенсивності.

Екологічна та безпечна післязбиральна обробка малини цікавить багатьох вчених світу.

Зустрічаються наукові роботи, які узгоджуються з дослідженнями авторів, з використанням монокомпозиційних харчових покриттів на основі наночастинок хітозану (Ishkeh et al., 2021). Існує також інтерес науковців до використання хітозану у поєднанні з альтернативними природними речовинами, для підсилення консервувального ефекту, що методологічно відрізняє представлені дослідження але стимулює авторів до продовження подібного наукового пошуку. Nxumalo K. A., Fawole O. A. (2022) науково обґрунтували ефективність післязбиральної обробки малини полікомпозиційним покриттям з хітозану і череди волосистої (*Bidens pilosa*). Vieira T. M., Alves V. D., Moldao Martins M. (2022) з метою продовження терміну зберігання свіжої малини

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омельян А. М.

використовували хітозан у поєднанні з етанольними екстрактами зеленого чаю та розмарину. Існують дослідження, де для збереження споживчої якості манго (Shah, Hashmi, 2020) і черешні (Afonso et al., 2023) використовували покриття з хітозану і алое вера, а для подовження терміну зберігання папаї – хітозану й аскорбінової кислоти (Zhou et al., 2022). Дослідники з Тайваню, для досягнення подібних цілей, використовували розчин хітозану з лимонною кислотою і екстрактом помело для плодів лічі (Yang et al., 2023), а з Республіки Індія – хітозанове наноемульсійне покриття з ефірною олією валеріани лікарської для апельсину (*Citrus sinensis*) (Das et al., 2023).

Досліджуючи післязбиральну обробку малини хітозаном, як правило ефективність способу визначали такими параметрами, як: втрата маси (Nxumalo, Fawole, 2022; Vieira et al., 2021), зниження антиоксидантної активності (Vieira et al., 2021; Ishkeh et al., 2021), частота загнивання, соковитість (Nxumalo, Fawole, 2022), твердість (Vieira et al., 2021), кількість фенольних сполук, ферментативна активність (Ishkeh et al., 2021), на відміну від представлених досліджень, де контролювали вміст аскорбінової кислоти, цукрів та оцінювали зовнішній вигляд, колір, смак, аромат і консистенцію малини. Проте знайдено дослідження, що

узгоджуються з дослідженням авторів за контролем вмісту аскорбінової кислоти. Результати опублікованих досліджень переважно узгоджуються із представленими у статті і підтверджують сповільнення розпаду аскорбінової кислоти після обробки хітозановими розчинами таких свіжих фруктів і ягід як: манго (Shah, Hashmi, 2020), слива (Mahmoudi et al., 2022), апельсин (Alshallash et al., 2022), полуниця (Ali et al., 2022). Parvin N., Rahman A. et al. (2023). Подібно дослідженням авторів, визначали вміст аскорбінової кислоти і цукру в оброблених хітозаном манго. Але якщо результати за вмістом аскорбінової кислоти подібні і підтверджують сповільнення її розпаду після обробки хітозаном, то за вмістом цукру висновки різняться. Вміст цукру в манго зменшувався зі збільшенням концентрації хітозану, тоді коли у представлених дослідженнях найбільший вміст цукру був малині обробленій розчином хітозану з найвищою концентрацією. З огляду на те, що наявні дослідження з післязбиральної обробки малини не показують результати по тих показниках, які цікавили авторів, і навпаки, показники, до яких проявили інтерес автори, досліджено, але на прикладі інших фруктів і ягід, представлені результати досліджень зберігають новизну й актуальність.

Висновки і перспективи.

Встановлено, що хітозанове покриття

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омельян А. М.

має позитивний вплив на збереженість якісних показників ягід малини. Зафіксовано, що зі збільшенням тривалості зберігання збільшувалися і втрати аскорбінової кислоти в продукті, щоправда післязбиральна обробка малини сповільнює цей процес і оброблені ягоди мали менші на 12,5–32,5 % втрати аскорбінової кислоти ніж в контрольному зразку. Подібна ситуація спостерігалася і з масовою часткою цукрів. Після трьох діб зберігання вміст цукрів зменшився на 0,3–0,7 %, шести діб – на 0,7–2,0 %, дев'яти діб – на 1,3–3,2 %. Але на кінець досліду їх вміст в обробленій хітозаном малині переважав у 1,1–1,3 рази порівняно з контролем. За

Список використаних джерел

1. Василишина О. В. Ферментативна активність плодів вишні за обробки розчином хітозану. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2022. Вип. 12. Т. 2. С. 169–176.
2. Данильян О. Г., Дзьобань О. П. Методологія наукових досліджень: підручник. Харків: «Право», 2019. 386 с.
3. ДСТУ 7179:2010. Малина свіжа. Технічні умови. З поправкою. [Чинний від 01.07.2011]. К.: Держспоживстандарт, 2011.
4. ДСТУ 4954:2008. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання цукрів. [Чинний від 01.01.2009]. К.: Держспоживстандарт, 2009.
5. ДСТУ ISO 6557-1:2015. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Визначення вмісту аскорбінової кислоти. Частина 1. Контрольний метод. [Чинний від 01.07.2017]. К.: Держспоживстандарт, 2017.
6. Облік і фінанси АПК: освітній портал. Норми природних втрат. Норми природного убутку продовольчих товарів при зберіганні і видаванні в коморах підприємств громадського харчування.

органолептичними показниками ягоди малини без оброблення у процесі зберігання швидше втрачали споживчий зовнішній вигляд, консистенцію, природній аромат. З'ясовано, що попередня обробка ягід розчинами хітозану є перспективним способом сповільнити небажані метаболічні процеси, які проводжуються після збору врожаю, а концентрація розчину хітозану 2,0 % може бути рекомендована для промислового використання.

Перспективою подальших досліджень є визначення впливу хітозану на антиоксидантну і ферментативну активність ягід малини під час зберігання.

2023. Ягоди: малина, суниця і полуниця. URL: <https://magazine.faaaf.org.ua/normi-prirodnih-vtrat-472.html>

7. Представництво України при Європейському союзі. Європейський Зелений Курс. 15.04.2021 р. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda>

8. Ali L. M., Ahmed A. E. R. A. E. R., Hasan H. E. S., Suliman A. E. R. E., Saleh S. S. Quality characteristics of strawberry fruit following a combined treatment of laser sterilization and guava leaf-based chitosan nanoparticle coating. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2022. Vol. 9. Iss. 1. URL: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-022-00343-x>

9. Alshallash K. S., Sharaf M., Abdel-Aziz H. F., Arif M., Hamdy A., Khalifa S. M., Hassan M. F., Abou ghazala M. M., Bondok A., Ibrahim M. T. S., Alharbi K. Elkelish A. Postharvest physiology and biochemistry of Valencia orange after coatings with chitosan nanoparticles as edible for green mold

- protection under room storage conditions. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.1034535/full>
10. Afonso S., Oliveira I., Ribeiro C., Vilela A., Meyer A., S., Gonçalves B. Innovative edible coatings for postharvest storage of sweet cherries. *Scientia Horticulturae*. 2023. Vol. 310. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423822008470>
11. Choi I., Lee B. Y., Kim S., Imm S., Chang Y., Han J. Comparison of chitosan and gelatin-based films and application to antimicrobial coatings enriched with grapefruit seed extract for cherry tomato preservation. *Food Science and Biotechnology*. 2023. P. 1–32.
12. Commission Implementing Regulation (EU) № 563/2014. Official Journal of the European Union. 2014. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2014/563/oj
13. Commission Implementing Regulation (EU) № 456/2022. Official Journal of the European Union. 2014. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2022/456
14. Das S., Chaudhari A. K., Singh V. K., Dwivedy A. K., Dubey N. K. Chitosan based encapsulation of *Valeriana officinalis* essential oil as edible coating for inhibition of fungi and aflatoxin B₁ contamination, nutritional quality improvement, and shelf life extension of *Citrus sinensis* fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023. Vol. 233. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813023004580>
15. Dos Passos Braga S., Lundgren G. A., Macedo S. A., Tavares J. F., dos Santos Vieira W. A., Câmara M. P. S., de Souza E. L. Application of coatings formed by chitosan and *Mentha* essential oils to control anthracnose caused by *Colletotrichum gloesporioides* and *C. brevisporum* in papaya (*Carica papaya* L.) fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 139. P. 631–639.
16. Erceg T., Šovljanski O., Stupar A., Ugarković J., Aćimović M., Pezo L., Tomić A., Todosijević M. A comprehensive approach to chitosan-gelatine edible coating with β -cyclodextrin/lemongrass essential oil inclusion complex – Characterization and food application. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023. Vol. 228. P. 400–410.
17. Food and Drug Administration. Generally Recognized as Safe. Discussion of the Available Safety Information on Chitosan. 2021. № 997. P. 73–75.
18. Hesami A., Kavoosi S., Khademi R., Sarikhani S. Effect of Chitosan Coating and Storage Temperature on Shelf-Life and Fruit Quality of *Ziziphus Mauritiana*. *International Journal of Fruit Science*. 2021. Vol. 21. Iss. 1. P. 509–518.
19. Jurić S., Bureš M. S., Vlahoviček-Kahlina K., Stracenski K. S., Fruk G., Jalšenjak N., Bandić L. M. Chitosan-based layer-by-layer edible coatings application for the preservation of mandarin fruit bioactive compounds and organic acids. 2023. Vol. 17. P. 1–10.
20. Ishkeh S. R., Shirzad H., Asghari M., Alirezalu A., Pateiro M., Lorenzo J. M. Effect of chitosan nanoemulsion on enhancing the phytochemical contents, health-promoting components, and shelf life of raspberry (*Rubus sanctus* Schreber). *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11. Iss. 5. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/5/2224>
21. Kumar N., Petkoska A. T., AL-Hilifi S. A., Fawole O. A. Effect of chitosan-pullulan composite edible coating functionalized with pomegranate peel extract on the shelf life of mango (*Mangifera indica*). *Coatings*. 2021. Vol. 11. Iss. 7. P. 4–20.
22. Liu W., Kang S., Zhang Q., Chen S., Yang Q., Yan B. Self-assembly fabrication of chitosan-tannic acid/MXene composite film with excellent antibacterial and antioxidant properties for fruit preservation. *Food Chemistry*. 2023. Vol. 410. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814623000213>
23. Li Y., Rokayya S., Jia F., Nie X. Shelf-life, quality, safety evaluations of blueberry fruits coated with chitosan nanomaterial films. *Scientific Reports*. 2021. № 11 (1). P. 1–10.
24. Mahmoudi R., Razavi F., Rabiei V., Palou L., Gohari G. Postharvest chitosan-arginine nanoparticles application ameliorates chilling injury in plum fruit during cold storage by enhancing ROS scavenging system activity. *BMC Plant Biology*. 2022. Vol. 22. Iss. 1. URL:

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омелян А. М.

<https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-022-03952-8>

25. Millo B. D., Martínez-Blay V., Pérez-Gago M. B., Argente-Sanchis M., Grimal A., Baraldi E., Palou L. Antifungal hydroxypropyl methylcellulose (Hpmc)-lipid composite edible coatings and modified atmosphere packaging (map) to reduce postharvest decay and improve storability of 'mollar de elche' pomegranates. *Coatings*. 2021. Vol. 11. Iss. 3. P. 1–20. URL: <https://www.mdpi.com/2079-6412/11/3/308>

26. Nxumalo K. A., Fawole O. A. Storage life extension of raspberry using chitosan composite coating functionalized with *Bidens pilosa* extract. *Acta Horticulturae*. 2022. Vol. 1349. P. 509–516.

27. Oliveira Filho J. G. D., Albiero B. R., Calisto Í. H., Bertolo M. R. V., Oldoni F. C. A., Egea M. B., Bogusz J. S., de Azeredo H. M. C., Ferreira M. D. Bio-nanocomposite edible coatings based on arrowroot starch/cellulose nanocrystals/carnauba wax nanoemulsion containing essential oils to preserve quality and improve shelf life of strawberry. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022. Vol. 219. P. 812–823.

28. Parvin N., Rahman A., Roy J., Rashid M. H., Paul N. C., Mahamud M. A., Imran S., Sakil M. A., Uddin F. M. J., Molla M. E., Khan M. A., Kabir M. H. Chitosan Coating Improves Postharvest Shelf-Life of Mango (*Mangifera indica* L.). *Horticulturae*. 2023. Vol. 9. Iss. 1. URL: <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/1/64>

29. Shah S. H., Majid S. Chitosan–aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit. *Horticulture Environment and Biotechnology*. 2020. Vol. 61. Iss. 2. P. 279–289.

30. Shariatnia Z. Functionalized chitosan in drug delivery. *Tailor-Made Polysaccharides in Drug Delivery*. 2022. P. 257–289.

31. Vieira T. M., Alves V. D., Moldão Martins M. Application of an Eco-Friendly Antifungal Active Package to Extend the Shelf Life of Fresh Red Raspberry (*Rubus idaeus* L. cv. 'Kweli'). *Foods*. 2022. Vol. 11. Iss. 12. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/12/1805>

32. Wantat A., Seraypheap K., Rojsitthisak P. Effect of chitosan coatings supplemented with chitosan-montmorillonite

nanocomposites on postharvest quality of «Hom Thong» banana fruit. *Food Chemistry*. 2022. Vol 374. P. 1–15.

33. Yang C., Lee F., Cheng Y. J., Chu Y. Y., Chen C. N., Kuan Y. C. Chitosan coating formulated with citric acid and pomelo extract retards pericarp browning and fungal decay to extend shelf life of cold-stored lychee. *Scientia Horticulturae*. 2023. Vol. 310. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423822008445>

34. Zhang X., Li B., Zhang Z., Chen Y., Tian S. Antagonistic Yeasts: A Promising Alternative to Chemical Fungicides for Controlling Postharvest Decay of Fruit. *Journal of Fungi*. 2020. № 6 (3). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PM7558569/>

35. Zhou Y., Hu L., Chen Y., Liao L., Li R., Wang H., Mo Y., Lin L., Liu K. The combined effect of ascorbic acid and chitosan coating on postharvest quality and cell wall metabolism of papaya fruits. *LWT*. 2022. Vol. 171. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643822010696>

References

1. Accounting and finance of agriculture: an educational portal. (2023). Norms of natural losses. Norms of natural loss of food products during storage and distribution in storerooms of public catering enterprises. Berries: raspberries, strawberries and strawberries. Retrieved from <https://magazine.faaf.org.ua/normi-prirodnih-vtrat-472.html>

2. Ali L. M., Ahmed A. E. R. A. E. R., Hasan H. E. S., Suliman A. E. R. E., Saleh S. S. (2022). Quality characteristics of strawberry fruit following a combined treatment of laser sterilization and guava leaf-based chitosan nanoparticle coating. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9 (1), article number 80. Retrieved from <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-022-00343-x>. doi 10.1186/s40538-022-00343-x

3. Alshallash K. S., Sharaf M., Abdel-Aziz H. F., Arif M., Hamdy A., Khalifa S. M., Hassan M. F., Abou ghazala M. M., Bondok A., Ibrahim M. T. S., Alharbi K. Elkelish A. (2022). Postharvest physiology and biochemistry of Valencia orange after coatings

Баль-Прилипка Л. В., Муштрук М. М., Омелян А. М.

with chitosan nanoparticles as edible for green mold protection under room storage conditions. *Frontiers in Plant Science*, 13, article number 1034535. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.1034535/full>. doi 10.3389/fpls.2022.1034535

4. Afonso S., Oliveira I., Ribeiro C., Vilela A., Meyer A., S., Gonçalves B. (2023). Innovative edible coatings for postharvest storage of sweet cherries. *Scientia Horticulturae*, 310, article number 111738. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423822008470>. doi 10.1016/j.scienta.2022.111738

5. Danylian O. H., Dzoban O. P. (2019). Methodology of scientific research. *Textbook, Kharkiv: «Pravo»*, 368.

6. DSTU 7179:2010 “Fresh Raspberry. Technical conditions”. (2011). Kyiv: State Standard of Ukraine.

7. DSTU 4954:2008 “Fruits and Vegetables Products. Methods for determination of sugars”. (2009). Kyiv: State Standard of Ukraine.

8. DSTU 7803:2015 “Fruits, vegetables and derived products — Determination of ascorbic acid – Part 1: Reference method”. (2017). Kyiv: State Standard of Ukraine.

9. Choi I., Lee B. Y., Kim S., Imm S., Chang Y., Han J. (2023). Comparison of chitosan and gelatin-based films and application to antimicrobial coatings enriched with grapefruit seed extract for cherry tomato preservation. *Food Science and Biotechnology*, 1–32. doi: 10.1007/s10068-023-01254-9

10. Commission Implementing Regulation (EU) № 563/2014. (2014). *Official Journal of the European Union*. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2014/563/oj

11. Commission Implementing Regulation (EU) № 456/2022. (2022). *Official Journal of the European Union*. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2022/456

12. Das S., Chaudhari A. K., Singh V. K., Dwivedy A. K., Dubey N. K. (2023). Chitosan based encapsulation of Valeriana officinalis essential oil as edible coating for inhibition of fungi and aflatoxin B₁ contamination,

nutritional quality improvement, and shelf life extension of Citrus sinensis fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*, 233, article number 123565. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813023004580>. doi 10.1016/j.ijbiomac.2023.123565

13. Dos Passos Braga S., Lundgren G. A., Macedo S. A., Tavares J. F., dos Santos Vieira W. A., Câmara M. P. S., de Souza E. L. (2019). Application of coatings formed by chitosan and Mentha essential oils to control anthracnose caused by *Colletotrichum gloesporioides* and *C. brevisporum* in papaya (*Carica papaya L.*) fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139, 631–639. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.08.010

14. Erceg T., Šovljanski O., Stupar A., Ugarković J., Aćimović M., Pezo L., Tomić A., Todosijević M. (2023). A comprehensive approach to chitosan-gelatine edible coating with β -cyclodextrin/lemongrass essential oil inclusion complex – Characterization and food application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 228, 400–410.

15. Food and Drug Administration. (2021). Generally Recognized as Safe. Discussion of the Available Safety Information on Chitosan, 997, 73–75.

16. Hesami A., Kavoosi S., Khademi R., Sarikhani S. (2021). Effect of Chitosan Coating and Storage Temperature on Shelf-Life and Fruit Quality of Ziziphus Mauritiana. *International Journal of Fruit Science*, 21 (1), 509–518. doi 10.1080/15538362.2021.1906825

17. Jurić S., Bureš M. S., Vlahoviček-Kahlina K., Stracenski K. S., Fruk G., Jalšenjak N., Bandić L. M. (2023). Chitosan-based layer-by-layer edible coatings application for the preservation of mandarin fruit bioactive compounds and organic acids. *Food Chemistry*, 17, 1–10.

18. Ishkeh S. R., Shirzad H., Asghari M., Alirezalu A., Pateiro M., Lorenzo J. M. (2021). Effect of chitosan nanoemulsion on enhancing the phytochemical contents, health-promoting components, and shelf life of raspberry (*Rubus sanctus Schreber*). *Applied Sciences*, 11 (5), article number 2224. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/5/2224>. doi 10.3390/app11052224.

19. Kumar N., Petkoska A. T., AL-Hilifi S. A., Fawole O. A. (2021). Effect of chitosan–pullulan composite edible coating functionalized with pomegranate peel extract on the shelf life of mango (*Mangifera indica*). *Coatings*, 11 (7), 4–20. doi 10.3390/coatings11070764
20. Liu W., Kang S., Zhang Q., Chen S., Yang Q., Yan B. (2023). Self-assembly fabrication of chitosan-tannic acid/MXene composite film with excellent antibacterial and antioxidant properties for fruit preservation. *Food Chemistry*, 410, article number 135405. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814623000213>. doi 10.1016/j.foodchem.2023.135405
21. Li Y., Rokayya S., Jia F., Nie X. (2021). Shelf-life, quality, safety evaluations of blueberry fruits coated with chitosan nanomaterial films. *Scientific Reports*, 11 (1), 1–10.
22. Mahmoudi R., Razavi F., Rabiei V., Palou L., Gohari G. (2022). Postharvest chitosan-arginine nanoparticles application ameliorates chilling injury in plum fruit during cold storage by enhancing ROS scavenging system activity. *BMC Plant Biology*, 22 (1), article number 555. Retrieved from <https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/article/s/10.1186/s12870-022-03952-8>. doi 10.1186/s12870-022-03952-8
23. Millo B. D., Martínez-Blay V., Pérez-Gago M. B., Argente-Sanchis M., Grimal A., Baraldi E., Palou L. (2021). Antifungal hydroxypropyl methylcellulose (Hpmc)-lipid composite edible coatings and modified atmosphere packaging (map) to reduce postharvest decay and improve storability of ‘mollar de elche’ pomegranates. *Coatings*, 11 (3), article number 308. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2079-6412/11/3/308>. doi: 10.3390/coatings11030308
24. Mission of Ukraine to the European Union. European Green Deal. Retrieved from <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobotnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda>
25. Nxumalo K. A., Fawole O. A. (2022). Storage life extension of raspberry using chitosan composite coating functionalized with *Bidens pilosa* extract. *Acta Horticulturae*, 1349, 509–516. doi 10.17660/ActaHortic.2022.1349.68
26. Oliveira Filho J. G. D., Albiero B. R., Calisto Í. H., Bertolo M. R. V., Oldoni F. C. A., Egea M. B., Bogusz J. S., de Azeredo H. M. C., Ferreira M. D. (2022). Bio-nanocomposite edible coatings based on arrowroot starch/cellulose nanocrystals/carnauba wax nanoemulsion containing essential oils to preserve quality and improve shelf life of strawberry. *International Journal of Biological Macromolecules*, 219, 812–823. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2022.08.049
27. Parvin N., Rahman A., Roy J., Rashid M. H., Paul N. C., Mahamud M. A., Imran S., Sakil M. A., Uddin F. M. J., Molla M. E., Khan M. A., Kabir M. H. (2023). Chitosan Coating Improves Postharvest Shelf-Life of Mango (*Mangifera indica* L.). *Horticulturae*, 9 (1), article number 64. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/1/64>. doi 10.3390/horticulturae9010064.
28. Shah S. H., Majid S. (2020). Chitosan–aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 61 (2), 279–289. doi 10.1007/s13580-019-00224-7
29. Shariatinia Z. (2022). Functionalized chitosan in drug delivery. *Tailor-Made Polysaccharides in Drug Delivery*, 257–289. doi 10.1016/B978-0-12-821286-8.00001-X.
30. Vasylyshyna O. V. (2022). Optimization of storage fruit foods with preparing processing by hytosan solution. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 12 (2), 169–176.
31. Vieira T. M., Alves V. D., Moldão Martins M. (2022). Application of an Eco-Friendly Antifungal Active Package to Extend the Shelf Life of Fresh Red Raspberry (*Rubus idaeus* L. cv. ‘Kweli’). *Foods*, 11 (12), article number 1805. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/12/1805>. doi 10.3390/foods11121805
32. Wantat A., Seraypheap K., Rojsitthisak P. (2022). Effect of chitosan coatings supplemented with chitosan-montmorillonite nanocomposites on postharvest quality of «Hom Thong» banana fruit. *Food Chemistry*, 374, article number 131731. doi 10.1016/j.foodchem.2021.131731

Баль-Прилипко Л. В., Муштрук М. М., Омелян А. М.

33. Yang C., Lee F., Cheng Y. J., Chu Y. Y., Chen C. N., Kuan Y. C. (2023). Chitosan coating formulated with citric acid and pomelo extract retards pericarp browning and fungal decay to extend shelf life of cold-stored lychee. *Scientia Horticulturae*, 310, article number 111735. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423822008445>. doi 10.1016/j.scienta.2022.111735

34. Zhang X., Li B., Zhang Z., Chen Y., Tian S. (2020). Antagonistic Yeasts: A Promising Alternative to Chemical Fungicides

for Controlling Postharvest Decay of Fruit. *Journal of Fungi*, 6 (3). Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7558569/>

35. Zhou Y., Hu L., Chen Y., Liao L., Li R., Wang H., Mo Y., Lin L., Liu K. (2022). The combined effect of ascorbic acid and chitosan coating on postharvest quality and cell wall metabolism of papaya fruits. *LWT*, 171, article number 114134. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643822010696>. doi 10.1016/j.lwt.2022.114134

INFLUENCE OF CHITOSAN ON THE QUALITY OF RASPBERRIES DURING REFRIGERATED STORAGE

L. V. Bal-Prylypko, M. M. Mushtruk, A. M. Omelian

Abstract. *Raspberries is a perishable berry with a high capacity for mechanical and microbiological damage, therefore, after harvesting, it is necessary to use appropriate technologies to preserve its quality and extend the shelf life. The aim of the research is influence of different concentrations of chitosan solutions on the quality and shelf life of raspberry berries under cooling conditions. Physico-chemical and organoleptic methods of research and methodological principles of collection, accumulation, systematization, analysis, generalization, and synthesis of information were used in the research. Raspberry berries were collected in the consumer stage of ripeness in perforated plastic containers with a capacity of 500 g. Processing of berries was carried out by spraying 0.5 %; 1.0 % and 2.0 % chitosan solution followed by removal of residual moisture. Storage was carried out for twelve days in a refrigerating chamber at a temperature of 2° C and a relative humidity of 95 %. The research was carried out by determining changes in the mass fraction of ascorbic acid, sugars during storage, as well as taste, aroma, color, consistency and appearance at the end of storage. It was established that the treated berries had 1.5–3.9 times less loss of ascorbic acid than in the control sample. A similar situation was observed with the mass fraction of sugars, the content of which prevailed by 0.9–2.5 % in processed raspberry samples. According to organoleptic indicators, samples with a solution concentration of 1.0 % and 2.0 % were recognized as the best. Raspberries not treated with chitosan quickly lost their marketable appearance, taste and aroma. It was found that pre-treatment of berries with chitosan solutions is a promising way to slow down undesirable metabolic processes during storage, which are carried out after harvesting, which practically makes it possible to extend the consumer properties of the product.*

Keywords: *storage, preliminary processing, chitosan, ascorbic acid, sugars, organoleptic evaluation*

УДК 664.951.32

СПОЖИВНІ ВЛАСТИВОСТІ КОПЧЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ГІДРОБІОНТІВ**Я. О. КИСЛИЦЯ**, аспірант кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів, <https://orcid.org/0009-0005-2223-8428>

E-mail: yarikkicil@gmail.com

І. П. ПАЛАМАРЧУК, доктор технічних наук, професор,<https://orcid.org/0000-0002-0441-6586>

E-mail: vibroprocessing@gmail.com

А. А. МЕНЧИНСЬКА, кандидат технічних наук, доцент,<https://orcid.org/0000-0001-8593-3325>

E-mail: menchynska@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.012](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.012)

Анотація. У роботі обґрунтовано доцільність удосконалення технології риби холодного копчення тити кіперс. На основі аналізу літературних джерел, визначено пріоритетні напрями переробки рибної сировини та розширення асортименту копченої риби. Проведено аналіз існуючих технологій копчених рибних продуктів. Теоретично обґрунтовано доцільність застосування прянощів для створення харчового продукту із покращеними органолептичними показниками та підвищеною харчовою цінністю. Експериментально підтверджено ефективність комбінування різних видів прянощів з рибною сировиною. Розроблено рецептури нових видів копченої риби на основі рибної сировини з додаванням пряно-ароматичних добавок. Проведено дослідження органолептичних, фізико-хімічних показників якості та харчової цінності готової продукції. На основі результатів досліджень встановлено відповідність показників вимогам стандарту. За органолептичними дослідженнями експериментальні зразки одержали вищі загальні бали порівняно з контролем, найвищий бал отримав зразок №2. У результаті проведеної оцінки за методом профілю флейвору, встановлено, що додавання пряно-ароматичних добавок дозволяє одержати продукт з високими органолептичними показниками та скоротити тривалість обробки напівфабрикату коптільним димом, що підвищує безпечність готової продукції. Фізико-хімічні дослідження підтвердили, що вміст солі та вологи в розроблених зразках відповідають встановленим нормам. За хімічним складом контрольний зразок має найвищий вміст білка – $25,39 \pm 0,18\%$, найвищий вміст жиру в зразку №3 – $12,29 \pm 0,15\%$. Результати досліджень хімічно складу свідчать про високу харчову цінність розробленого продукту.

Ключові слова: копчена риба, пряно-ароматичні добавки, технологія, показники якості

Актуальність. Риба є одним з білка, що легко засвоюється найважливіших джерел повноцінного організмом людини та унікальних

Кислиця Я. О., Паламарчук І. П., Менчинська А. А.

жирних кислот. Завдяки особливому хімічному складу і смаковим властивостям, рибні продукти займають одне з перших місць серед продуктів тваринного походження. Поміж рибної продукції найвищі сходинки популярності займає копчена риба. Особливий аромат, унікальні смакові якості та приваблива золотиста скоринка – такий продукт ніколи не залишається поза увагою, тому користується попитом серед населення (Кислиця, Менчинська, 2021).

Копчення є одним з найдавніших способів приготування і консервування риби, що ґрунтується на комплексі фізико-хімічних, біохімічних, дифузійних, теплових процесів, які протікають в напівфабрикаті під впливом коптільного диму. В результаті копчення продукт набуває специфічні смако-ароматичні показники, характерні колір і консистенцію, стає готовим до вживання та стійким в зберіганні (Belichovska et al., 2019; Дубініна та ін., 2012).

З часом технології копчення удосконалюються стають надійними, екологічно чистими. Проте, є ризики, пов'язані зі споживанням копченої риби: ризик неякісного патрання при готуванні, зберіганні з порушеннями норм і, як наслідок, ризик отримання інфекції, що підвищує побоювання споживачів, і обмежує ринок; ризик копчення риби не натуральним способом, а з додаванням

ароматизаторів, які надають рибі відповідні властивості; високий вміст канцерогенних речовин в продукті (Puke, Galoburda, 2020; Васюкова та ін., 2013; Горовий, 2013). Тому, сучасні технології мають бути спрямовані на випуск якісних і безпечних продуктів, інтенсифікацію технологічних процесів та розширення асортименту копчених рибних товарів.

Актуальним напрямом вирішення основних питань технології копченої рибопродукції є удосконалення технології риби холодного копчення типу кіперс.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Кіперс – це продукт із слабосоленої жирної риби у вигляді пласта з головою, який коптять холодним способом протягом короткого періоду. За рахунок зниження вологи, консистенція м'яса стає щільнішою, виникають специфічні для копчених виробів смак і запах, шкірка риби набуває золотаво-коричневого кольору. Традиційною сировиною для виготовлення кіперса є жирні атлантичні та тихоокеанські оселедці (Дубініна та ін., 2012).

Холодне копчення є способом оброблення заздалегідь посоленого напівфабрикату сполуками, що утворюються при неповному згоранні деревини.

Залежно від виду коптільного середовища розрізняють димове,

Кислиця Я. О., Паламарчук І. П., Менчинська А. А.

бездимне і змішане копчення (Романюк, 2018).

За димового копчення продукт обробляється димоповітряною сумішшю, що утворюється при безпосередньому спалюванні деревини. Така продукція має неповторні смако-ароматичними властивості із-за багатого хімічного складу диму. Смак і аромат копчення готовій продукції надають феноли, разом з тим ці сполуки та їхні похідні мають сильні антиокислювальні властивості. У копченій рибі процес окислення жиру настає значно пізніше і відбувається повільніше, ніж у рибі, необробленій димом. Антиокислювальна дія речовин диму на жир значно сильніша ніж синтетичних антиокислювачів. Антисептичні властивості коптільного диму зумовлені також фенолами і їхніми похідними. Велике значення для формування кольору мають формальдегід та органічні кислоти (Nitzel et al., 2014; Ловкис, 2018). Проте, за димового копчення в продукт одночасно потрапляють і шкідливі речовини типу поліциклічні ароматичні вуглеводні, формальдегіду, метанолу, нітрозамінів (Toledo, 2008).

Перевагами бездимного копчення є відповідні санітарно-гігієнічні ознаки коптільних препаратів, можливість механізації та автоматизації виробництва, як стверджують вчені (Dien, et al., 2019; Ким та ін., 2011) та рекомендують

переробним підприємствам перейти на прогресивний, раціональний і науково обґрунтований спосіб копчення із застосуванням коптільних препаратів. Проте, цей спосіб має недоліки пов'язані з недостатнім вивченням хімічного складу коптільних препаратів, доведенням їх якості та безпечності, виникнення ряду труднощів, пов'язаних з отриманням в коптільних препаратах такого ж співвідношення найбільш важливих коптільних інгредієнтів, як і в копчених продуктах, оброблених димом (Яновська, 2011). Тому, поки не вдається досягти повної імітації запаху і смаку копчення, приготованої традиційним способом, хоча органолептичні показники продукції бездимного копчення є прийнятними.

Механізм копчення складається з двох фаз: осадження коптільних речовин на поверхні і переносу їх від поверхні усередину виробу. При цьому швидкість першої фази, в основному, залежить від температури копчення (чим вона вище, тим більше осаджується речовин), від концентрації (щільності) диму, від швидкості його прямування та інтенсивності осадження на поверхні продукту. Інтенсивність переносу коптільних речовин усередину виробу також залежить від багатьох чинників і, у першу чергу, від різниці температур середовища та усередині риби, властивостей поверхні

Кислиця Я. О., Паламарчук І. П., Менчинська А. А.

продукту, утримання вологи в сировині, співвідношення м'язової, жирової і сполучної тканини, ступеню здрібнювання та інших чинників (Puke, Galoburda, 2020). Ці фактори мають важливе значення для інтенсифікації процесу копчення.

У технології холодного копчення важливою технологічною операцією, що визначає якість та тривалість зберігання продукції є зневоднення. Від нього залежать основні показники якості готового продукту, такі як вологість, колір, запах, смакові характеристики. Способи, умови і параметри зневоднення потрібно обирати з урахуванням вмісту та співвідношення форм зв'язку вологи в тканинах гідробіонтів (Степанова, Віннов, 2001). Від перебігу процесу зневоднення залежить консистенція та структура готової продукції.

Серед вітчизняних вчених значний внесок для підвищення ефективності, економічності та екологічної чистоти виробництва копченої риби зробив Д.П. Луценко, розробивши малогабаритну установку холодного копчення риби з рециркуляцією коптильного диму (Луценко, 1999).

Аналіз існуючих методів, які використовують для копчення рибної продукції, показує необхідність удосконалення технології копчення для досягнення високих органолептичних показників, відповідної якості і безпечності готової продукції, а також

підвищення ефективності та екологічності виробництва.

Мета дослідження. Мета роботи полягає в дослідженні споживних властивостей кіперсу, як продукту з покращеними органолептичними властивостями, підвищеної якості та безпечності.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження були зразки кіперсу з оселедця атлантичного з додаванням різних пряно-ароматичних добавок. За контроль обрано рибу холодного копчення без добавок. В якості сировини обрано оселедець атлантичний (*Clupea harengus*) заморожений, відповідно ДСТУ 4868:2007. Рибу розморожували, розбирали на пласт без голови, мили, солили сухим способом соління поєднаним з ароматизацією смаковими добавками, шляхом натирання пласта риби з двох сторін сухою кристалічною сіллю та сумішшю добавок. Кіперс виготовляли методом холодного копчення, в процесі копчення на різних стадія підтримували наступні температурні режими: підсушування 25-28°C протягом 2 годин; холодне копчення 25-40°C протягом 9 годин.

Визначення органолептичних показників здійснювали профільним методом із застосуванням 5-бальної шкали, аналіз смаковитості за методом флейвору згідно ISO 11036:1994. З метою дослідження смаковитості було підібрано

Кислиця Я. О., Паламарчук І. П., Менчинська А. А.

дескриптори органолептичного профілю та визначено «ідеальний» органолептичний профіль (еталон). Для побудови «ідеального» органолептичного профілю було проведено споживчу дегустацію для отримання даних щодо рівня бажаності інтенсивності дескрипторів за п'ятьма зразками шкали їх інтенсивності. Сенсорні дослідження здійснювали групою підготовлених дегустаторів у складі 20 осіб віком від 18 до 30 років, за результатами яких, складала профіль флейвору розроблених зразків і контролю.

Дослідження хімічного складу проводили за наступними методиками: масову частку вологи – методом висушування зразка продукту до постійної маси у сушильній шафі СНОЛ (Лабимпекс ЛТД, Україна) за температури 100-105°C згідно ДСТУ 8029:2015; масову частку золи – ваговим методом, після мінералізації наважки продукту в муфельній печі СНОЛ (Лабимпекс ЛТД, Україна) за температури 500-600°C згідно ДСТУ 8718:2017; масову частку ліпідів – екстракційно-

ваговим методом Сокслета згідно ДСТУ 8718:2017 на апараті SOX 406 Fat Analyzer (Hanon Instruments, Китай); масову частку білка – визначенням загального азоту за методом Кьельдаля, який базується на здатності органічної речовини проби продукту окислюватися концентрованою сірчаною кислотою в присутності каталізатора за ДСТУ 8030:2015, при цьому озолення зразків проводили на дигесторі DK6 (Velp Scientifica, Італія) з вакуумним насосом JP, відгонку здійснювали на апараті для перегонки з парою UDK 129 (Velp Scientifica, Італія). Масову частку кухонної солі визначали за ГОСТ 7636 аргентометричним методом. Показник активності води визначали за допомогою високочутливого приладу Hygro Palm HP23-AW (Великобританія), згідно з ДСТУ ISO 21807.

Результати. З метою вибору раціонального способу розбирання, що забезпечує високий вихід готової продукції проведено дослідження розмірно-масового складу сировини (табл. 1).

1. Розмірно-масовий склад оселедця атлантичного

Співвідношення мас окремих частин тіла, % маси цілої риби						
М'ясо	Голова	Гонади	Печінка	Кістки, плавники	Шкіра, луска	Нутрощі
56	17,2	-	-	9,9	-	15,9

Результати досліджень таблиці 1 свідчать про доцільність застосування способу розбирання на пласт без голови.

З метою обґрунтування та вибору способів, режимів і параметрів основних технологічних процесів (соління, підсушування,

Кислиця Я. О., Паламарчук І. П., Менчинська А. А.

копчення) визначено хімічний склад сировини. Результати дослідження хімічного складу оселедця

атлантичного представлено в таблиці 2.

2. Хімічний склад оселедця атлантичного

Масова частка вологи (W)	Білки (P)	Жири (L)	Мінеральні речовини (M)
68,3 ± 0,11	17,7 ± 0,10	12,5 ± 0,11	1,5 ± 0,04

Результати досліджень хімічного складу показують, що оселедець атлантичний є жирною, високобілковою сировиною, свідчать про здатність напівфабрикату до дозрівання та потребує застосування процесу зневоднення за температури не вище 32°C.

З метою обґрунтування доцільності застосування різних прянощів та овочевих добавок у рибі холодного копчення було проведено

органолептичну оцінку сумісності інгредієнтів. Зразки копченої риби були приготовані з оселедця з додаванням паприки, куркуми, часнику, імбиру, базиліка, м'яти, коріандру, кориці, чаберу. На основі результатів органолептичної оцінки було встановлено раціональне співвідношення компонентів та сформовано рецептурний склад риби холодного копчення кіперс з пряно-ароматичними добавками (табл. 3).

3. Рецептурний склад риби холодного копчення типу кіперс, %

Номер рецептури	Риба	Сіль	Прянощі		
			Імбир	Коріандр	Кориця
Контроль	95	5	-----		
1	88,5	5	3,8	1,4	1,4
			Куркума	Часник	Базилік
2	88,5	5	1,4	3,8	1,4
			Паприка	Чабер	М'ята
3	90,8	5	1,4	1,4	1,4

Розроблені зразки на основі копченого оселедця з додаванням паприки,

куркуми, часнику, імбиру, базиліка, м'яти, коріандру, кориці, чаберу, які покращують органолептичні показники.

Метод профілю флейвору є одним із групи методів, що використовуваних для опису сенсорних характеристик. Під поняттям флейвору розуміють комбінований ефект від смакових властивостей, ароматичного

Кислиця Я. О., Паламарчук І. П., Менчинська А. А.

сприйняття та відчуттів дотику в порожнині рота. Метод профілю флейвору – це спроба охарактеризувати «флейвор», беручи до уваги всі дескриптори, які формують загальне враження від продукту. Цей метод описує загальне враження від продукту з точки зору п'яти основних критеріїв: характеру дескрипторів, їх інтенсивності, порядку прояву цих дескрипторів, післясмаку та їх повноти.

З метою дослідження смаковитості було підібрано дескриптори органолептичного профілю та визначено «ідеальний» органолептичний профіль (еталон). Для побудови «ідеального» органолептичного профілю було проведено споживчу дегустацію для отримання даних щодо рівня

бажаності інтенсивності дескрипторів за п'ятьма зразками шкали їх інтенсивності.

Смак прянощів з інтенсивністю в 4 бали властивий всім розробленим нами зразками, крім контролю зразку, який не містить прянощів. Найбільшою мірою виражений рибний смак характерний також для копченої риби. Запах копченості з інтенсивністю в 2 бали властивий всім зразкам. Усі зразки були в міру солоні з інтенсивністю в 3 - 4 бали. Найбільшою мірою виражений смак і аромат прянощів був характерний для зразка №3. Для наочного сприйняття результатів аналізу смаковитості копченої риби побудовано розгорнуті органолептичні профілі кожного із зразків та порівняно їх з «ідеальним» профілем (рис. 1-4).



Рис. 1. Профілограма флейвору зразка №1



Рис. 2. Профілограма флейвору зразка №2

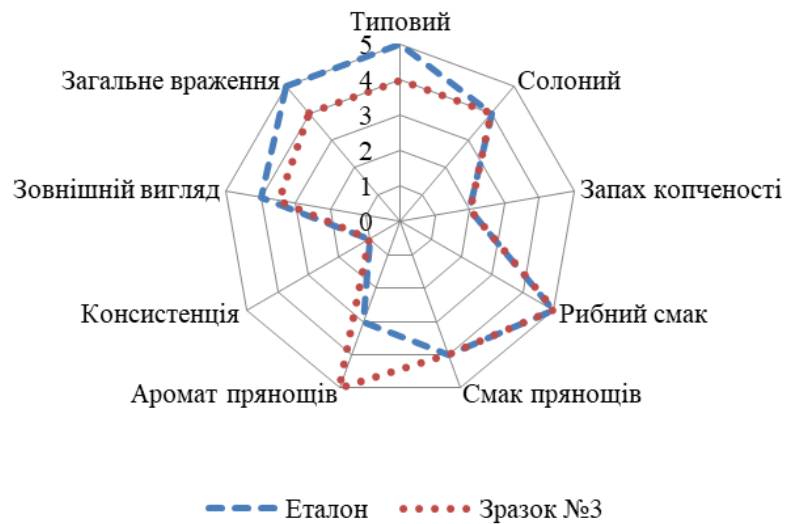


Рис. 3. Профілограма флейвору зразка №3

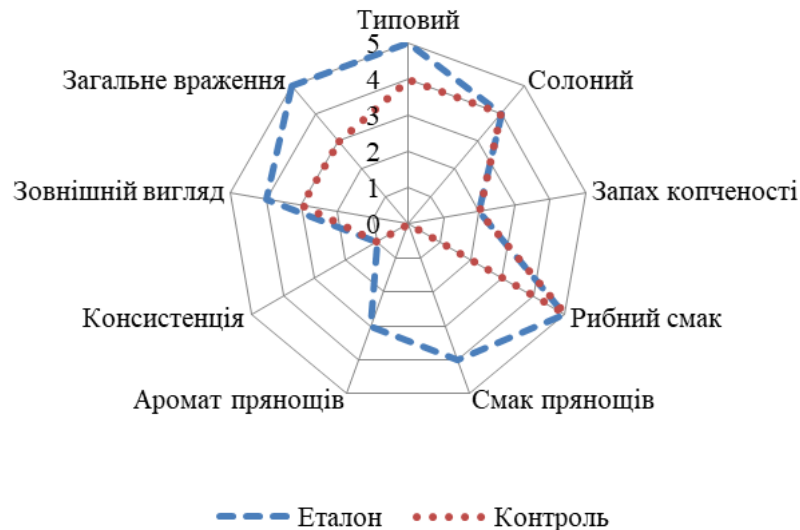


Рис. 4. Профілограма флейвору контрольного зразка

За органолептичними профілями найбільш подібним до «ідеального» є профіль кіперса виготовленого за рецептурою № 3.

У результаті проведеної оцінки за методом профілю флейвору, встановлено, що додавання пряно-ароматичних добавок дозволяє одержати продукт з високими органолептичними показниками та

скоротити тривалість обробки напівфабрикату коптільним димом, що підвищує безпечність готової продукції.

Фізико-хімічні показники свідчать про відповідність продукції вимогам стандарту та стійкість при зберіганні. Фізико-хімічні показники готової продукції наведені в таблиці 4.

4. Фізико-хімічні показники готової продукції

Показники	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Вміст солі, %	6,54± 0,09	6,23± 0,10	6,35± 0,09	6,68± 0,08
Показник активності води	0,96± 0,01	0,97± 0,01	0,97± 0,01	0,96± 0,01

Дані таблиці 5 свідчать, що вміст солі контрольного і дослідних зразків складає від 6,23 % до 6,68 %, що відповідає встановленій стандартом нормі для океанічної риби холодно копчення 5-9 %.

Показник активності води може застосовуватися при прогнозуванні росту мікробів, визначення

мікробіологічної стабільності, обґрунтованого прогнозування тривалості зберігання харчових продуктів. Від значення показника активності води залежать не лише мікробіологічні процеси, а й ферментативний розпад та окиснення основних складових компонентів харчових продуктів. Одержані

Кислиця Я. О., Паламарчук І. П., Менчинська А. А.

значення показника активності води для риби холодного копчення перебувають в діапазоні 0,96-0,97, що нижче оптимального значення активності води для багатьох мікроорганізмів (0,99–0,98). Результати дослідження свідчать про стійкість продукту до розвитку

більшості бактерій, але продукт є сприятливим середовищем для росту цвілі і плісняви.

Харчову цінність продукту характеризує його хімічний склад. Хімічний склад риби холодного копчення типу кіперс наведено в таблиці 5.

5. Хімічний склад риби холодного копчення типу кіперс

Показники	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Вміст вологи (%)	60,02± 0,19	59,95± 0,16	59,98± 0,19	60,01± 0,15
Вміст білку (%)	25,39± 0,18	24,97± 0,16	24,76± 0,19	24,87± 0,19
Вміст жиру(%)	12,05± 0,17	12,01± 0,19	12,21± 0,16	12,29± 0,15
Вміст золи (%)	2,54 ± 0,10	3,07 ± 0,09	3,05 ± 0,09	2,83 ± 0,10

Аналіз результатів досліджень свідчить, що контрольний і дослідні зразки риби холодного копчення типу кіперс характеризуються високою харчовою цінністю за рахунок високого вмісту білків та ліпідів. Вміст вологи та жиру відповідають вимогам стандарту для океанічної риби холодного копчення – 60 % і 12 %, відповідно.

Висновки і перспективи. На підставі аналізу теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено технологію риби холодного копчення кіперс з метою підвищення якості та безпечності готового продукту, що досягається за рахунок скорочення тривалості обробки напівфабрикату коптільним димом та застосуванням пряно-ароматичних добавок.

Розроблено рецептуру кіперса з оселедця атлантичного з

використанням пряно-ароматичних добавок (імбир, часник, паприка, куркума, м'ята, базилік, чабер, кориця, коріандр).

На основі методу флейвору визначено, що за органолептичними профілями найбільш подібним до «ідеального» є профіль кіперса виготовленого за рецептурою № 3.

Проведено фізико-хімічні та органолептичні дослідження показників якості готової продукції. На основі результатів досліджень встановлено відповідність показників вимогам стандарту. Так, вміст солі не перевищує норми – 5-9 %, вміст вологи – 60 %.

Аналіз результатів досліджень свідчить, що контрольний і дослідні зразки риби холодного копчення типу кіперс характеризуються високою харчовою цінністю за рахунок високого вмісту білків та ліпідів.

Кислиця Я. О., Паламарчук І. П., Менчинська А. А.

Подальші дослідження спрямовані на розроблення нормативних документів (ТУ і ТП) для

Список використаних джерел

1. Васюкова А. Т., Хлебникова О. А., Федоркина И. А. Влияние различных факторов на качество копченой рыбной продукции. Пищевая промышленность. 2013. № 2, С. 20–21.

2. Горовой В. Как нас обманывают производители с копченой рыбой, лососем в гламуре, икрой с водорослей. Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2013. № 12 (109), С. 36–37.

3. Дубініна А. А., Онищенко В. М., Янчева М. О., Попова Т. М., Томашевська Р.Я. Товарознавство риби та рибних товарів: навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2012. 336 с.

4. Ким И. Н., Ким Г. Н., Кривошеева Л. В., Хитрово И. А. Исследования содержания нитропроизводных полициклических ароматических углеводородов в копченой рыбе. Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 11, С. 25–27.

5. Кислиця Я. О., Менчинська А. А. Удосконалення технології риби холодного копчення типу «Кіпперс». Збірник праць за підсумками X Міжнародної науково-практичної онлайн конференції вчених, аспірантів і студентів. К.: НУБіП України, 2021.

6. Ловкис З. В., Бубырь И. В. Исследование накопления фенолов в пресноводной рыбе в процессе холодного копчения. Пищевая промышленность: наука и технологии. 2018. Т. 11, № 2, С. 95–101.

7. Луценко Д. П. Розробка та дослідження малогабаритної установки холодного копчення риби з рециркуляцією копильного диму: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. Харківська державна академія технології та організації харчування. Харків, 1999. 18 с.

8. Романюк А. Копчение рыбы. Продукты & ингредиенты. 2013. № 8 (105), С. 42–43.

9. Степанова Т. М., Виннов О. С. Підвищення ефективності видалення вологи під час в'ялення малорозмірних риб

риби холодного копчення з додаванням пряно-ароматичних добавок.

зміненням співвідношення форм зв'язку вологи в тканинах. Наукові праці Українського державного університету харчових технологій. Пріоритетні напрями впровадження в харчову промисловість сучасних технологій, обладнання і нових видів продуктів оздоровчого та спеціального призначення. 2001. № 10, Ч. 2, С. 75–76.

10. Яновська М. Копчення рідким димом (на шкоду чи на здоров'я?). М'ясні технології світу. 2011. № 3, С. 66 – 68.

11. Belichovska D., Belichovska K., Pejkovski Z. Smoke and Smoked Fish Production. Meat Technology. 2019. Vol. 60, No. 1, P. 37-43.

12. Dien H. A., Montolalu R. I., & Berhimon S. Liquid smoke inhibits growth of pathogenic and histamine forming bacteria on skipjack fillets. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 278(1), 12-18.

13. Hitzel A., Pöhlmann M., Schwägele F., Speer K., & Jira W. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in meat products smoked with different types of wood and smoking spices. Food Chemistry. 2014. 139(1–4), 955–962. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.02.011.

14. Puke S., Galoburda R. Factors affecting smoked fish quality: a review. Research for Rural Development. 2020. Vol. 35, P. 132-139. DOI:10.22616/rrd.26.2020.020.

15. Toledo R. T. Wood Smoke Components and Functional Properties. In: D.E. Kramer and L. Brown (eds.), International Smoked Seafood Conference Proceedings. Alaska Sea Grant College Program, Fairbanks. 2008. pp. 55–61. DOI: 10.4027/isscp.2008.12.

References

1. Vasyukova, A. T., Hlebnikova, O. A., & Fedorkina, I. A. (2013). Influence of various factors on the quality of smoked fish production. *Food industry*, 2, 20-21.

2. Gorovoj, V (2013). How we are deceived by manufacturers with smoked fish, salmon in glamor, caviar from algae. *Bakery*

Кислиця Я. О., Паламарчук І. П., Менчинська А. А.

and confectionery industry of Ukraine, 12 (109), 36-37.

3. Dubinina, A. A., Onyshchenko, V. M., Yancheva, M. O., Popova, T. M., & Tomashevskaya, R. Ia. (2012). *Commodity science of fish and fish products: teaching manual*. K.: Tsentru uchbovoi literatury.

4. Kim, I. N., Kim, G. N., Krivosheeva, L. V., & Hitrovo, I. A. (2011). Studies of the content of nitro-derived polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish. *Storage and processing of agricultural raw materials*, 11, 25-27.

5. Kyslytsia, Ya. O., & Menchynska, A. A. (2021). Improving the technology of cold-smoked fish of the "Kippers" type. Collection of papers based on the results of the 10th International scientific and practical online conference of scientists, graduate students and students. K.: NUBiP Ukrainy.

6. Lovkis, Z. V., & Bubyry, I. V. (2018). Investigation of the accumulation of phenols in freshwater fish during cold smoking. *Food industry: science and technology*, 11 (2), 95-101.

7. Lutsenko, D. P. (1999). *Development and research of a small-sized installation for cold smoking of fish with recirculation of smoking smoke (Doctoral thesis, Kharkiv State Academy of Food Technology and Organization, Kharkiv, Ukraina)*

8. Romanyuk, A. (2013). Smoking fish. *Products & ingredients*, 8 (105), 42-43.

9. Stepanova, T. M., & Vynnov O. S. (2001). Increasing the efficiency of moisture removal during drying of small fish by changing the ratio of forms of moisture

connection in tissues. *Scientific works of the Ukrainian State University of Food Technologies. Priority directions of introduction of modern technologies, equipment and new types of health and special purpose products into the food industry*. 10 (2), 75-76.

10. Yanovska, M. Smoking with liquid smoke (for harm or for health?) (2011). *Meat technologies of the world*, 3, 66-68.

11. Belichovska, D., Belichovska, K., & Pejkovski Z. (2019). Smoke and Smoked Fish Production. *Meat Technology*, 60 (1), 37-43.

12. Dien, H. A., Montolalu, R. I., & Berhimon, S. (2019). Liquid smoke inhibits growth of pathogenic and histamine forming bacteria on skipjack fillets. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 278(1), 12-18.

13. Hitzel, A., Pöhlmann, M., Schwägele, F., Speer, K., & Jira, W. (2014). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in meat products smoked with different types of wood and smoking spices. *Food Chemistry*, 139(1-4), 955-962. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.02.011.

14. Puke, S., Galoburda, R. (2020). Factors affecting smoked fish quality: a review. *Research for Rural Development*, 35, 132-139. DOI:10.22616/rrd.26.2020.020

15. Toledo, R.T. (2008). Wood Smoke Components and Functional Properties. In: D.E. Kramer and L. Brown (eds.), *International Smoked Seafood Conference Proceedings*. Alaska Sea Grant College Program, Fairbanks, 55-61. DOI: 10.4027/isscp.2008.12.

NUTRITION PROPERTIES OF SMOKED PRODUCTS FROM HYDROBIONTS

Ya. O. Kyslytsia, I. P. Palamarchuk, A. A. Menchynska

Abstract. *The paper substantiates the expediency of improving the technology of cold smoking titu kippers fish. On the basis of the analysis of literary sources, the priority directions of processing fish raw materials and expanding the assortment of smoked fish are determined. An analysis of existing technologies of smoked fish products was carried out. The expediency of using spices to create a food product with improved organoleptic indicators and increased nutritional value is theoretically substantiated. The effectiveness of combining various types of spices with fish raw materials has been experimentally confirmed. Recipes of new types of smoked fish*

Кислиця Я. О., Паламарчук І. П., Менчинська А. А.

based on fish raw materials with the addition of spicy and aromatic additives have been developed. A study of organoleptic, physico-chemical indicators of quality and nutritional value of finished products was conducted. Based on the research results, the compliance of the indicators with the requirements of the standard was established. According to the organoleptic tests, the experimental samples received higher overall scores compared to the control, sample No. 2 received the highest score. As a result of the assessment using the flavor profile method, it was established that the addition of spicy and aromatic additives allows to obtain a product with high organoleptic indicators and to reduce the duration of processing of the semi-finished product with smoking smoke, which increases the safety of the finished product. Physico-chemical studies confirmed that the salt and moisture content in the developed samples correspond to the established norms. In terms of chemical composition, the control sample has the highest protein content - $25.39 \pm 0.18\%$, the highest fat content in sample No. 3 - $12.29 \pm 0.15\%$. The results of chemical composition studies indicate the high nutritional value of the developed product.

Keywords: *smoked fish, spicy and aromatic additives, technology, quality indicators*

УДК 619: 615.9: 54.062: 546.65: 54.084

**ВАЛІДАЦІЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ
МЕТАЛІВ У БІОЛОГІЧНИХ ЗРАЗКАХ МЕТОДОМ АТОМНО-
ЕМІСІЙНОЇ ІНДУКТИВНО-ЗВ'ЯЗАНОЇ ПЛАЗМИ (ICP OES)**

О. М. ЧЕЧЕТ, кандидат ветеринарних наук,

<https://orcid.org/0000-0001-5099-5577>

С. В. ШУЛЯК, кандидат ветеринарних наук, старший дослідник,

<https://orcid.org/0000-0001-8501-1750>

А. В. МАСЛЮК, аспірант, <https://orcid.org/0000-0002-4161-8080>

М. Є. РОМАНЬКО, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник,

<https://orcid.org/0000-0003-0285-5603>

Ю. В. ДОБРОЖАН, кандидат ветеринарних наук,

<https://orcid.org/0000-0001-5072-7273>

З. В. МАЛІМОН, кандидат ветеринарних наук,

<https://orcid.org/0000-0002-8616-3198>

І. Ю. БАРДИК, провідний фахівець, <https://orcid.org/0000-0001-6376-6570>

О. В. СТУПАК, науковий співробітник,

<https://orcid.org/0000-0001-5391-3530>

*Державний науково-дослідний інститут лабораторної діагностики та
ветеринарно-санітарної експертизи*

E-mail: dia_sveta_@ukr.net

О. Л. ОРОБЧЕНКО, доктор ветеринарних наук, старший науковий

співробітник, <https://orcid.org/0000-0002-0885-7776>

E-mail: toxy-lab@ukr.net

В. О. УШКАЛОВ, доктор ветеринарних наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0001-5694-632X>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: ushkalov63@gmail.com

[https://doi.org/10.31548/dopovid2\(102\).2023.013](https://doi.org/10.31548/dopovid2(102).2023.013)

***Анотація.** Нині одними із пріоритетних наноматеріалів є наночастинки рідкісноземельних металів (РЗМ) – Церію, Лантану, Гадолінію та інших, що дозволяє успішно застосовувати їх в якості нових природних добавок до корму (завдяки антимікробним та антиоксидантним властивостям) з метою підвищення продуктивності тварин. Проте питання перерозподілу в організмі і накопичення РЗМ у продукції тваринництва потребує надання адекватної відповіді з використанням чутливих і високоточних кількісних методів дослідження у зв'язку із чим визначення РЗМ у біологічних зразках набуває надзвичайної актуальності. В рамках даного дослідження проведено оцінку придатності (валідацію) розробленої методики визначення РЗМ (Лантану і*

Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. С., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Оробченко О. Л., Ушкалов В. О.

Гадолінію) у біологічних зразках (сироватка, печінка, нирки) з використанням атомно-емісійної індуктивно-зв'язаної плазми (ICP OES) та адаптовано методику підготовки проб у різних матрицях. Як критерії оцінки визначали ключові робочі параметри: межу детектування, межу кількісного визначення, точність, правильність, збіжність, відтворюваність, селективність, лінійність, робочий діапазон. Установлено, що даний метод демонструє хорошу лінійність у робочому діапазоні 1,0-500,0 мкг/кг (дм³) для Гадолінію та 0,5-500,0 мкг/кг (дм³) для Лантану; метод є селективним, чутливим, практичним і точним. Межа детектування LOD та межа кількісного визначення LOQ становлять для Гадолінію і Лантану 0,1 та 0,05 мкг/кг (дм³) та 1,0 і 0,5 мкг/кг (дм³) відповідно. Одержані валідаційні дані задовольняють вимогам Настанови Eurachem та Гармонізованої настанови IUPAC з валідації в одній лабораторії, а методика визначення РЗМ у біологічних зразках є придатною для конкретного застосування відповідно до ISO/IEC 17025:2019.

Ключові слова: рідкісноземельні метали (РЗМ), Гадоліній, Лантан, атомно-емісійна індуктивно-зв'язана плазма (ICP OES), біологічні зразки, валідація

Актуальність. На сьогодні розвиток агропромислового комплексу неможливо уявити без застосування добрив, вітамінних добавок, преміксів, природних добавок до кормів, в тому числі синтезованих з використанням нанотехнологій. Повідомляється, що низка рідкоземельних металів (РЗМ) – Церій, Лантан, Гадоліній можуть успішно застосовуватися з метою підвищення продуктивності тварин і птиці. Окрім того, встановлена антимікробна та антиоксидантна дія РЗМ для тварин. У разі їх застосування у раціоні свиней виявляли позитивний вплив на коефіцієнт конверсії корму та показники росту. Застосування РЗМ мали позитивні результати для домашньої птиці. У дослідженнях додавання різних рівнів РЗМ сприяло значному збільшенню виробництва

яєць, їх ваги і швидкості запліднення інкубаційних яєць курей-несучок 6-місячного віку. Було встановлено що додавання різних рівнів РЗМ-нітрату до раціону курей-несучок значно поліпшило швидкість утворення яєць та їх масу [1-11].

Проте, застосування РЗМ потребує також і контролю їх залишкових кількостей в організмі сільськогосподарських тварин чи птиці, оскільки надлишок металів може призвести до розвитку патологічних процесів та дисбалансу між есенційними елементами, що викликає важкі порушення функцій організму, а також РЗМ можуть потрапляти і накопичуватися у продукції тваринництва, що може чинити небезпеку у разі споживання такої продукції людиною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині в науковій

Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. С., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Оробченко О. Л., Ушкалов В. О.

літературі описано багато методів якісного та кількісного визначення РЗМ. До них належать різні спектрометричні методи, наприклад, атомно-абсорбційна та емісійна спектроскопія (AAS та AES/OES), а також мас-спектрометрія (MS), які зазнали значних змін завдяки використанню індуктивно зв'язаної плазми (ICP-AES та ICP-MS). Крім того, існують хроматографічні методи (HPLC), нейтронно активаційний аналіз (NAA) [12-16], рентгенофлуоресцентний аналіз (X-rayFA) [17, 18] і полярографічні методи, які використовуються рідко [19, 20].

Найточнішим аналітичним методом визначення РЗМ у зразках біологічного походження (в т. ч. у тканинах тварин і людини) є ICP-MS, його успішно використовували у своїх працях Eisele N. (2003) Tautenhahn J. (2004) для визначення РЗМ в кормах для свиней і їх внутрішніх органах свиней [21] і риби [22]. Fujimori et al., 1999 було встановлено, що вміст РЗМ у крові ВРХ коливається від 0,90 пг/г для Тm до 1880,0 пг/г для Се [23]. Fleckenstein et al. (2004) використовували ICP-MS для визначення вмісту РЗМ у різних органах бройлерів (для екстракції матеріалу зразка було застосовано мікрохвильову екстракцію під тиском) і виявляли РЗМ у нирках, печінці та жирі на рівні 5,0-100,0 мг/кг [24].

У своїх дослідженнях Schwabe et

al., 2012 телятам німецької голштинської породи вводили РЗМ-цитрат, що містив Церій (57,9 %), Лантан (34,0 %) і Празеодим (6,5 %), 100,0; 200,0 та 300,0 мг/кг сухої речовини корму. У результаті концентрації усіх введених в раціон РЗМ у печінці, нирках і реберній кістці зазнавали значного лінійного підвищення зі збільшенням дози добавок цитрату РЗМ, тоді як концентрація РЗМ у м'язовій тканині залишалася незмінною. У печінці тварин вміст La становив 22,0–482,0 мкг/кг, Се – 37,0–719,0 мкг/кг і Pr 4,0–73,30 мкг/кг сухої речовини. М'язова тканина мала найнижчий вміст La, Се та Pr відповідно 3,0–5,0 мкг/кг, 5,0–7,0 мкг/кг та 0,5-0,7 мкг/кг сухої речовини відповідно [25].

Проте визначення РЗМ не можливе без правильної підготовки проб, а сучасні методи дають змогу мінімізувати вплив «заважаючих» речовин та фонових факторів з використанням новітніх методів розкладання біологічних зразків за допомогою мікрохвильової мінералізації закритого типу під тиском, що мінімізує втрати елементів, які є немінучими, як під час сухого озолення, так і кислотної мінералізації біологічних зразків.

Детальне вивчення токсикокінетики РЗМ надасть змогу регламентувати дози їх препаратів для вирощування тварин (птиці), що сприятиме запобіганню негативного

Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. С., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Оробченко О. Л., Ушкалов В. О.

впливу цих речовин на організм та навколишнє середовище.

Мета дослідження – провести оцінку придатності (валідацію) методу з визначення рідкісноземельних металів у біологічних зразках за допомогою атомно-емісійної індуктивно-зв'язаної плазми (ICP OES).

Матеріали і методи досліджень. Дослідження були проведені у лабораторії атомно-абсорбційній спектрофотометрії науково-дослідного хіміко-токсикологічного відділу Державного науково-дослідного інституту лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи. Для визначення Гадолінію та Лантану використовували оптико-емісійний спектрометр (ICP-OES) PlasmaQuant PQ 9000 (Німеччина). Для підготовки зразків та приготування фонових, калібрувальних розчинів використовували ультрачисту нітратну кислоту (Merck, Німеччина), дослідні зразки наночастинок ортованадату гадолінію та лантану, активованих Європієм (NP GdVO₄:Eu³⁺ і LaVO₄:Eu³⁺), з вихідною концентрацією 1,0 г/дм³ (зразки наночастинок синтезовано та стандартизовано відповідно стабільності та розміру у відділі наноструктурних матеріалів імені Ю. В. Малюкіна Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України) [26, 27]. Розчинником слугувала ультрачиста деіонізована

вода, приготована з використанням очисної системи Atrium 631 UV (Sartorius, Німеччина). Для мінералізації біологічних зразків використовували систему Milestone Ethnos Easy з автоклавами ротора високого тиску HPR-1000/10S (Milestone, Італія). Для дослідження відбирали проби сироватки крові (1,0 см³), печінки і нирок птиці (0,5-0,6 г), отриманих з досліду із 10-добового введення курчатам-бройлерам наночастинок ортованадатів гадолінію і лантану відповідно до схеми введення: контрольна група курчат не отримувала добавок наночастинок, курчата I дослідної групи протягом 10 діб отримували з питною водою наночастинок ортованадату гадолінію активованого Європієм (NP GdVO₄:Eu³⁺) у кількості 0,2 мг/дм³ питної води, а курчата II дослідної групи аналогічну кількість наночастинок ортованадату лантану активованого Європієм (NP LaVO₄:Eu³⁺). Валідаційний процес визначення Гадолінію і Лантану у біологічних субстратах забезпечили дослідженням 60 зразків крові птиці, 40 зразків печінки та нирок.

Метод кількісного аналізу Гадолінію і Лантану валідували відповідно до вимог Настанови Eurachem «Придатність аналітичних методів для конкретного застосування. Настанова для лабораторій з валідації методів та суміжних питань» [28]. У ході

Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. С., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Оробченко О. Л., Ушкалов В. О.

дослідження визначали ключові робочі параметри: межа кількісного визначення, межа детектування, збіжність, відтворюваність, точність, лінійність, специфічність, стабільність. Результати проведених робіт обробляли статистично з використанням програми дисперсійного аналізу (ANOVA) StatPlus 7.6.5.0 (AnalystSoft Inc., США). Вірогідність отриманих результатів оцінювали за критерієм Тьюкі (HSD різниці середніх) за рівня вірогідності 95,0 % ($p < 0,05$).

Результати та обговорення. Валідація методу є процес установлення аналітичних вимог та підтвердження того, що можливості даного методу відповідають поставленому завданню.

1. Результати визначення оптимальних довжин хвиль емісії для Гадолінію і Лантану ($M \pm m, n=6$)

Елементи \ Показники	Довжина хвилі емісії, нм	Значення інтенсивності сигналу, сигн/с
Гадоліній	417,204	44118,33±290,34*
	294,364	46456,17±740,38
	342,247	48193,50±1054,75*
	287,424	45919,33±1115,78
Лантан	423,828	68001,00±627,67
	408,672	69729,17±874,83
	379,478	72883,00±643,69*
	333,749	69133,00±687,08

Примітка. * – $p < 0,05$ відносно значень показників за максимальної довжини хвилі

У результаті досліджень установлено, що оптимальною довжиною хвилі емісії для Гадолінію була 342,247 нм, а для Лантану – 379,478 нм, оскільки у разі їх застосування спостерігали максимальну інтенсивність сигналу

Невід’ємною частиною цього є оцінювання характеристик методу. Валідацію розробленого методу проводили для підтвердження того, що за своїми характеристиками метод придатний для конкретного застосування, згідно ISO/IEC 17025:2019 п. 7.2. про необхідність підтвердження того, що методи відповідають поставленому завданню [29, 30, 31].

На першому етапі роботи було підібрано довжини хвиль емісії для елементів та адаптовано методику підготовки проб у різних матрицях. Так, програмним забезпеченням приладу було запропоновано по 4 довжини хвиль для визначення РЗМ (табл. 1)

приладу, що перевищувало сигнал максимальної довжини хвилі на 5,0 і 5,4 % ($p < 0,05$) відповідно.

Для адаптації методики підготовки проб у різних матрицях на мінералізацію разків відбирали різний об’єм проб сироватки крові

Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. С., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Оробченко О. Л., Ушкалов В. О.

1,0; 0,8 і 0,6 см³ та маси печінки і нирок 0,7; 0,6 і 0,5 г із однаковим вмістом РЗМ. До проби додавали 5,0 см³ концентрованої нітратної кислоти (HNO₃) та вносили в систему Milestone Ethnos Easy з автоклавами

ротора високого тиску HPR-1000/10S. За результатами досліджень були встановлені оптимальний об'єм сироватки крові та маса наважок печінки та нирок, що становили 0,8 см³; 0,6 і 0,5 г (табл. 2).

2. Результати визначення оптимальних об'єму/маси наважок для визначення вмісту Гадолінію та Лантану у біологічних зразках (M±m, n=6)

Біологічна матриця/об'єм (см ³), маса (г)		Інтенсивність сигналу приладу, сигн/с	
		Гадоліній	Лантан
Сироватка крові	1,0	43340,67±1100,58	68921,83±663,92
	0,8	43968,17±686,79	70205,00±688,01
	0,6	43079,50±897,82	69131,67±775,41
Печінка	0,7	43193,83±868,92	69672,33±831,44
	0,6	44901,33±372,75*	70672,33±540,11
	0,5	42586,17±484,71	68286,33±919,97*
Нирки	0,7	43400,17±435,07	69215,83±290,90
	0,6	43563,00±271,68	69534,83±244,64
	0,5	43736,33±603,53	69647,50±354,96

Примітка. * – p<0,05 відносно значень показників за максимального об'єму/наважки

Оскільки за вищевказаних значень наважок отримували максимальні значення інтенсивності сигналу приладу, причому для печінки за наважки 0,6 г у разі визначення вмісту Гадолінію інтенсивність сигналу приладу була на 5,4 % вищою (p<0,05) ніж за 0,7 г відповідно.

Установлені оптимальні умови роботи ІСР (ІІІ режим): швидкість потоку газу небулайзера (Аргону) 0,6 дм³/хв., витрата газу плазми 14,0 дм³/хв, час затримки – 80,0 с, швидкість подачі зразку – 1,0 см³/хв, потужність – 13000,0 Вт (табл. 3). Проте слід зазначити, що вірогідних змін не відмічали за умов І-ІІІ

режимів, тоді як за ІV режиму значення обох елементів були нижчими (p<0,05) за І режим на 4,8 та 2,3 % відповідно.

Дослідженнями специфічності методики встановлювали наскільки вона забезпечує недвозначне виявлення та визначення певного аналіту в суміші без взаємного впливу з боку інших компонентів, які можуть очікуватись в матриці (домішки, близько рівні хімічні сполуки, продукти розпаду, інгредієнти плацебо). У результаті досліджень як Гадолінію так і Лантану не фіксували випадків серйозного взаємного впливу.

3. Результати визначення оптимальних умови роботи ІСР ($M \pm m$, $n=6$)

Умови роботи			Інтенсивність сигналу приладу, сигн/с	
			Гадоліній	Лантан
I	Швидкість потоку газу небулайзера, $\text{дм}^3/\text{хв}$	0,8	43373,83 $\pm 417,82$	69592,00 $\pm 414,29$
	Витрата газу плазми, $\text{дм}^3/\text{хв}$	16,0		
	Час затримки, с	100,0		
	Швидкість подачі зразку, $\text{см}^3/\text{хв}$	1,4		
	Потужність, Вт	15000,0		
II	Швидкість потоку газу небулайзера, $\text{дм}^3/\text{хв}$	0,7	43474,83 $\pm 388,23$	69935,67 $\pm 618,94$
	Витрата газу плазми, $\text{дм}^3/\text{хв}$	15,0		
	Час затримки, с	90,0		
	Швидкість подачі зразку, $\text{см}^3/\text{хв}$	1,2		
	Потужність, Вт	14000,0		
III	Швидкість потоку газу небулайзера, $\text{дм}^3/\text{хв}$	0,6	43468,67 $\pm 358,89$	70319,00 $\pm 582,23$
	Витрата газу плазми, $\text{дм}^3/\text{хв}$	14,0		
	Час затримки, с	80,0		
	Швидкість подачі зразку, $\text{см}^3/\text{хв}$	1,0		
	Потужність, Вт	13000,0		
IV	Швидкість потоку газу небулайзера, $\text{дм}^3/\text{хв}$	0,5	41303,67 $\pm 469,345^*$	68025,33 $\pm 498,37^*$
	Витрата газу плазми, $\text{дм}^3/\text{хв}$	13,0		
	Час затримки, с	70,0		
	Швидкість подачі зразку, $\text{см}^3/\text{хв}$	0,8		
	Потужність, Вт	12000,0		

Примітка. * – $p < 0,05$ відносно значень показників за максимального об'єму/наважки

Робочий діапазон або інтервал – оцінювали перевіркою того, як даний аналітичний метод забезпечує точність, правильність і лінійність при визначенні зразків, які вміщують аналіт на межі інтервалу і всередині його. Визначали як ту область, де результати мають прийнятну невизначеність. Нижня межа робочого діапазону визначається лімітом кількісного визначення, а верхня – точкою, де рівень зміни реакції на одиницю зміни концентрації є недостатнім. Так, робочим діапазоном для Гадолінію

визначено 1,0-500,0 мкг/кг (л), а для Лантану – 0,5-500,0 мкг/кг (л) відповідно.

Лінійність та робочий діапазон дають змогу більш точно оцінювати отримані результати. Лінійність це – здатність показати, що результати тесту є пропорційні концентрації аналіту в зразку в межах даного інтервалу, встановленого для методу. Нахил регресійної лінії і його варіація дає математичну ступінь лінійності. Лінійність оцінювали шляхом візуальної перевірки графіків 6-ти вимірювальних калібрувальних

Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. Є., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Орбченко О. Л., Ушкалов В. О.

зразків Гадолінію і Лантану, опрацьованих програмним забезпеченням приладу, що зазначено відповідно на рисунках 1 і 2.

Методика визначення була лінійною в межах 0-30,0 мкг/дм³ для обох елементів.

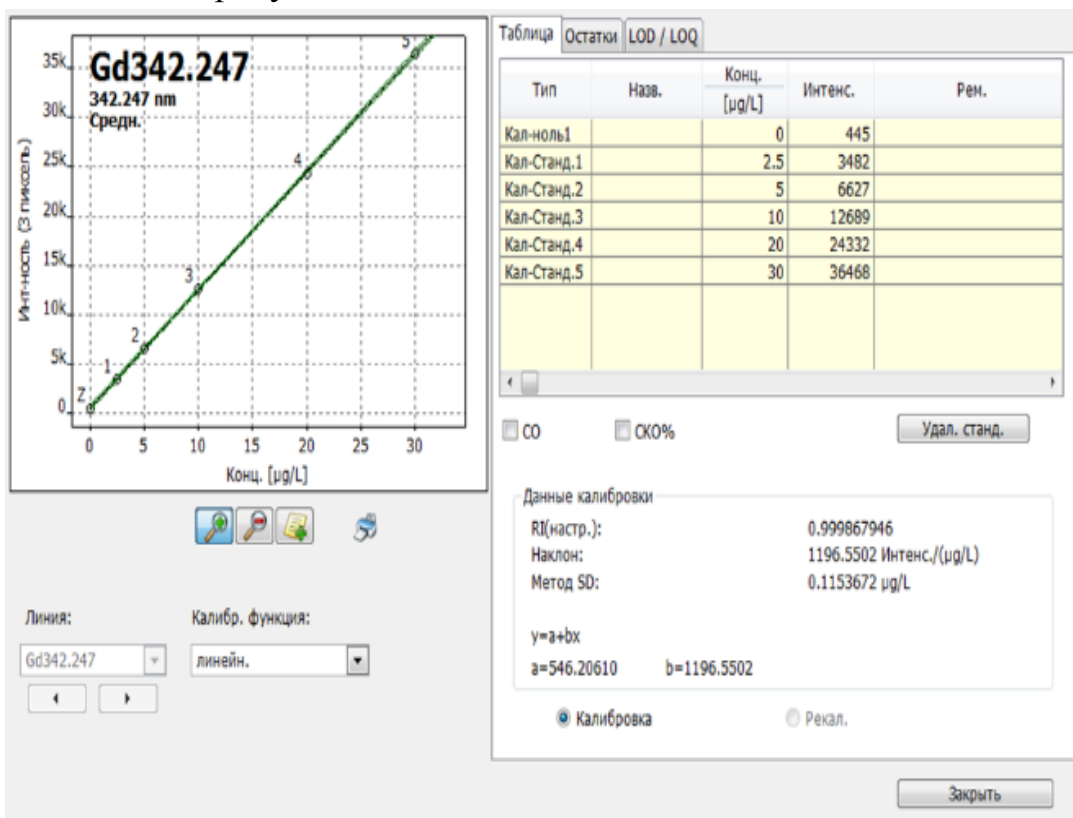


Рис.1. Визначення лінійності на оптимальній хвилі емісії для Гадолінію

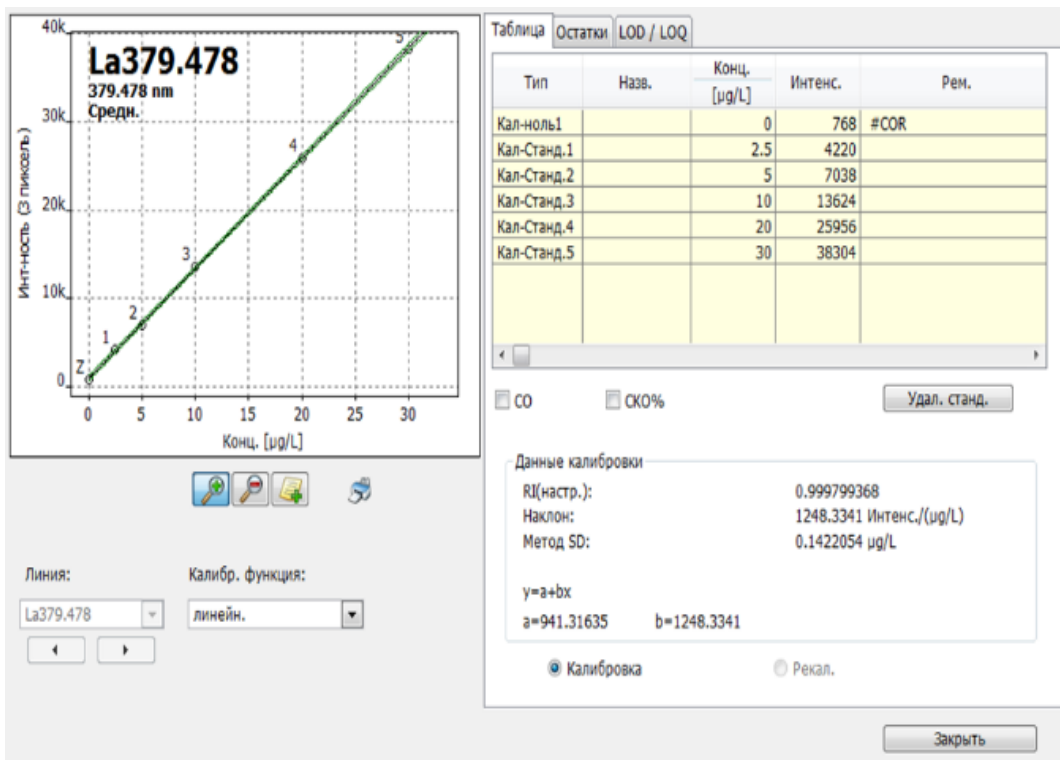


Рис. 2. Визначення лінійності на оптимальній хвилі емісії для Лантану

Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. Є., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Оробченко О. Л., Ушкалов В. О.

Точність і правильність визначали за допомогою проби з добавкою, оскільки вона характеризує близькість отриманих результатів до істинного значення і оцінювали за похибкою визначення. Мінімальна точність кількісного

методу, згідно Директиви Ради 96/23 ЄС щодо застосування аналітичних методів та роз'яснення результатів 2004/657/ЄС наведена в таблиці 4. Як видно із наведених даних точність методу цілком відповідає нормативним вимогам (табл. 4).

Таблиця 4. Установлення точності і правильності методики визначення Гадолінію і Лантану з використанням ICP OES

Назва компонента	Концентрація аналіту	Регламентоване значення точності, %	Фактичне значення точності, %
Гадоліній	≤ 1 мкг/кг	100% \pm 20%	96,0
Гадоліній	>1 мкг/кг до 10 мкг/кг	100% \pm 10%	97,2
Гадоліній	≥ 10 мкг/кг	100% \pm 10%	98,1
Лантан	≤ 1 мкг/кг	100% \pm 20%	96,1
Лантан	>1 мкг/кг до 10 мкг/кг	100% \pm 10%	97,4
Лантан	≥ 10 мкг/кг	100% \pm 10%	98,5

Відтворюваність визначали багаторазовим дослідженням зразків в різних умовах, оскільки це характеристика якості результатів вимірювань, яка відображає близькість один до одного результатів повторних спостережень в умовах. Недостатня стабільність досліджуваної речовини або матричних елементів у зразку

протягом збереження або аналізу, може викликати істотні відхилення в результатах аналізу. Слід зазначити, що для обох РЗМ фактична внутрішньо-лабораторна відтворюваність знаходилася в межах відповідних нормативних показників. Результати досліджень наведені в таблиці 5.

5. Відтворюваність методики визначення Гадолінію і Лантану з використанням ICP OES

Назва компонента	Масова частка, мкг/л	Нормативна внутрішньо-лабораторна відтворюваність, %	Фактична внутрішньо-лабораторна відтворюваність, %
Гадоліній	>0,01-0,1	20	13,2
Гадоліній	>0,10-1,0	15	9,10
Гадоліній	>1,0	10	4,80
Лантан	>0,01-0,1	20	11,0
Лантан	>0,10-1,0	15	7,80
Лантан	>1,0	10	5,02

Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. С., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Оробченко О. Л., Ушкалов В. О.

Збіжність (повторюваність) – показник короткотривалих коливань результатів досліджень, критерієм цього показнику є стандартне відхилення паралельних величин. При вмісті аналітів у зразку в межах $>0,01-0,1$ мкг/кг(дм³) прийнятне

значення RSD не повинно перевищувати 20 %, тобто результати визначення збіжності методики визначення Гадолінію і Лантану з використанням ICP OES задовольняють нормативні (табл. 6).

6. Збіжність (повторюваність) методики визначення Гадолінію і Лантану з використанням ICP OES

Назва компонента	Масова частка, мкг/л	Нормативні показники збіжності (повторюваності), %	Фактичні показники збіжності (повторюваності), %
Гадоліній	$>0,01-0,1$	20	4,2
Гадоліній	$>0,10-1,0$	15	3,5
Гадоліній	$>1,0$	10	1,4
Лантан	$>0,01-0,1$	20	4,1
Лантан	$>0,10-1,0$	15	3,2
Лантан	$>1,0$	10	2,2

Межа детектування LOD (Limit of Detection) або межа виявлення аналітичного методу – статистично визначається, як деякий множник, рівний подвоєному (двосигмовий критерій) або потроєному (трьохсигмовий критерій) стандартному відхиленню. Дана кількість чисельно дорівнює подвоєній величині стандартного відхилення $2S_0$. У результаті досліджень встановлено, що для Гадолінію і Лантану LOD становить 0,1 та 0,05 мкг/кг (дм³) відповідно.

Для оцінювання межі кількісного визначення LOQ (Limit of Quantitation) (найнижчий рівень вмісту аналіту в матричній пробі) проводили 10-кратне аналізування тест-проб з низькою концентрацією аналіту. Показник LOQ обчислювали

як концентрацію аналіту, що дорівнює отриманому стандартному відхиленню (s_0') на низьких рівнях концентрації, помноженому на коефіцієнт k. У Рекомендаціях IUPAC прийнято значення за умовчанням $k = 10$, і якщо стандартний відхил є приблизно постійний на низьких концентраціях, цей множник відповідає відносному стандартному відхиленню (RSD), що дорівнює 10 %. Тому важливим критерієм є значення межі кількісного визначення методу для вірної інтерпретації і достовірності результатів аналізу. У результаті досліджень встановлено, що для Гадолінію і Лантану показник LOQ становить 1,0 та 0,5 мкг/кг (дм³) відповідно.

Висновки На основі експериментальних даних

Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. С., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Орбаченко О. Л., Ушкалов В. О.

встановлено, що методика визначення Гадолінію і Лантану є чутливою та селективною. Багатоелементний метод аналізу характеризується низькими межами виявлення та широким діапазоном детекції. При оцінці придатності методу встановлено параметри детектування та визначено валідаційні характеристики. Одержані валідаційні дані задовольняють вимоги Настанови Eurachem та Гармонізованої настанови IUPAC з валідації в одній лабораторії. Метод ICP OES

визначення РЗМ у біосубстратах є простим у використанні, із застосуванням швидкого та ефективного методу підготовки проб, дає змогу визначати РЗМ в широкому діапазоні. Це дозволяє застосувати метод ICP OES за призначенням та отримувати дані високої точності.

Перспективи досліджень.

Провести дослідження токсикокінетики Гадолінію і Лантану в організмі курчат-бройлерів за умов застосування кормових добавок відповідних РЗМ.

36-8.

6. Fang, J., Huang, Y., & Gong, H. (1994). A study of feeding rare earth elements to black-bone silky fowl. *Fujian J. Husb. Vet.*, 3, 28–9.

7. Durmuş, O., & Bölükbaşı, Ş. C. (2015). Biological activities of lanthanum oxide in laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research*, pfv052. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv052>

8. Reka, D., Thavasiappan, V., Selvaraj, P., Arivuchelvan, A. & Visha, P. (2019). Influence of rare earth elements on production performance in post peak layer chickens *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(2), 292-295.

9. Liu, Q., Wang, C., Huang, Y. X., Dong, K. H., Yang, W. Z., & Wang, H. (2008). Effects of lanthanum on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and digestibility in steers. *Animal Feed Science and Technology*, 142(1-2), 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.08.002>

10. Renner, L., Schwabe, A., Döll, S., Höltershinken, M., & Dänicke, S. (2011). Effect of rare earth elements on beef cattle growth performance, blood clinical chemical parameters and mitogen stimulated proliferation of bovine peripheral blood mononuclear cells in vitro and ex vivo. *Toxicology Letters*, 201(3), 277–284.

References

1. Wang, M. Q., & Xu, Z. R. (2003). Effect of supplemental lanthanum on the growth performance of pigs. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 16, 1360–1363. <https://doi.org/10.5713/ajas.2003.1360>

2. Cai, L., Nyachoti, C. M., & Kim, I. H. (2018). Impact of rare earth element-enriched yeast on growth performance, nutrient digestibility, blood profile, and fecal microflora in finishing pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 98(2), 347–353. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0089>

3. Cai, L., Park, Y. S., Seong, S. I., Yoo, S. W., & Kim, I. H. (2015). Effects of rare earth elements-enriched yeast on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, relative organ weight, and excreta microflora in broiler chickens. *Livestock Science*, 172, 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.11.013>

4. Tariq, H., Sharma, A., Sarkar, S., Ojha, L., Pal R.P., & Mani, V. (2020). Perspectives for rare earth elements as feed additive in livestock — A review. *Asian-Australas J. Anim. Sci.*, 33(3), 373–381. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0242>

5. Wu, J., Zhang, Z., & Yan, J. (1994). An initial study on effect of adding rare earth element on productivity of egg laying breeder hens. *Ning. Xia Sci. Technol. Farming For.*, 4,

- Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. С., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Орбаченко О. Л., Ушкалов В. О.
<https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2011.01.014>
11. Xun, W., Shi, L., Hou, G., Zhou, H., Yue, W., Zhang, C., & Ren, Y. (2014). Effect of Rare Earth Elements on Feed Digestibility, Rumen Fermentation, and Purine Derivatives in Sheep. *Italian Journal of Animal Science*, 13(2), 3205. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3205>
 12. Zawisza, B., Pytlakowska, K., Feist, B., Polowniak, M., Kita, A., & Sitko, R. (2011). Determination of rare earth elements by spectroscopic techniques: a review. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 26(12), 2373. <https://doi.org/10.1039/c1ja10140d>
 13. He, M., Hu, B., Chen, B., & Jiang, Z. (2017). Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry for Rare Earth Elements Analysis. *Physical Sciences Reviews*, 2(1). <https://doi.org/10.1515/psr-2016-0059>
 14. Chen, B., He, M., Zhang, H., Jiang, Z., & Hu, B. (2017). Chromatographic Techniques for Rare Earth Elements Analysis. *Physical Sciences Reviews*, 2(4). <https://doi.org/10.1515/psr-2016-0057>
 15. Dybczyński, R. S., & Kulisa, K. (2021). Separation of Rare Earth Elements (REE) by Ion Interaction Chromatography (IIC) Using Diglycolic Acid (ODA) as a Complexing Agent. *Chromatographia*, 84, 473–482. <https://doi.org/10.1007/s10337-021-04025-y>
 16. Stosch, H.-G. (2016). Neutron Activation Analysis of the Rare Earth Elements (REE) – With Emphasis on Geological Materials. *Physical Sciences Reviews*, 1(8). <https://doi.org/10.1515/psr-2016-0062>
 17. De Vito, I. (1999). Determination of trace rare earth elements by X-ray fluorescence spectrometry after preconcentration on a new chelating resin loaded with thorin. *Talanta*, 49(4), 929–935. [https://doi.org/10.1016/s0039-9140\(99\)00089-2](https://doi.org/10.1016/s0039-9140(99)00089-2)
 18. Nakayama, K., & Nakamura, T. (2005). X-ray Fluorescence Analysis of Rare Earth Elements in Rocks Using Low Dilution Glass Beads. *Analytical Sciences*, 21(7), 815–822. <https://doi.org/10.2116/analsci.21.815>
 19. Dubenskaya, L. O., Levitskaya, G. D., & Poperechnaya, N. P. (2005). Use of organic reagents for the voltammetric determination of rare-earth elements. *Journal of Analytical Chemistry*, 60(4), 304–309. <https://doi.org/10.1007/s10809-005-0089-7>
 20. Janos, P. & Sulcek, Z. (1990). Methods of determination of rare earth elements. *Chemicke Listy*, 84(3), 264–280.
 21. Eisele, N. (2003). Untersuchungen zum Einsatz Seltener Erden als Leistungsförderer beim Schwein. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München, 179. <https://doi.org/10.5282/edoc.1509>
 22. Tautenhahn, J. (2004). Effect of different concentrations of Rare Earth Elements on growth of juvenile oreochromis niloticus. Bachelor's thesis, University of Aquaculture University of Stirling, Scotland, 60.
 23. Fujimori, E., Hayashi, T., Inagaki, K., & Haraguchi, H. (1999). Determination of lanthanum and rare earth elements in bovine whole blood reference material by ICP-MS after coprecipitation preconcentration with heme-iron as coprecipitant. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 363(3), 277–282. <https://doi.org/10.1007/s002160051188>
 24. Fleckenstein, J., Halle, I., Hu, Z. Y., Flachowsky, G., & Schnug, E. (2004). Analyse von Lanthaniden mittels ICP-MS in Futter- und Organproben im Broilermastversuch. Arbeitstagung Mengen und Spurenelemente 24–25.09.2004, Jena, Germany, 22, 981–986.
 25. Schwabe, A., Meyer, U., Grün, M., Voigt, K. D., Flachowsky, G., & Dänicke, S. (2012). Effect of rare earth elements (REE) supplementation to diets on the carry-over into different organs and tissues of fattening bulls. *Livestock Science*, 143(1), 5–14. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.08.010>
 26. Klochkov, V. K., Malysenko, A. I., Sedykh, O. O., & Malyukin, Y. V. (2011). Wet chemical synthesis and characterization of luminescent colloidal nanoparticles: ReVO₄ : Eu³⁺ (Re = La, Gd, Y) with rodlike and spindle-like shape. *Functional materials*, 18(1), 111–115. <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/135437>
 27. Klochkov, V. K., Grigorova, A. V., Sedykh, O. O. & Malyukin, Yu. V. (2012). Characteristics of nLnVO₄ : Eu³⁺ (Ln = La, Gd, Y, Sm) sols with nanoparticles of different shapes and sizes. *J. Appl. Spectrosc.* 79(5), 726–730. <https://doi.org/10.1007/s10812-012-9662-7>
 28. Eurachem Guide: The Fitness for

Чечет О. М., Шуляк С. В., Маслюк А. В., Романько М. С., Доброжан Ю. В., Малімон З. В., Бардик І. Ю., Ступак О. В., Оробченко О. Л., Ушкалов В. О.

Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics: B. Magnusson and U. Örnemark (eds.) : translation of the second edition, 2014. Kyiv : LLC «Yurka Liubchenka», 2016. 92.

29. DSTU EN ISO/IEC 17025:2019 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT). Input 2021-01-01. Kyiv : SE

"UkrNDNC", 2020, 24.

30. Rao, T. N. (2018). Validation of Analytical Methods. Calibration and Validation of Analytical Methods – A Sampling of Current Approaches. Doi.:10.5772/intechopen.72087

31. Guidance for the Validation of Analytical Methodology and Calibration of Equipment used for Testing of Illicit Drugs in Seized Materials and Biological Specimens (2009). UNITED NATIONS. New York, 70.

VALIDATION OF THE METHOD FOR THE DETERMINATION OF RARE EARTH METALS IN BIOLOGICAL SAMPLES BY THE ATOMIC EMISSION INDUCTIVELY COUPLED PLASMA METHOD (ICP OES)

O. Chechet, S. Shulyak, A. Maslyuk, M. Romanko, Yu. Dobrozhanyan, Z. Malimon, I. Bardik, O. Stupak, O. Orobchenko, V. Ushkalov

Abstract. *Currently, one of the priority nanomaterials are nanoparticles of rare earth metals (REM) – cerium, lanthanum, gadolinium and others, which allows them to be successfully used as new natural feed additives (due to their antimicrobial and antioxidant properties) in order to increase the productivity of animals. However, the issue of redistribution in the body and accumulation of REMs in livestock products requires an adequate answer using sensitive and highly accurate quantitative research methods, in connection with which the determination of REMs in biological samples becomes extremely relevant. Within the framework of this study, the suitability assessment (validation) of the developed method for the determination of REM (lanthanum and gadolinium) in biological samples (serum, liver, kidneys) using atomic emission inductively coupled plasma (ICP OES) was carried out and the method of sample preparation in various matrices was adapted. Key working parameters were determined as evaluation criteria: limit of detection, limit of quantification, accuracy, correctness, convergence, reproducibility, selectivity, linearity, working range. It was established that this method demonstrates good linearity in the working range of 1.0-500.0 $\mu\text{g}/\text{kg}(\text{dm}^3)$ for Gadolinium and 0.5-500.0 $\mu\text{g}/\text{kg}(\text{dm}^3)$ for Lanthanum; the method is selective, sensitive, practical and accurate. The limit of detection LOD and limit of quantification LOQ for Gadolinium and Lanthanum are 0.1 and 0.05 $\mu\text{g}/\text{kg}(\text{dm}^3)$ and 1.0 and 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}(\text{dm}^3)$, respectively. The validation data obtained meet the requirements of the Eurachem Guideline and the IUPAC Harmonized Guideline for Single-Laboratory Validation, and the method for the determination of REMs in biological samples is suitable for a specific application according to ISO/IEC 17025:2019.*

Key words: *rare earth metals (REM), gadolinium, lanthanum, atomic emission inductively coupled plasma (ICP OES), biological samples, validation*

КИЇВСЬКА ШКОЛА ПОРІВНЯЛЬНИХ МОРФОЛОГІВ**С. К. РУДИК**, доктор ветеринарних наук, професор**М. М. СТЕГНЕЙ**, кандидат ветеринарних наук, доцент**Ж. Г. СТЕГНЕЙ**, кандидат ветеринарних наук, доцент*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: stegney_mm@nubip.edu.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.014](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.014)

Анотація. У статті подаються відомості про наукову діяльність окремих представників Київської школи порівняльних морфологів України заснованої Б.О. Домбровським у 1924 році. Домбровський Б.О. разом зі своїми учнями працював над вивченням питань біоморфології, тобто синтезу екології і морфології окремо взятого виду, який займає свою екологічну нішу за межами якої він існувати не може. Принципів Б.О. Домбровського у своїх наукових дослідженнях дотримувався його учень В.Г. Касьяненко, який поряд з цим започаткував новий науковий напрямок дослідження – порівняльно-анатомічний і функціональний аналіз локомоторного апарату. Працюючи завідувачем відділу Еволюційної морфології Інституту зоології АН УРСР займався вивченням біомеханіки, тобто вивчав структурний і біомеханічний аналіз локомоторного апарату чотириногих.

Особливо відзначився науковою діяльністю представник Київської школи порівняльних морфологів професор Г.О. Гіммельрейх, який проводив широке і детальне морфо-функціональне дослідження глотки. Це дало йому можливість створити нове уявлення про шляхи філогенетичного розвитку всієї головної кишки апарату травлення. Вивчення під'язикового апарату проводив професор С.К. Рудик, який не лише вивчив його видові особливості будови, але і вияснив історію його розвитку і причинну зумовленість.

Ключові слова: Київська школа порівняльних морфологів, кафедра анатомії, біомеханічні дослідження, під'язиковий апарат ссавців

Вступ. Кожний навчальний заклад виділяється науковими школами, які формуються десятками років. За вимогами Міністерства освіти і науки України, вік школи визначається у 50 років.

Київська школа порівняльних морфологів України має вік ... 99 років. Вона відома за межами України. За ХХ ст. було визнано 20 морфологів світу (медиків,

ветеринарів, зоологів), серед яких троє з Київської школи: Б. О. Домбровський, В. Г. Касьяненко, Г. О. Гіммельрейх.

У Київській школі порівняльних морфологів захищено 50 докторських, 150 кандидатських дисертацій, видано більше 160 монографій, підручників, посібників і 3320 наукових статей в різних виданнях.

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

Матеріал і методи. Основою методологічного дослідження є фундаментальні підвалини наукового аналізу – принцип історизму та системності. При проведенні досліджень використано хронологічний та аналітичний методи. Використано матеріал Державного архіву м. Київ, Інституту зоології І. І. Шмальгаузена НАН України, архівні справи кафедри анатомії, гістології і патоморфології тварин ім. акад. В. Г. Касьяненка Національного університету біоресурсів і природокористування України та видання періодичної преси.

Результати дослідження.



Домбровський Б. О.
(1885-1973)

започаткував Домбровський Броніслав Олександрович (1885-1973), який народився у м. Єлисаветграді (нині Кропивницький). Закінчив гімназію та фізико-математичний факультет Київського університету Св. Володимира (1903-1912) [1, 2].

В університеті Б. О. Домбровський відмінно навчався і професорами запрошувався в зоологічні експедиції в Киргизстан (1907) та в літні місяці до Східного та Західного Закавказзя (1909-1911). За наслідками експедицій були видрукувані наукові статті та монографія «Материалы для изучения птиц Колхиды, Аджарии и сопредельных мест» (1912).

Ще студентом Б. О. Домбровського було запрошено викладачем Київського Фребелевського педагогічного інституту (1912-1915).

Після закінчення університету працював лаборантом, асистентом кафедри зоології хребетних і порівняльної анатомії Київського університету Св. Володимира (1914-1924), постійно виїжджаючи в різні експедиції.

Паралельно працював викладачем у Київському медичному інституті (1918-1924).

Він був відомим у м. Києві не лише науковими працями, але й знаннями з історії стародавнього світу, міфології, вивчав літературу, мистецтво та ... писав вірші.

Вже відомого Б. О. Домбровського було запрошено завідувачем кафедри нормальної анатомії Київського ветеринарно-зоотехнічного інституту (1924-1929), в якому особливо розкрився його талант науковця і педагога.

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

Більше 100 років його ідеї живуть в стінах кафедри анатомії, нині кафедри анатомії, гістології і патоморфології тварин ім. акад. В. Г. Касьяненка. Це він запропонував проходження курсу анатомії на трупному матеріалі (препарування), заклав основи навчального музею та порівняльно-анатомічні дослідження не лише серед викладачів, але і студентів, друкуючись в престижних іноземних журналах – «Anatomischer Anzeiger» і «Z.fur Anatomie u Entw.-gesch.» - 24 статті [3,4,5,6].

Ним був вперше введений у світову наукову практику термін «біоморфологія» (1926), який став нині домінуючим при проведенні досліджень [7].

У 1925 році на Всесоюзному з'їзді зоологів, анатомів, гістологів і ембріологів (Ленінград) визнають школу Б. О. Домбровського, в якій започатковано новий напрям в порівняльній морфології, в основу якого покладений метод встановлення і врахування кореляцій як метод синтезу структур і аналізу процесів, тобто функціональний підхід до структур організму в аспекті «цілого» зв'язку організму із довкіллям.

З 1929 року серед членів інституту почали вишукувати «ворогів народу». Професорів арештовували. Б. О. Домбровський серед професорів відрізнявся незалежністю, і це викликало невдоволення і задрість, що могло закінчитися арештом.

У 1929 році Б. О. Домбровський прийняв пропозицію – організації Ветеринарного інституту в Казахстані – заснувати кафедру нормальної анатомії. Це було вірне рішення.

Слід зазначити, що Б. О. Домбровський не був ні доктором, ні професором. Він був призначений радою інституту на посаду завідувача за його наукові праці.

Лише у 1930 році Б. О. Домбровський був затверджений в званні професора, а у 1936 році за сукупністю наукових праць йому присуджено наукову ступінь доктора біологічних наук. Він обраний академіком до АН Казахської РСР (1954) та йому присвоєно звання Заслуженого діяча науки Казахської РСР (1945).

Б. О. Домбровський разом зі своїми учнями працював над побудовою інтегральної (цілої) анатомії і зробив узагальнення по дихальній, статевій, судинній і нервовій системах хребетних і безхребетних. Матеріали видрукувані в п'яти монографіях.

Особливо цінним було його узагальнення етапів розвитку морфологічного мислення, в якому визначає п'ять етапів розвитку біологічного мислення [8].

Перший характеризується етапом становлення біологічного мислення в Древній Греції, Римі, періоду Ренесанса, коли пізнання зводилися не лише до «пізнання» і

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

опису предметів і явищ, а мірою вивчення речей була якість.

Другий етап – від Кеплера і Галілея до французьких матеріалістів – характеризується введенням в процес пізнання другої міри вивчення явищ природи – категорії кількості.

До третього етапу, сучасному Гете і Шілінгу, властиво вивчення явищ і процесів в просторовому аспекті, тобто третьою мірою речей стає форма.

Четвертий етап у розвитку наукового мислення в біології – епоха Канта, Лапласа, Ламарка, Дарвіна. Він характеризується як філогенетичний, коли в процесі пізнання явищ природи і предметів враховувалася четверта міра речей – час, що дозволяє виявити філогенетичну залежність, встановити доступні зв'язки і вивчити причини.

У сучасному, п'ятому, етапі Б. О. Домбровський бачив крім тимчасового параметра і другий компонент історичного розвитку – динамічний момент, коли явища і структура тваринного організму визначаються новою мірою – рухом, що дозволяє їх функціонально трактувати.

Він вперше в історії інтегральної анатомії виділяє в організмі тварин чотири ступені розвитку соми: архео-, палео-, мезо- і неосому, відмічаючи, що кожна з них слід визначати як специфічну структуру з властивою їй однією специфічною нервовою

системою і лише певним типом нервових закінчень чи органів чуття.

В нервовій системі він виявив не чотири функціональних компонентів, а шість. Думка про те, що рухова бляшка соматичних м'язів уявляє утвор нервового походження і відповідає периферичному постгангліонарному апарату вегетативних нервів, пізніше підтвердилися працями зарубіжних морфологів про нервово-м'язові кінцеві пластинки рухового нерва.

Б. О. Домбровський вдало застосовував в дослідженнях принцип реціпрокності (взаємо-зворотних відносин), відкритого І. П. Павловим [9]. Він науково підтвердив нерозривний зв'язок фізіології і морфології судин і судинних нервових центрів, відмічаючи той факт, що симпатична іннервація судин стінок тіла появляється лише у кісткових риб, тоді як у хрящуватих представників така система є лише в судинах кишечника.

Автоматизм реціпрокності, за автором, виробляється у процесі еволюції у зв'язку з функціональною діяльністю тварини.

В еволюційному аспекті Б. О. Домбровський разом з учнями вивчав біоморфологію дихальної системи хребетних, розглядаючи її у зв'язку з умовами середовища життя, характером локомоції, способом живлення. Це дозволило прослідкувати розвиток гіпоксональних м'язів і легень

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

хребетних, виявити залежність їх будови з характером дихальної моторики, визначити типи дихання, утвердити концепцію альвеолярного дихання і виявити залежність від виду і конституції тварин.

Великий внесок зробив Б. О. Домбровський в розвиток нейроморфології хребетних і безхребетних тварин. Переглянуто ряд положень вчення про нервову систему і запропоновано нові уявлення про взаємовідносини елементів нервової системи з функціональними елементами організму у філогенетичному плані. Він розглядав нервову систему як «координуючу», тоді як судинну – як «об'ємну».

Значний внесок Б. О. Домбровський вніс у вивчення шляхів еволюції скелетно-м'язових і відповідних нервових компонентів тулуба серед кісткових риб та домінуючу роль заднього відділу тіла у птахів.

Він зробив аналіз і синтез корелятивних зв'язків в організмі комах, трофічних процесів і структур, нервово-м'язових біоенергетичних відношень.

В останні роки життя Б. О. Домбровський розробив новий напрямок в морфології тварин – біоенергетичний, який він вважав безпосереднім продовженням «еволюційної морфології» М. О. Северцова і І. І. Шмальгаузена. Зі

школи Б. О. Домбровського вийшло 7 докторів і 30 кандидатів наук.

Основні положення його праць знайшли відображення у відповідних монографіях [10,11].



Касьяненко В.Г. (1901-1987)

Академік АН УРСР (без статусу член-кореспондента), кавалер ордена Червоної Зірки (цивільний), директор Інституту зоології АН УРСР, кавалер ордена Леніна – все це стосується учня Б. О. Домбровського, доктора біологічних наук, професора Володимира Григоровича Касьяненка (1901-1981) [12].

В. Г. Касьяненко закінчив Київський ветеринарно-зоотехнічний інститут (1926) і ще студентом працював лаборантом при кафедрі анатомії. Був зачислений асистентом на кафедрі, яку очолював Б. О. Домбровський.

Як і вчитель, знав німецьку мову і видрукував п'ять статей (1927-1929) у найбільш відомих журналах світу «Anatomischer Anzeiger» і «Zeitscher

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

für Anat. u Entw-gesch.» [13,14,15,16,].

Після від'їзду Б. О. Домбровського до Алма-Ати (1929) всю роботу на кафедрі проводив в.о. доцента В. Г. Касьяненко.

В стінах інституту В. Г. Касьяненко обіймав посади завідувача кафедри (1932-1951), декана (1932-1934), зам. директора з наукової роботи (1937-1941, 1945-1947), завідувача кафедри анатомії (1941-1944), проректора з наукової роботи Свердловського сільськогосподарського інституту (1941-1942) (де був в евакуації), завідувача відділом (1947-1950), заступника директора (1949), директора (1950-1963) Інституту зоології АН УРСР.

Перебуваючи у Свердловську, отримав замовлення з Міністерства оборони – підготувати монографію з особливостей будови холки коня, яка необхідна була військовим ветеринарним лікарям, для ефективного хірургічного втручання. За цю працю В. Г. Касьяненко (як цивільний) отримав військову нагороду – орден Червоної Зірки [17].

Поряд із навчальною роботою широкого розвитку набули наукові дослідження, а відповідно захист кандидатських і докторських дисертацій (підготовлено 10 докторів і 18 кандидатів наук).

Працюючи в Інституті зоології сформував Відділ порівняльної анатомії (1950), в якому дотримувався

принципів Б. О. Домбровського і започаткував новий науковий напрямок дослідження – порівняльно-анатомічний і функціональний аналіз локомоторного апарату [18,19,20,21,22,23,24].

В Інституті зоології разом з В. К. Касьяненком працювали його учні-ветеринари С. Ф. Манзій і П. М. Мажуга.

Так, у Відділі еволюційної морфології виник новий напрямок досліджень – біомеханіка і експеримент, тобто вивчався структурний і біомеханічний аналіз локомоторного апарату чотириногих (С. Ф. Манзій). Зоологічна біомеханіка Відділу зайняла провідне місце в АН УРСР і стала визнаним центром цих досліджень.

За короткий термін проведено біомеханічний аналіз скелета кінцівок (К. П. Мельник), їх суглобів (С. Ф. Манзій, В. Ф. Мороз, В. С. Коток).

Дослідження відділу знайшло практичне втілення в остеогенезі. Співпраця з Київським науково-дослідним інститутом ортопедії дозволила використовувати здобутки для лікування переломів кісток у людини.

Нові дані відносно впливу гіпокінезії на локомоторний апарат тварин були донесені до вчених світу на XXI Міжнародному ветеринарному конгресі (1979).

Біомеханічні дослідження були також направлені на вивчення міцності кісток та навантажень на

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

них (С. Ф. Манзій, В. І. Кликов). Було доведено, що кожна кістка, у певних місцях, має різну структуру, а відповідно і міцність. Такі дослідження проводилися вперше і при Президії АН УРСР біла створена Проблемна рада по біомеханіці (С. Ф. Манзій).

Дослідженнями Відділу зацікавилася кафедра теорії механіки Київського інституту цивільної авіації (член-кореспондент АН УРСР С. М. Кожевников) і були проведені спільні дослідження суглобів з використанням складових синовії як мастильної речовини (О. Г. Березкін).

У Відділі існувала лабораторія морфологічних досліджень (В. Ф. Мороз, В. С. Коток). Був створений приладокомплекс (третбан з регулювальною швидкістю руху трансмісійної доріжки, електроміограми для запису роботи м'язів, самописці тощо). Це була новинка в дослідженнях. На цьому комплексі були виконані докторські дисертації (М. Ф. Ковтун, С. К. Рудик, В. Ф. Сич, Х. Т. Кушхов, В. Ф. Мороз) та кандидатські дисертації (В. Ф. Мороз, В. С. Коток).

Вперше у світовій морфології були отримані нові дані відносно функціонування м'язів кінцівок ссавців, птахів, м'язів крила кажанів та м'язів під'язикового апарату. [25].

Дослідженнями локомоторних циклів і ролі синовії у роботі суглобів кінцівок ссавців (О. Г. Березкін, Н. О. Науменко) були встановлені періоди і

фази локомоторних рухів, поведінка кожного суглоба кінцівок та розшифрована програма узгодженого функціонування суглобів кінцівок та розшифрована програма узгодженого функціонування всіх суглобів у статичній і динамічній кінцівці. Особлива увага приділялася біомеханічній ролі синовії у клініці (створена штучна синовія).

Кандидатська і докторська дисертації з вивчення сенсорної іннервації суглобів були виконані М. М. Ільєнком. Він провів дослідження на всіх суглобах грудної і тазової кінцівок у тварин з різним типом опори на землю. Була отримана повна картина онто- і філогенетичного ускладнення рецепторів.

У Відділі вивчалися кровоносні судини кінцівок чотириногих. Захищені докторські дисертації (П. М. Мажуга, Ю. П. Антипчук, О. Р. Радзівська, О. М. Щегольков) та кандидатські (І. С. Барзилович, Л. П. Осинський) дисертації.

З Відділу виділився Відділ цитології і гістогенезу (керівник П. М. Мажуга). Завданням Відділу було не вивчення клітин в цілому, а клітин, які складають тканинні структури систем тварин. Для вивчення клітин були застосовані складні методи і прилади: світова, електронна і люмінесцентна мікроскопія, цитофотометрія, авторадіографія, мікрокінознімання тощо.

Вивчалися закономірності розвитку і цитологічних

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

особливостей похідних мезенхіми (П. М. Мажуга, І. Ф. Батюк) [26].

Поглиблене дослідження механізму остеогенезу з застосуванням методів авторадіографії, цитофотометрії і електронної мікроскопії проводилися при виконанні докторської (Н. В. Радіонова) та кандидатської (Т. П. Вечерська) дисертацій.

Значним внеском у розвиток скелета були дослідження про механізми формування, розвитку і росту хрящуватих закладок, як структурних і функціональних попередників кістки, механізми процесу заміщення хряща і розвиток на основі кісткової тканини (П. М. Мажуга, А. Я. Жітніков, Л. І. Харчук, В. П. Пегета).

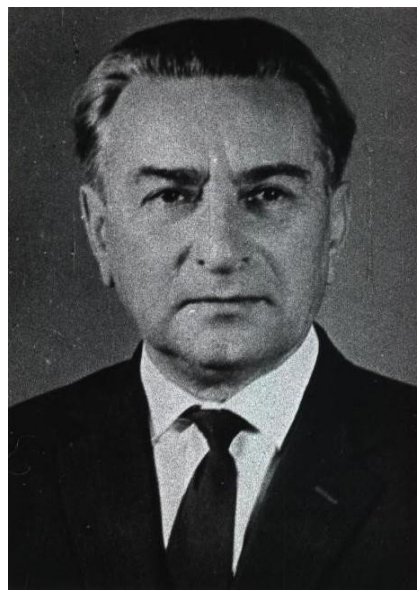
Відділ цитології і гістогенезу разом з Інститутом переливання крові МОЗ УРСР проводив дослідження репродукції і диференціювання клітин кровотворних органів при консервуванні (1971-1975).

Разом з Інститутом загальної і комунальної гігієни МОЗ УРСР проводилися дослідження дії на живі системи електромагнітного поля, хімічних забруднень.

Ці дослідження співробітників Відділу увійшли у проект Міжнародної програми «Людина і біосфера».

За період роботи Відділу (1963-1980) було підготовлено шість докторів наук і 18 кандидатів наук, видано чотири монографії, п'ять

теоретичних збірників і біля 400 наукових статей.



Гіммельрейх Г. О. (1910-1987)

Ім'я Германа Олександровича Гіммельрейха (1910-1987), Заслуженого працівника вищої школи УРСР, доктора біологічних наук, професора добре відоме широкому загалу вчених та працівників як в галузі ветеринарної медицини, гуманної медицини, біології, зоології України, так і фахівцям країн Азії, Африки, Латинської Америки, Європи [27]. За довгі роки педагогічної діяльності ним підготовлено багато фахівців для цих країн. Для вчених відомий своїми науковими працями. У 25 років його стаття була видрукувана у самому престижному світовому журналі «Anatomischer Anzeiger» [28]. Він провів глибокі дослідження переднього відділу органів травлення риб, рептилій, ссавців. Матеріали досліджень видрукувані у журналі

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

«Gegenbaurs morphologischer jahrbuch»,
«Morphologischer jahrbuch».

Ні один вчений світу не мав стільки публікацій у цих журналах як професор Г. О. Гіммельрейх. В радянський період він не міг виїжджати за кордон, але його статті доходили в різні куточки планети. Статті були великими (30-40 сторінок) [29, 30, 31]. Після виходу чергової статті з усіх континентів надходили картки-прохання на відтиски статей.

Запити на статті були з: Німеччини (20), США (17), Японії (5), Чехії (6), Польщі (7), Південної-Африканського союзу (3), Нідерландів (2), Австралії, Австрії, Бельгії, Іспанії, Канади, Колумбії, Уругваю – по одній статті.

В іноземних журналах був видрукований матеріал в розмірі 17 друкованих аркушів. Це дозволило іноземним вченим детально ознайомитися з його науковими працями. Він увійшов до 20 відомих вчених світу за ХХ століття.

Статті також друкувалися в найбільш престижних журналах Радянського союзу [32, 33, 34].

Прикладом втілення в життя ідей Б. О. Домбровського є докторська дисертація Г. О. Гіммельрейха, яка стала взірцем для вітчизняних і зарубіжних морфологів [35].

Матеріалом для дослідження були тотальні препарати вісцеральної ділянки голови (ротова порожнина з органами, глотка і гортань) 78 тварин, які відносяться до 7 видів риб, 2 видів

рептилій і 31 виду ссавців. Крім того, вивчена черепна стінка головної кишки на 45 черепах цих видів рептилій і ссавців.

Дослідження проводилося шляхом функціонального аналізу структур. При цьому дотримувалися основні принципи:

а) структури організму вивчалися як функціональне ціле;

б) будова кожної структури розглядалася у світлі її функціональної зумовленості;

в) при цьому враховувався спосіб життя організмів в певних умовах зовнішнього середовища;

г) особливості будови і функції розглядалися як історична категорія, яка виникла внаслідок взаємодії організму і змінних умов його існування.

Все це досягалося вивченням головної кишки (ротова порожнина з органами та глотка) шляхом ретельного препарування, встановлювався характер змін позицій стінок і просвіту порожнин головної кишки, які виникали при її роботі. Поряд вивчався механізм руху стінок за рахунок змін розміщення їх структурних компонентів, а також сил, що викликають ці зміни, тобто зміни дії окремих м'язів чи м'язових комплексів в напрямку дії групової функції м'язів.

Вивчалися фактори, які визначали специфіку функції головної кишки залежно від середовища

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

проживання і способу життя певної групи тварин.

Завершувалося дослідження співставленням будови і функції як окремих органів, так і головної кишки в цілому у різних групах хребетних, з метою виявлення напрямку і причин, які зумовлюють їх еволюцію.

Перший розділ роботи присвячувався вивченню вісцерального апарату риб як органу травлення. Співставляючи отримані дані про будову і механізм руху стінок вісцерального апарату у селяхій, осетроподібних і кісткових риб, дало можливість передбачити шлях інтенсифікації його функції і ускладнення будови:

інтенсифікація живлення і дихання у предків щелепових проходило шляхом перетворення вісцерального апарату до активного розширення. Це збільшило силу всмоктування води разом з утримуючою їжею. Активне розширення порожнини вісцерального апарату досягалося встановленням контакту соматичних м'язів з вісцеральним скелетом, тобто виникненням епі- і гіпобранхіальних м'язів.

Скорочення соматичних м'язів проходило лише при розширенні порожнини головної кишки, пов'язаних з ковтанням їжі. Вода поступає в спокійному диханні завдяки пасивному розширенню головної кишки, зумовленого еластичністю вісцеральних дуг. Ці

дуги під видом зміни функції через дію на них соматичних м'язів, змінюються і стають чотиричленні.

Покращення функції і будови вісцерального апарату від селяхій до кісткових риб збільшують можливості їх пристосування до вживання різної їжі і середовища з різним рівнем кисню.

Висока організація вісцерального апарату кісткових риб є важливим фактором їх біологічного прогресу. Про це свідчать численні і різноманітні форми кісткових риб, і їх пристосування до різних умов існування.

Другий розділ дисертації присвячений вивченню вісцеральної ділянки голови рептилій. Досліджувалися тотальні препарати вісцеральної ділянки голови сірого варана, китайського алігатора і скелет цієї ділянки голови на черепах сірого варана і міссісіпського алігатора.

Будова вісцеральної ділянки голови сучасних рептилій показує подальший розвиток їх особливостей, які виникли в процесі переходу до легеневого дихання і прийому їжі в умовах наземного існування.

Прогресивний розвиток щелепового апарату у рептилій проходив у двох напрямках у зв'язку з двома шляхами добування їжі.

Перший напрямок визначався пристосуванням до проковтування цілої жертви великих розмірів, при цьому збільшувалися черепні рухи і розвивався кінетичний череп.

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

Другий напрямок зумовлений пристосуванням до поділу жертви (її подрібнення) на шматочки перед ковтанням. Це позапорожнинна обробка їжі, що дозволяла ловити жертви великих розмірів. При ньому збільшується сила щелепового апарату і підсилюється його фіксація до мозкового черепа. Це особливо проявляється у сучасних крокодилів. У них з'явився акінетичний череп, коли верхні щелепи фіксуються до мозкового відділу черепа, а з'єднання їх з кістками піднебіння створює вторинне піднебіння. Створюється носова порожнина і носоглотковий хід. В рептилій ще немає поділу на ротову порожнину і глотку, є єдина ротоглотка. Зуби у рептилій несуть функцію лише для захоплення і утримання жертви, а подрібнення їжі в ротовій порожнині відсутнє.

Найбільшим є четвертий розділ, який присвячений вивченню глотки ссавців і він складає дві третини всієї дисертації. З даних дослідження викристалізувався висновок, що головна кишка ссавців чітко ділиться на щелеповий відділ (рот) і позащелеповий відділ (глотку). Це пов'язано з тим, що у ссавців розвивався сквамозо-дентальний щелеповий суглоб, що пов'язано виходом із складу щелепового апарату квадратно-суглобового суглоба разом з утвореними його примордіальними щелеповими кістками. Щелеповий апарат розвивався з щелепових і

передньощелепових дуг, які постійно зміцнювали силу. Розвиток вторинного піднебіння зумовлювався збільшенням ступеня вираженості вторинної верхньої щелепи.

Прогресивний розвиток щелепового апарату у хребетних – зумовлений збільшенням його функції в захопленні та обробці їжі. Головним в становленні сквамозо-дентального суглоба (між нижньою щелепою і висковою кісткою) є перехід від позапорожнинної обробки їжі до порожнинної.

Розподіл головної кишки на рот і глотку супроводжувався у ссавців розвитком специфічного м'язового апарату глотки, який працює незалежно від рухів нижньої щелепи, змінюючи положення стінок і просвіту порожнини глотки при проходженні через неї їжі. Цей апарат створений гіпобранхіальними м'язами і м'язами глоткових стінок, які є прогресивно-розвинутими і видозміненими бранхіальними м'язами. Функція м'язів покращується і зумовлює розвиток м'язів характерних для м'якого піднебіння ссавців.

Дисертант прийшов до висновку, що еволюція головної кишки хребетних проходить за пристосування до змін умов середовища проживання. Головним при цьому є підсилення та розширення її основних функцій – живлення і дихання.

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

В результаті широкого і ретельного морфо-функціонального дослідження глотки Г. О. Гіммельрейх створив нове уявлення про шляхи філогенетичного розвитку всієї передньої ділянки апарату травлення. Базуючись на власних даних, він запропонував відмінні від існуючого тлумачення межі глотки ссавців, її відділів, будову та функцію її м'язового апарату.

Матеріали досліджень Г. О. Гіммельрейх доповнив його учень, Заслужений працівник народної освіти



Рудик С. К. (1940)

України, доктор ветеринарних наук, професор Рудик Станіслав Костянтинович [36].

Докторська дисертація С. К. Рудика «Під'язиковий апарат ссавців у світі його будови і функції» присвячувалася дослідженням рептилій і ссавців, які відносилися до 77 видів і 12 загонів [37, 38].

Дослідження проводилися в плані функціональної морфології, що

погоджується з поглядом Б. О. Домбровського відносно принципу реціпроктності (зв'язок морфології і фізіології).

Відповідно цьому в процесі дослідження було встановлено не лише властиві різним видам особливості будови під'язикового апарату, але і виявлено історію його розвитку і причинну зумовленість. При цьому вивчалася середовище знаходження і спосіб життя тварин.

Крім звичайних анатомічних методів (препарування, проміри тощо), використовувалися методи з розділу супротиву матеріалів: розуміння моменту плоскої фігури відповідно до кісток ссавців, а також дослідження кісток на вигин.

В електроміографічних дослідженнях, які проводилися на м'язах під'язикового апарату, використовувався комплекс приладів Відділу еволюційної морфології Інституту зоології АН УРСР.

На основі проведених досліджень встановлено, що при наземному способі життя проходять значні зміни в щелепному апараті тварин. У них гіод і нижні відділи перших зябрових дуг перетворюються в під'язиковий апарат, який служить скелетною основою для язика і місцем фіксації для вісцеральних і гіпобранхіальних м'язів.

За основу взятий під'язиковий апарат рептилій, пращури яких дали птахів і ссавців. Прогресивний

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

розвиток щелепного апарату у рептилій зумовлений фіксацією його до мозкового черепа. Рухи щелеп у рептилій тісно пов'язані зі змінами позицій скелета під'язикового апарату і гортані. Це пов'язано з тим, що щелепами тварина не лише хватає і утримує здобич, але й активні рухи щелеп сприяють проковтуванню здобичі. Саме це і вплинуло на еволюцію щелепного апарату. Суттєві зміни проходять в гіпобранхіальній групі м'язів – проходить їх диференціація і змінюється характер фіксації. Тобто, при збільшенні рухливості скелета під'язикового апарату, в м'язах вісцерального походження ускладнюється не лише їх диференціація, але і переміщення точок фіксації. У супрагіодній групі м'язів також відбувається збільшення їх кількості і переміщення точок фіксації з першого зябрового рога на гіодний ріг, тобто з дистальних відділів на проксимальні.

Це в свою чергу сприяє покращенню рухливості рогів і особливо гіодного, тобто з'явився кінетичний тип черепа і їжа проковтується не розділеною.

Для інших (великих) представників властива функція подрібнення їжі на шматки і появляється більш міцний щелеповий апарат, який фіксується до мозкового відділу черепа. З'являється акінетичний тип черепа у крокодила і варана, який зумовлює подрібнення їжі на шматочки.

У рептилій найбільш мінливою частиною під'язикового скелета є гіодний ріг, який може слугувати показником більш вузької спеціалізації скелета під'язикового апарату. Рептиліям властивий значний розвиток передщелепних елементів верхньої і нижньої щелеп. Покривні і заміщуючі кістки фіксують верхню і нижню щелепи до мозкового відділу черепа. Нижні відділи вісцеральних дуг беруть участь в формуванні під'язикового скелета, складові елементи якого надзвичайно мінливі у різних представників рептилій.

Значні зміни спостерігаються в м'язах, і особливо, в групі гіпобранхіальних м'язів. Спостерігається не лише збільшення їх кількості, але і переміщення точок фіксації з першого зябрового рогу на гіодний ріг, чи з дистальних відділів на проксимальні. Це сприяє покращенню рухливості рогів і особливо гіодного. Вісцеральний відділ черепа у рептилій губить дихальний зябровий апарат і спеціалізується як орган травлення. Сама форма і розвиток під'язикового апарату відповідають характеру їжі і її добування. Не лише м'язи, але і скелет під'язикового апарату змінюються. Збільшуються розміри дистального і проксимального відділів гіодного і першого зябрового рогів, при цьому дистальний і проксимальний відділи з'єднуються рухливо за допомогою еластичної

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

мембрани. Обидва роги з'єднуються з тілом за допомогою суглобів, що сприяло більш складній диференціації супрагіоїдної групи м'язів.

Скелет під'язикового апарату ссавців складається із базигіоїда, парного зябрового (тіреогіоїда) та гіоїдного рогів і включений в гіпобранхіальні м'язи. Супрагіоїдний відділ цих м'язів надзвичайно складно поділяється, утворюючи м'язи язика, основним місцем фіксації їх є скелет під'язикового апарату. Скелет має також власні похідні гіоїдної дуги м'язи, які розміщені між окремими його елементами і з'єднують його з оточуючими кістками. До скелета під'язикового апарату прикріплюються м'язи глотки і гортані.

Під'язикова кістка (старий термін) ссавців разом з діючими на неї м'язами гіоїдної дуги і гіпабранхіальними м'язами уявляє собою морфо-функціональний комплекс, який доцільно визначати як під'язиковий апарат, а під'язикову кістку – відповідно скелет під'язикового апарату.

Скелет під'язикового апарату у ссавців відрізняється великим різноманіттям будови. Найбільш варіабельними є будова гіоїдного рогу, що проявляється в більшості члеників, співвідношенні їх розмірів, характером фіксації до мозкового відділу черепа.

Виходячи із особливостей будови скелета під'язикового апарату, у ссавців слід розрізняти 6 морфо-функціональних типів скелета: примітивний, напівжорсткий, напівмобільний, мобільний, «м'язовий» і жорсткий.

Примітивний (рептелійний) тип скелета під'язикового апарату властивий сумчастим і характеризується тим, що гіоїдний ріг складається з двох частин – кісткового кератогіоїда і хрящуватої гілки. Ця форма є вихідною для всіх сучасних ссавців.

Напівжорсткому типу скелета під'язикового апарату властива значна рухливість в межах гіоїдного рогу, в якому поряд з довгим стилегіоїдом між окремими елементами є суглоби чи еластичний хрящ (комахоїдні, олені, порожнисторогі, китоподібні, мозолоногі).

Напівмобільному типу скелета під'язикового апарату властива висока рухливість з'єднань зябрового рога та між члениками гіоїдного рога, що зумовлено суглобами і еластичними зв'язками (зайцеподібні, білкоподібні, тушканчики, ондатри, хоботні, свині).

Мобільний тип скелета під'язикового апарату характеризується надзвичайною рухливістю між всіма елементами скелета, що зумовлено їх величиною і суглобами (хижаки, ластоногі).

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

М'язовий тип скелета під'язикового апарату зумовлений прикріпленням скелета до черепа за допомогою м'язів. Таке рухливе з'єднання спостерігається у тих тварин, у яких добування їжі, її первинна обробка, а часто і подання до ротової порожнини проходить за допомогою грудних кінцівок (примати, піщанки, єгипетський тушканчик, мурчак, нутрії, пацюки, соні, хом'ячки).

Жорсткий тип скелета під'язикового апарату властивий тваринам, у яких рухи між окремими елементами скелета зведені до мінімуму з одночасним вкороченням епігіюда і видовженням стілогіюда. Останній має вигляд пластини, працюючої на вигин. Цей тип скелета властивий непарнокопитним, в раціоні яких переважає груба рослинна їжа, що ретельно обробляється в ротовій порожнині.

М'язи під'язикового апарату представлені у ссавців соматичними і вісцеральними: перші – гіпобранхіальні, другі – м'язи гюїдної і першої зябрової дуг. Гіпобранхіальні м'язи у ссавців, подібно до рептилій, добре розділені на супрагіюдну і інфрагіюдну групи. Ускладнення в будові м'язів супрагіюдної групи пов'язано з розвитком язика і проявляється більш чіткою диференціацією, ніж у рептилій.

Електроміографічні дослідження роботи м'язів засвідчують, що м'язи

під'язикового апарату працюють за принципом синергістів і антагоністів. В останньому випадку обидві анатомічні групи знаходяться в стані збудження, але одна з них працює в режимі устапаючої дії.

Основна роль в рухах скелета під'язикового апарату належить підборідно-під'язиковому м'язу, який виконує функцію заводного механізму при дії на дистальний відділ скелета під'язикового апарату.

Наслідки біохімічного дослідження скелета під'язикового апарату свідчать, що існує тісна кореляція між вмістом мінеральних речовин і міцністю стіогюїда, що важливо для функціонування скелета. Слід зазначити, що цей скелет під'язикового апарату ссавців, елементи якого мають всередині кісткову порожнину, історично появився раніше, ніж кінцівки. Це зумовлено тим, що під'язиковий апарат існував для захоплення їжі, її обробки в ротовій порожнині, коли кінцівок не було.

Те, що скелет під'язикового апарату має трубчасту будову подібно кісткам кінцівок, показує, що принцип оптимальності в біології має місце на ранніх етапах розвитку тваринного світу.

Матеріали досліджень С. К. Рудика друкувалися в найбільш престижних журналах та доповідалися на міжнародних форумах [39,40, 41, 42, 43, 44].

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

Професора С. К. Рудика обрано до Всесвітньої асоціації ветеринарних анатомів (W. A. V. A., 1989) та Європейської асоціації ветеринарних анатомів (E. A. V. A., 1996). Ним підготовлено дев'ять докторів наук (В. Т. Хомич, О. Г. Березкін, М. М. Ільєнко, С. А. Ткачук, В. Ф. Мороз, Х. Т. Кушхов, В. К. Костюк, Т. Ф. Кот, О. П. Мельник) та 22 особи пройшли аспірантуру. Кожен з докторів мав свій науковий напрямок, а відповідно і аспірантів.

Так, Заслужений працівник ветеринарної медицини України, доктор ветеринарних наук, професор В. Т. Хомич працював над темою «Онтогенез лімфатичних судин та

Список використаних джерел

1. Бронислав Александрович Домбровский. Алма-Ата. 1985. 55 с.

2. Рудик Станіслав, Стегней Микола. Б. О. Домбровский – засновник Київської школи ветеринарних морфологів. Київ. 2021. 151 с.

3. Dombrowski B. Zur Biomorphologie der Elefanten. Zeitschr. Anat. Entw.-gesch., 1926. Bd. 78. №3/4. S. 332-338.

4. Dombrowski B. Ein Versuch der Analyse einiger Korrelation. Zeitschr. Anat. Entw.-gesch., 1926. Bd. 69. №3/6. S. 762-780.

5. Dombrowski B. Zur Morphologie und Dynamik der Atmungsmuskulatur der Säugetiere. Zeitschr. Anat. Entw.-gesch., 1926. Bd. 84. №5/6. S.787-794.

6. Dombrowski B. Zur biomorphologie der Säugetiere. Zeitschr. Anat. Entw.-gesch., 1929. Bd. 89. №1/2. S. 156-170.

7. Домбровский Б. До біоморфології слонів. Зап. Київ. Вет.-зоотехн. ін-ту. 1925. Т. 3. С. 100-107.

8. Домбровский Б. А. Этапы в развитии морфологической мысли. Алма-Ата. 1933. 173 с.

органів гемо- і лімфообігу ссавців і птахів» [45].

Відповідно було захищено чотири докторські дисертації (О. М. Клименко, М. М. Куш, Н. В. Дишлюк, Т. А. Мазуркевич) та 12 кандидатських дисертацій [46].

Отже, представниками Київської школи порівняльних анатомів, впродовж 99 років велася наукова тематика, в основі якої знаходилася запропонована Б. О. Домбровським інтегральна анатомія та принципи реципрокності та біоморфологія. Наслідки досліджень науковцями Школи донесені до наукової спільноти світу [47,48, 49, 50, 51].

9. Домбровский Б. А. О реципрокности как принципе функциональных и трофических изменений в организме животного. Тр. Алма-Ат. Зоовет. ин-та. 1955. Т. 8. С. 318-330.

10. Домбровский Б. А. Основные начала синтетической зоологии. Алма-Ата. 1968. 82 с.

11. Домбровский Б. А. Сравнительная морфология животных. Синтетическая зоология. Алма-Ата. 1982. 307 с.

12. Рудик Станіслав. Володимир Григорович Касьяненко. Київ. 2011. 146 с.

13. Kassianenko W. Zur Vergleichenden Anatomie der Mm. intercartilaginei bei den Säugetieren a Zeitschr. Anat. Entw.-gesch., 1928. Bd. 85. №1/28. S. 166-177.

14. Kassianenko W. Costo-abdominale Portionen des M. obliquus abdominis interni bei Otaria stelleri und Canis familiaris. Anat. Anz., 1928. Bd. 66. № 11/13. S. 210-218.

15. Kassianenko W. Zur Morphologie des M. trapezius beim Otaria stelleri. Anat. Anz., 1928. Bd. 66. № 11/13. S. 218-221.

16. Kassianenko W. Vergleichend-anatomische untersuchung der Beatter der

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

Rectusschide bei einigen Säugetiere. Zeitschr. Anat. Entw.-gesch, 1929. Bd. 89. №1/2. S. 171-186.

17. Касьяненко В. Г. Чубарь В. К. Анатомо-хирургическое исследование области холки лошади. Свердловск. 1944. 237 с.

18. Касьяненко В. Г. Успадкування набутих ознак-змін розвитку організмів. Вісник АН УРСР. 1951. №10. С. 97-113.

19. Касьяненко В. Г. Попытка синтеза некоторых внутрисуставных корреляций не примере суставов конечностей парнокопытных. Доклады АН СРСР. 1953. Т.82. №5. С. 60-75.

20. Касьяненко В. Г. Функциональный анализ стопы парнокопытных. Труды Института зоологии АН СРСР. 1953. Т. IX. С. 5-15.

21. Касьяненко В. Г. Частная физиология органов движения млекопитающих как одна из актуальных проблем сравнительной морфологии. Зоологический журнал. 1953. Т. XXXII. Вып. 4. С. 637-649.

22. Касьяненко В. Г. Закономерности приспособительных преобразований суставов конечности млекопитающих. Зоологический журнал. 1956. Т. XXXV. № 3. С. 237-249.

23. Касьяненко В. Г. Некоторые соображения о содержании и задачах функциональной морфологии. Зоологический журнал. 1957. Т. XXXV. № 1. С. 3-17.

24. Kassianenko W. Einije Gedanken zum Inhalt der funktionellen Morfologie. Berlin. Nat. Wissensch. Beitrage. 1957. № 9. P 50-59.

25. Манзій С. Ф., Мороз В. Ф. Морфофункціональний аналіз грудних кінцівок ссавців. Київ. 1980. 178 с.

26. Мажуга П. М., Батюк І. Ф. Остеогенез і імунологічні основи його регуляції. Київ. 1967. 193 с.

27. Рудик Станіслав. Професор Герман Гіммельрейх. Київ. 2020. 148 с.

28. Himmelreich H.A. Zur Anatomie der Schlundwandmuskeln des Pferdes. Anat.-Anz. 1935. Bd. 81. 4/6. S. 105-114.

29. Himmelreich H.A. M. tensor veli palatini der Säugetiere unter Berücksichtigung sciens Aufbaus, seiner function und sciner Entstehungsgeschichte. Anat.-Anz. 1964. Bd. 115. №1. S. 1-31.

30. Himmelreich H.A. M. levator veli palatini des Säugetiers. Gegenbauers morhp. jahrb. 1971. Bd. 116. № 3. S. 377-408.

31. Himmelreich H.A. M. palatopharyngeus der Säugetiere. Gegenbauers morhp. jahrb. 1973. Bd. 119. № 5. S. 172-212.

32. Гиммельрейх Г. А. Шилоглоточный мускул (m. stylopharyngeus) млекопитающих. Зоологический журнал. 1959. Е. 38. С. 596-609.

33. Гиммельрейх Г. А. M. Syndesmopharyngeus в свете эволюции бронхиальной мускулатуры млекопитающих. Архив анат., гистол. и эмбриол. 1962. Т. 43. вып. 11. С. 76-82.

34. Гиммельрейх Г. А. Влияние функции питания на формирование головной кишки позвоночных. Вестник зоологии. 1968. №2. С. 2-15.

35. Гиммельрейх Г. А. Глотка млекопитающих в историческом и функциональном освещении. (Автореферат). Киев. 1960. 37 с.

36. Рудик Станіслав. Життя у ветеринарній медицині. Київ. 2019. 292 с.

37. Рудик Станіслав. Подъязычный аппарат млекопитающих в свете его строения и функции. Київ. 2007. 320 с.

38. Рудик С. К., Рудик К. С. Під'язиковий апарат копитних. Київ. 2006. 136 с.

39. Рудик С. К. Влияние активности дыхания на величину входа в носовую полость у жвачных парнокопытных. Вестник зоологии. 1972. №4. С. 82-85.

40. Рудик С. К. Функциональная обусловленность строения верхнечелюстных костей у жвачных парнокопытных семейства Cervidae и Bovidae. Зоологический журнал. 1973. Т.50. Вып. 3. С. 729-735.

41. Rudik S.K. Wang of study of the Mammalian hyoid apparatus. Annales de la societe Royale Zoologique de Belgiguge. 1989. Vol. 119. sup. 1 P 27-25.

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

42. Рудик С. К., Мороз В. Ф. Изучение биоэлектрической активности мышц подъязычного аппарата у *Capra hircus* L. Доклады АН УССР. 1984. сер. Б. №7. С. 73-76.

43. Рудик С. К., Клыков В. И. Влияние биомеханики скелета подъязычного аппарата на механические свойства его частей. Доклады АН УССР. 1984. сер. Б. № 8. С. 75-77.

44. Рудик С. К. Биоэлектрическая активность мышц подъязычного аппарата у собаки. Доклады Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук. 1986. №6. С. 35-37.

45. Хомич В. Т. Онтогенез миндалин, лимфатического русла глотки и миндалин домашнего быка. Автореферат докторской диссертации. Киев. 1992. 37 с.

46. Хомич В. Т. та інші. Морфологія спинного мозку та спинномозкових вузлів хребетних тварин. Львів. 2013. 296 с.

47. Рудик С. К. Київська школа ветеринарних морфологів. Київ. 1998. 72 с.

48. Рудик Станіслав. Моя Alma mater. Київ. 2010. 336 с.

49. Рудик Станіслав. Завжди перші. Київ. 2021. 229 с.

50. Рудик Станіслав. Гордість української ветеринарії. Київ. 2015. 120 с.

51. Рудик Станіслав. 100-річчя в ланцюжку тисячолітньої ветеринарної освіти у м. Києві. Київ. 2020. 352 с.

References

1. Bronislav Oleksandrovych Dombrows'kyu. (1985) – Alma-Ata.

2. Rudyk Stanislav, Stehney Mykola. (2021) В. О. Dombrovskyi is the founder of the Kyiv School of Veterinary Morphologists. Kyiv.

3. Dombrowski B. (1926). Zur Biomorphologie der Elefanten. *Zeitschr. Anat. Entw.-gesch.*, 78 (3/4), 332-338.

4. Dombrowski B. (1926). Ein Versuch der Analyse einiger Korrelation. *Zeitschr. Anat. Entw.-gesch.*, 69 (3/6), 762-780.

5. Dombrowski B. (1926). Zur Morphologie ta Dynamik der Atmungsmuskulatur der Säugetiere. *Zeitschr. Anat. Entw.-gesch.*, 84(5/6), 787-794.

6. Dombrowski B. (1929). Zur biomorphologie der Säugetiere. *Zeitschr. Anat. Entw.-gesch.*, 89(1/2), 156-170.

7. Dombrows'kyu B. (1925), To the biomorphology of elephants. *App. Kyiv. Vet.-zootexn. Institute*, 3, 100-107.

8. Dombrows'kyu B. A. (1933). Stages in the development of morphological thought, Alma-Ata.

9. Dombrows'kyu B. A. (1955). On reciprocity as a principle of functional and trophic changes in the animal organism. *Tr. Alma-At. Zoovet. in-ta*, 8, 318-330.

10. Dombrows'kyu B. A. (1968). Basic principles of synthetic zoology. Alma-Ata.

11. Dombrovskiy B. A. (1982). Comparative morphology of animals. Synthetic zoology. Alma-Ata.

12. Rudik Stanislav. (2011). Volodimir Grigorovich Kas'yanenko. Kyiv.

13. Kasianenko W. (1928). Zur Vergleichenden Anatomie der Mm. intercartilaginei bei den Säugetieren a *Zeitschr. Anat. Entw.-gesch.*, 85(№1/28), 166-177.

14. Kassianenko W. (1928). Costo-abdominale Portionen des M. obliquus abdominis interni bei Otaria stelleri und Canis familiaris. *Anat. Anz.* 66(11/13), 210-218.

15. Kassianenko W. (1928). Zur Morphologie des M. trapezius beim Otaria stelleri. *Anat. Anz.*, 66(11/13), 218-221.

16. Kassianenko W. (1929), Vergleichend-anatomische untersuchung der Beatter der Rectusschide bei einigen Säugetiere. *Zeitschr. Anat. Entw.-gesch.*, 89 (1/2), 171-186.

17. Kas'yanenko V. G. Chubar' V. K. (1944). Anatomical and surgical study of the horse's withers. Sverdlovsk.

18. Kas'yanenko V. G. (1951). Inheritance of acquired signs-changes in the development of organisms. *Bulletin of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR*, 10, 97-113.

19. Kas'yanenko V. G. (1953). An attempt to synthesize some intra-articular correlations is not the example of artiodactyl limb joints. *Reports of the Academy of Sciences of the SRSR*, 82(5), 60-75.

20. Kas'yanenko V. G. (1953). Functional analysis of the foot of artiodactyls. *Proceedings of the Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the SRSR*. IX, 5-15.

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

21. Kas'yanenko V. G. (1953). Particular physiology of the organs of movement of mammals as one of the urgent problems of comparative morphology. *Zoological journal* Vol. XXXI(4), 637-649.
22. Kas'yanenko V. G. (1956). Patterns of adaptive transformations of limb joints in mammals. *Zoological journal*, – Vol. XXXV(3), 237-249.
23. Kas'yanenko V. G. (1957). Some considerations on the content and tasks of functional morphology. *Zoological journal*, Vol. 1, 3-17.
24. Kassianenko W. (1957) Einije Gedanken zum Inhalt der funktionellen Morfologie. Berlin. Nat. Wissensch. Beitrage. 9, 50-59.
25. Manziy S. F., Moroz V. F. (1980). Morphofunctional analysis of the thoracic limbs of mammals. Kyiv.
26. Mazhuga P. M., Batyuk I. F. (1967). Osteogenesis and immunological bases of its regulation. Kyiv.
27. Rudik Stanislav. (2020). Profesor German Gimmel'reykh. Kyiv.
28. Himmelreich H.A. (1935). Zur Anatomie der Schlundwandmuskeln des Pferdes. *Anat.-Anz.* 81(4/6), 105-114.
29. Himmelreich H.A. (1964). M. tensor veli palatini der Säugetiere unter Berücksichtigung seines Aufbaus, seiner function und seiner Entstehungsgeschichte. *Anat.-Anz.* 115(1), 1-31.
30. Himmelreich H.A. (1971). M. levator veli palatini des Säugetiers. *Gegenbauers morph. Jahrb*, 116(3), 377-408.
31. Himmelreich H.A. (1973). M. palatopharyngeus der Säugetiere. *Gegenbauers morph. Jahrb*, 119(5), 172-212.
32. Gimmel'reykh G. A. (1959). Stylopharyngeal muscle (m. stylopharyngeus) of mammals. *Zoological journal*, 38, 596-609.
33. Gimmel'reykh G. A. (1962). M. Syndesmopharyngeus in light of the evolution of mammalian branchial musculature. *Archive anat., gistol. and embryol.* 43(11), 76-82.
34. Gimmel'reykh G. A. (1968). Influence of nutrition function on the formation of the head intestine of vertebrates. *Bulletin of Zoology*, 2, 2-15.
35. Gimmel'reykh G. A. (1960). The pharynx of mammals in historical and functional illumination. (Abstract).
36. Rudik Stanislav. (2019). Life in veterinary medicine. Kyiv.
37. Rudik Stanislav. (2007). The Hyoid apparatus of mammals in the light of its structure and function. Kyiv.
38. Rudik S. K., Rudik K. S. (2006). Hyoid apparatus of ungulates. Kyiv.
39. Rudik S. K. (1972). Influence of respiratory activity on the size of the entrance to the nasal cavity in ruminant artiodactyls. *Bulletin of Zoology*, 4, 82-85.
40. Rudik S.K. (1973). Functional conditioning of the structure of the maxillary bones in ruminant artiodactyls of the family Cervidae and Bovidae. *Zoological journal*, Vol 50(3), 729-735.
41. Rudik S.K. (1989). Wang of study of the Mammalian hyoid apparatus. *Annales de la societe Royale Zoologique de Belgiguge*, Vol. 119(1), 27-25.
42. Rudik S. K., Moroz V. F. (1984). Study of the bioelectrical activity of the muscles of the hyoid apparatus in *Capra hircus* L. *Reports of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR*, 7(B), 73-76.
43. Rudik S. K., Klykov V. I. (1984). Influence of the biomechanics of the skeleton of the hyoid apparatus on the mechanical properties of its parts. *Reports of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR*. 8(B). – S. 75-77.
44. Rudik S. K. (1986). Bioelectrical activity of the muscles of the hyoid apparatus in a dog. *Reports of the All-Union Academy of Agricultural Sciences*, 6, 35-37.
45. Khomich V. T. (1992). Ontogeny of the tonsils, the lymphatic bed of the pharynx and the tonsils of the domestic bull. *Abstract of a doctoral dissertation*. Kyiv.
46. Khomich V. T. (2013). and other. Morphology of the spinal cord and spinal nodes of vertebrate animals. Lviv.
47. Rudik S. K. (1998). Kyiv School of Veterinary Morphologists. Kyiv.
48. Rudik Stanislav. (2010). My Alma mater. Kyiv.
49. Rudik Stanislav. (2021). Always the first. Kyiv.

Рудик С. К., Стегней М. М., Стегней Ж. Г.

50. Rudik Stanislav. (2015). The pride of Ukrainian veterinary medicine. Kyiv.

51. Rudik Stanislav. (2020). 100th anniversary in the chain of millennial veterinary education in Kyiv. Kyiv.

THE KYIV SCHOOL OF COMPARATIVE MORPHOLOGISTS

S. K. Rudyk, M. M. Stehnei, Zh. G. Stehnei

Abstract. *The article presents information on the scientific activity of individual representatives of Kyiv School of Comparative Morphologists of Ukraine founded by B.O. Dombrovskiy in 1924. Dombrovskiy B.O. together with his students worked on the study of biomorphology issues, that is, the synthesis of ecology and morphology of a single species, which occupies its ecological niche outside of which it cannot exist. Principles of B.O. Dombrovskiy in his scientific research was followed by his student V.G. Kasyanenko, who, along with this, initiated a new scientific direction of research comparative anatomical and functional analysis of the locomotor apparatus. While working as the head of the Department of Evolutionary Morphology of the Zoology Institute the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, he was engaged in the study of biomechanics, that is he studied the structural and biomechanical analysis of the locomotor apparatus of quadrupeds.*

He was especially noted for his scientific activity the representative of the Kyiv School of Comparative Morphologists Professor G. O. Himmelreich, who conducted a wide and detailed morpho-functional study of the pharynx. This gave him the opportunity to create a new idea about the ways of phylogenetic development of the entire main intestine of the digestive apparatus. The study of the hyoid apparatus was conducted by professor S. K. Rudyk, who not only studied its specific features of the structure, but also clarified the history of its development and causal conditioning.

Key words. *The Kyiv School of Comparative Morphologists, department of anatomy, Biomechanical studies, Hyoid apparatus of mammals*

Бровді А. А., Поліщук В. В.

УДК 582.639.11:502.633/635:712.4

**ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ СОРТІВ ТРОЯНД ГРУПИ ФЛОРІБУНДА ДО
ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В УМОВАХ
ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ****А. А. БРОВДІ**, аспірантка, <https://orcid.org/0000-0003-1065-705X>

E-mail: abrovdi@ukr.net

В. В. ПОЛІЩУК, доктор сільськогосподарських наук, професор,<https://orcid.org/0000-0001-8157-7028>

E-mail: valentin7613@gmail.com

Уманський національний університет садівництва[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.015](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.015)

***Анотація.** Досліджено успішність адаптації сортів троянд групи флорібунда в умовах Правобережного Лісостепу України та перспективність їх використання у декоративному садівництві та озелененні за показниками стійкості до впливу факторів навколишнього середовища у відповідних умовах зростання. Результати проведеної оцінки показали високу зимостійкість генотипів в умовах проведення досліджень. Зокрема, сорти Pomponella, Lovely Green, Westpoint, Minerva, Novalis, Goldelse, Rotkappchen, Bella Rosa та Let's Celebrate, ступінь пошкодження низькими температурами яких не призводив до погіршення їх декоративності, визнано високозимостійкими. Зокрема, слід відмітити сорт Pomponella, у якого виявляли лише незначні пошкодження навіть у найбільш несприятливі роки. За показником посухостійкості сорти троянд групи флорібунда показали високі результати з незначними зовнішніми ознаками впливу негативних факторів, які проявлялися у тимчасовому в'яненні листків унаслідок втрати ними тургору, та змінами ритмів росту у результаті впливу відповідних зовнішніх чинників. Стійкість рослин до впливу лімітуючих факторів вплинула на результат проведеної оцінки успішності акліматизації сортів троянд групи флорібунда в умовах Правобережного Лісостепу України. У сортів Pomponella, Westpoint, Minerva, Rotkappchen, Bella Rosa та Let's Celebrate значення акліматизаційного числа було вище 80 балів, з найвищим показником у сорту Pomponella (95 балів), що відповідає повній адаптації і підтверджує їх високу перспективність для декоративного садівництва. У всіх інших сортів акліматизація добра, що робить їх цінним матеріалом для зеленого будівництва в умовах проведення досліджень.*

***Ключові слова:** троянди, флорібунда, зимостійкість, посухостійкість, акліматизація, озеленення*

Актуальність. Інтродукція насадження та елементи озеленення рослин є важливим елементом населених місць. Її успішність поліпшення культурфітоценозів до залежить від ступеня адаптації яких належать садово-паркові рослин до нових умов і дозволяє з

Бровді А. А., Поліщук В. В.

високим ступенем вірогідності спрогнозувати їх подальше впровадження [1]. Успішність адаптації рослин до нових умов зростання, головним чином, залежить від їх реакції на вплив лімітуючих факторів навколишнього середовища, тому оцінювання їх впливу на ріст та розвиток рослин має важливе практичне значення.

Завдяки своєму майже безперервному цвітінню, легкості у вирощуванні та догляді, високій стійкості до біотичних та абіотичних факторів, троянди групи флорібунда користуються величезною популярністю у декоративному садівництві [2, 3]. Саме тому, дослідження їх стійкості в умовах Правобережного Лісостепу України є особливо актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Важливим лімітуючим чинником, який визначає успішність інтродукції рослин, є вплив низьких температур та інших негативних кліматичних факторів у зимовий період. Відповідно, здатність багаторічних рослин пристосовуватися до усього комплексу негативних факторів у холодний період називається зимостійкістю. Зимостійкість рослин характеризується зниженням активності їх фізіологічних процесів та накопиченням у клітинах захисних речовин [4-6].

Не зважаючи на те, що на території України троянди зимують,

переважно, під укриттям, під впливом несприятливих умов рослини зазнають різного ступеня пошкоджень, які, у тому числі, можуть призвести до їх загибелі [25]. Характерною особливістю зимостійких троянд є те, що для розтріскування бруньок їм необхідна більш довготривала дія позитивних температур, що попереджає їх завчасний вихід зі стану спокою у період зимових відлиг [7, 8]. Виявлення ступеню зимостійкості має важливе практичне значення, оскільки дозволить підібрати належну техніку догляду за рослинами, що дозволить запобігти значних пошкоджень декоративних насаджень.

Вода відіграє важливу роль у створенні та підтриманні тургорного тиску рослин від якого залежить форма їх клітин, тканин і органів та зовнішнього вигляду, у цілому. Відповідно, посуха є важливим фактором який істотно впливає на ріст та розвиток рослин і визначає їх декоративність [26]. Враховуючи постійні зміни клімату, які проявляються у підвищенні температурних показників, визначення посухостійкості декоративних рослин є особливо актуальним.

Вивченням посухостійкості різних груп троянд займалося багато науковців [4, 27-29]. Дослідження, зокрема, проводилися як у польових умовах, де визначали фактичну

Бровді А. А., Поліщук В. В.

посухостійкість, оцінюючи загальний стан рослин, так і у лабораторних, за допомогою яких вивчали зв'язок між особливостями анатомічної будови листків та їх посухостійкістю [9, 10]. У результаті досліджень встановлено, що летальний поріг для листків сортів троянд групи флорібунда становить $+50^{\circ}\text{C}$, який вказує на їх високу жаростійкість [8].

Таким чином, досліджуючи стійкість декоративних рослин до факторів впливу в умовах місцезростання можна відібрати найбільш стійкі генотипи, що дозволить отримати високодекоративні насадження упродовж вегетаційного періоду.

Метою дослідження було оцінювання адаптивної здатності сортів троянд групи флорібунда, у тому числі, за рахунок дослідження їх стійкості до впливу факторів навколишнього середовища в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження 20 інтродукованих сортів троянд групи флорібунда в умовах Правобережного Лісостепу України проводили впродовж 2018-2021 рр. на ділянках кафедри садово-паркового господарства Уманського НУС за природніх умов з дотриманням загальноприйнятої агротехніки догляду та вирощування. Повторність досліду шестикратна у кожному варіанті досліду.

За період проведення досліджень (2018-2021 рр.) спостерігали досить мінливі умови у зимовий період. Зима 2018-2019 років, у цілому, була м'якою та відносно теплою з тривалим сніговим покривом. Середньомісячна температура повітря грудня становила мінус 2°C , січня - мінус $4,7^{\circ}\text{C}$. У лютому середня температура повітря була позитивною і становила плюс $0,5^{\circ}\text{C}$, що на $4,7^{\circ}\text{C}$ вище за середнє багаторічне значення. Мінімальні температурні показники було зафіксовано у грудні та січні з відповідними позначками на рівні мінус $14,5^{\circ}\text{C}$ та мінус $17,6^{\circ}\text{C}$. Зима 2019-2020 року була аномально теплою з нестійким сніговим покривом. Середньомісячна температура повітря у всі зимові місяці була позитивною. Мінімальну температуру повітря на рівні мінус $9,9^{\circ}\text{C}$ було зафіксовано у грудні. Навесні 2020 року спостерігали часті заморозки, які призводили до відмирання квіткових бруньок та, подекуди, уже сформованих пагонів та листочків, що негативно вплинуло на ростові процеси рослин. Найбільш морозною була зима 2020-2021 років. Середня температура повітря грудня 2020 року становила 0°C , січня та лютого 2021 – мінус $2,3^{\circ}\text{C}$ та мінус $3,8^{\circ}\text{C}$, відповідно. Мінімальна температура повітря була зафіксована у січні та лютому на рівні мінус $21,0^{\circ}\text{C}$ та $18,5^{\circ}\text{C}$.

Бровді А. А., Поліщук В. В.

Характерним для січня 2021 року було чергування відлиг (до +7°C) з сильними морозами, що досить негативно вплинуло на стан рослин.

У період досліджень відмічали три вегетаційні періоди з дефіцитом опадів у літній період (2018, 2019 та 2020 роки). Зокрема, влітку 2020 року випала найменша кількість опадів, сума яких становила 108,9 мм, що на 124,1 мм менше кліматичної норми. Відсутність опадів та висока температура повітря (до 34°C) впливали на загальний стан рослин та, подекуди, призводили до тимчасового зниження їх декоративності.

Визначення посухостійкості та зимостійкості рослин проводили за допомогою польового методу досліджень відповідно до загальноприйнятої методики [11].

Зимостійкість сортів троянд групи флорібунда визначали з урахуванням наявного ступеню пошкоджень рослин низькими температурами відповідно до методики Лапіна П. І. та Сідневої С. В. [12].

Стійкість сортів до посухи визначали з урахуванням фактичних показників ушкоджень рослин та наслідків впливу посухи на їх подальший розвиток [13].

Оцінювання успішності адаптації сортів троянд групи флорібунда визначали за методом

М. А. Кохна [14], розраховуючи акліматизаційне число за формулою:

$$A = P \cdot v + GP \cdot v + 3M \cdot v + Ps \cdot v$$

де P – показник росту;

GP – показник генеративного розвитку;

$3M$ – показник зимостійкості;

Ps – показник посухостійкості;

v – коефіцієнти вагомості ознаки: для зимостійкості – 10; для генеративного розвитку – 5; для показника посухостійкості – 3; показника росту – 2.

Розраховане акліматизаційне число визначало ступінь акліматизації, де $A=100$ – повна акліматизація; $A=80$ – добра акліматизація; $A=60$ – задовільна; $A=40$ – слабка; $A=20$ – відсутність акліматизації.

Достовірність отриманих результатів досліджень визначено методами статистичного аналізу Microsoft Office Excel 2010 на основі дисперсійного та кореляційного аналізів Б.С. Доспехова [15].

Результати дослідження та їх обговорення. Успішність адаптації сортів групи флорібунда в умовах проведення досліджень визначали розраховавши акліматизаційне число, де найвищий показник – 100, відповідає повній акліматизації. Результати проведеної оцінки вказують на високу успішність акліматизації усіх сортів троянд групи флорібунда (табл. 1).

Бровді А. А., Поліщук В. В.

1. Оцінка успішності адаптації троянд групи флорібунда за шкалою М.А. Кохна, у балах (середнє за 2019-2021 рр.)

Назва сорту	Показник росту, в = 2	Показник генеративного розвитку, в = 5	Зимостійкість, в = 10	Посуhostійкість, в = 3	Акліматизаційне число
<i>Pomponella</i>	5	4	5	5	95
<i>Lovely Green</i>	5	3	4	4	77
<i>Carmagnola</i>	5	4	3	5	75
<i>Arthur Bell</i>	4	3	3	5	68
<i>Lilli Marleen</i>	5	3	3	4	67
<i>Westpoint</i>	5	4	4	5	85
<i>Minerva</i>	4	4	4	4	80
<i>Novalis</i>	5	3	4	4	77
<i>Goldelse</i>	4	3	4	4	75
<i>Rotkappchen</i>	5	4	4	5	85
<i>Friesia</i>	3	4	2	5	61
<i>Lavaglut</i>	4	4	3	5	73
<i>Iceberg</i>	4	4	3	4	70
<i>Santa Monika</i>	4	4	3	5	73
<i>Henri Matisse</i>	4	3	3	4	65
<i>Bella Rosa</i>	5	4	4	5	85
<i>Cream Abundance</i>	4	4	3	5	73
<i>Hans Gonewein</i>	4	4	3	5	73
<i>Let's Celebrate</i>	5	4	4	5	85
<i>Gebruder Grimm</i>	5	4	3	5	75

Відповідно до таблиці, у сортів *Pomponella*, *Westpoint*, *Minerva*, *Rotkappchen*, *Bella Rosa* та *Let's Celebrate* акліматизаційне число має значення вище 80 балів, з найвищим показником у сорту *Pomponella* – 95 балів, що відповідає повній адаптації і підтверджує їх високу перспективність для декоративного садівництва в умовах проведення досліджень. У всіх інших сортів акліматизація добра, що також робить їх цінним матеріалом для ландшафтного озеленення. З-поміж сортів з доброю акліматизацією

найнижчий показник у сорту *Friesia* – 61. Це пов'язано з гіршою стійкістю сорту до впливу низьких температур та дещо пригніченим його ростом в умовах дослідження.

Результати проведеної оцінки адаптації рослин вказують на високу успішність акліматизації усіх сортів троянд групи флорібунда. Значення акліматизаційного числа знаходилося у межах 61-95 балів, що відповідає повній та добрій адаптації і підтверджує їх високу перспективність для декоративного

Бровді А. А., Поліщук В. В.

садівництва в умовах проведення досліджень.

Важливе значення для успішної адаптації рослин в нових умовах місцезростання має їх стійкість до несприятливих кліматичних факторів. У більшості сортів троянд групи флорібунда за період досліджень відмічали, переважно, обмерзання однорічних або багаторічних пагонів, що відповідало чотирьом та трьом балам (табл. 1).

Аналіз оцінювання ступеня пошкодження троянд низькими температурами дозволяє розподілити досліджені сорти на три групи. До першої віднесено сорти з високою зимостійкістю, а саме: *Pomponella*, *Lovely Green*, *Westpoint*, *Minerva*, *Novalis*, *Goldelse*, *Rotkappchen*, *Bella Rosa* та *Let's Celebrate*, ступінь пошкодження яких не призводив до погіршення декоративності рослин. Зокрема, слід відмітити сорт *Pomponella*, який отримав п'ять балів за показником зимостійкості. У даного сорту виявляли лише незначні пошкодження навіть у найбільш несприятливі роки. До другої групи входять сорти *Carmagnola*, *Arthur Bell*, *Lilli Marleen*, *Lavaglut*, *Iceberg*, *Santa Monika*, *Henri Matisse*, *Cream Abundance*, *Hans Gonewein* та *Gebruder Grimm* з середньою стійкістю до впливу низьких температур. У них виявляли пошкодження різного ступеню, зокрема, у найбільш несприятливі роки, спостерігали обмерзання

багаторічних пагонів до рівня снігового покриву. До третьої групи увійшов сорт *Friesia* з слабкою зимостійкістю. У даного сорту спостерігали сильне пошкодження багаторічних пагонів, яке, в окремих випадках, призводило до повного вимерзання надземної частини рослини.

У цілому, результати досліджень вказують на високу зимостійкість більшості сортів троянд групи флорібунда в умовах Правобережного Лісостепу України, що робить їх цінним матеріалом для декоративного садівництва у відповідній зоні вирощування.

Результати візуальної оцінки сортів троянд групи флорібунда у найбільш посушливий період вегетації встановили високий рівень посухостійкості більшості досліджуваних сортів. Посуха, не завдавала явних пошкоджень рослинам більшості сортів. За максимальних температурних показників у денні години, у сортів *Lovely Green*, *Arthur Bell*, *Lilli Marleen*, *Minerva*, *Novalis*, *Goldelse*, *Lavaglut*, *Iceberg* та *Henri Matisse*, спостерігали лише тимчасову втрату тургору, що призводило до в'янення листків, однак, за сприятливих умов він швидко відновлювався.

При встановленні категорії посухостійкості першочергово враховували зміни ритмів розвитку сортів. Особливу увагу приділяли

Бровді А. А., Поліщук В. В.

збільшенню кількостей перерв у цвітінні та їх тривалості, оскільки вони припадали на найбільш посушливий літній період і вказували на стійкість рослин до дефіциту вологи у ґрунті. Упродовж досліджень не виявлено значних змін відповідних ритмів у сортів *Carmagnola*, *Arthur Bell*, *Lavaglut* та *Bella Rosa*. У всіх інших сортів спостерігали негативні зміни у посушливі роки, однак, у наступні після посухи вегетаційні періоди, сорти відновлювали свою продуктивність.

Загальну посухостійкість рослин визначали з урахуванням фактичного стану рослин за прямої дії лімітуючих факторів та їх впливу на подальший розвиток рослин. Таким чином, до високопосухостійких сортів нами віднесено сорт *Carmagnola* та *Bella Rosa*, у яких не виявлено ознак зміни стану рослин. До посухостійких відносимо сорти *Pomponella*, *Arthur Bell*, *Westpoint*, *Rotkappchen*, *Friesia*, *Lavaglut*, *Santa Monika*, *Cream Abundance*, *Hans Gonewein*, *Let's Celebrate* та *Gebruder Grimm*, які мали незначні зовнішні ознаки впливу негативних факторів або зміни ритмів росту у результаті їх впливу. До середньопосухостійких сортів відносимо *Lovely Green*, *Lilli Marleen*, *Minerva*, *Novalis*, *Goldelse*, *Iceberg* та *Henri Matisse*, у яких виявлено незначні зовнішні ознаки пригнічення та часткові зміни ритмів росту.

У цілому, результати проведеної оцінки вказують на високу стійкість сортів троянд групи флорібунда до нестачі вологи та дефіциту опадів, що робить їх цінним матеріалом для декоративного садівництва.

Висновки і перспективи. Результати проведеної оцінки адаптації рослин вказують на високу успішність акліматизації усіх сортів троянд групи флорібунда. Значення акліматизаційного числа знаходилося у межах 61-95 балів, що відповідає повній та добрій адаптації, з найвищим показником у сорту *Pomponella* та найнижчим у сорту *Friesia*. Отримані результати підтверджують високу перспективність генотипів троянд для декоративного садівництва в умовах проведення досліджень.

Встановлено високу зимостійкість більшості сортів троянд групи флорібунда в умовах Правобережного Лісостепу України. Найбільш стійкими до впливу низьких температур виявилися сорти *Pomponella*, *Lovely Green*, *Westpoint*, *Minerva*, *Novalis*, *Goldelse*, *Rotkappchen*, *Bella Rosa* та *Let's Celebrate*. У цих сортів ступінь пошкодження був незначним та не призводив до погіршення декоративності рослин і відповідає чотирьом та п'яти балам. Найбільших пошкоджень за період досліджень зазнавав сорт *Friesia*, який нами віднесено до рослин з слабкою зимостійкістю. Відповідно, він

Бровді А. А., Поліщук В. В.

отримав 2 бали за показником зимостійкості.

Оцінювання сортів троянд групи флорібунда за показником посухостійкості показало високі результати для усіх генотипів (4-5 балів за показником посухостійкості). Найбільш негативним проявом впливу посухи було зниження

тургору рослин у денний період та частковій зміні ритмів їх росту.

Отже, враховуючи показники стійкості сортів троянд групи флорібунда до негативного впливу факторів навколишнього середовища можна зробити висновки про їх цінність та перспективність для використання в декоративному садівництві та озелененні.

Список використаних джерел

1. Копилова Т.В., Рум'янов Ю.О. Підсумки інтродукції представників роду *Ryrcantha* М. Роем. в умовах Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України: *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2021. №1. С. 155–160.

2. Graves H.A., Hoag D.G. Roses: You can grow them in North Dakota. URL: https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/7677/a_118_1956.pdf?sequence=1

3. Зонова В. Розы. Лучшие сорта. URL: <https://play.google.com/books/reader?id=PknUDwAAQBAJ&hl=uk&lr=&printsec=frontcover>

4. Бойко Т. О., Бойко П.М., Січна Ю.М. Зимостійкість та морозостійкість *Albizia julibrissin* Durazz в умовах м. Херсона. Інтродукція рослин. 2017. № 4. С. 63-68.

5. Скляр В.Г. Екологічна фізіологія рослин: підручник. Суми: Університетська книга, 2015. 271 с.

6. Копилова Т.В. Зимостійкість та морозостійкість представників роду *Ryrcantha* М. Роем. в умовах Правобережного Лісостепу України: *Автохтонні та інтродуковані рослини*. 2015. Вип. 11. С. 105-111.

7. Бессчетнова, М.В. Розы: Биологические основы селекции. АН Каз.ССР Центр, ботан. сад. Алма-Ата: Наука, 1975. 203 с.

8. Кафарова О.О. Інтродукція, селекція і біологічні особливості роз групи флорібунда на Абшероне. Баку: «Элм», 2020, 196 с.

9. Васківська С.В. Посухостійкість сортів чайно-гібридних троянд в умовах Правобережного Лісостепу України: *Plant Varieties Studying and protection*. 2021. Т. 17, № 2. С. 99-104.

10. Нужина Н., Ткачук О. Особливості анатомічної будови листків деяких видів роду *Rosa* у зв'язку з їх посухостійкістю. Вісник КНУ ім. Т.Шевченка. Серія Біологія. 2016. № 1(71). С. 16-19.

11. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні: 2-е вид. / за ред. С.О. Ткачика. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2016. 130 с.

12. Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений: *Опыт интродукции древесных растений*. М., 1973. С. 7–67.

13. Кормилицын А. Н., Голубева И. В. Древесные растения арборетума Государственного Никитского ботанического сада. Каталог дендрологических коллекций арборетума Никитского ботанического сада. Ялта: Таврида, 1970. 90 с.

14. Кохно Н.А., Курдюк А.М. Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине. К.: Наук. думка, 1994. 184 с.

15. Доспехов Б.С. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Kopylova T.V., Rumiankov Yu.O. (2021). Pidsumky introduktsii predstavnykiv rodu *Pyracantha* M. Roem. v umovakh Natsionalnogo dendrolohichnogo parku «Sofiivka» NAN Ukrainy [Results of the introduction of representatives of the genus *Pyracantha* M. Roem. in the conditions of the Sofiivka National Dendrological Park of the National Academy of Sciences of Ukraine]. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, 1, 155–160.
2. Graves H.A., Hoag D.G. (1956) *Roses: You can grow them in North Dakota*. Retrieved from https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/7677/a_118_1956.pdf?sequence=1
3. Zonova V. (2021) *Rozyi. Luchshie sorta* [Roses. The best varieties]. Retrieved from <https://play.google.com/books/reader?id=PknUDwAAQBAJ&hl=uk&lr=&printsec=frontcover>
4. Boiko T. O., Boiko P.M., Sichna Yu.M. (2010) Zymostiikist ta morozostiikist *Albizia julibrissin* Durazz v umovakh m. Khersona [Winter hardiness and frost resistance of *Albizia julibrissin* Durazz in the conditions of Kherson]. *Introduktsiia Roslyn*, 4, 63-68.
5. Skliar V.H. (2015) *Ekolohichna fiziologhiia roslyn: pidruchnyk* [Ecological physiology of plants]. Sumy: Universytetska knyha, 271.
6. Kopylova T.V. (2015) Zymostiikist ta morozostiikist predstavnykiv rodu *Pyracantha* M. Roem. v umovakh pravoberezhnogo lisostepu Ukrainy [Winter hardiness and frost resistance of representatives of the genus *Pyracantha* M. Roem. in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine]: *Avtokhtonni ta introdukovani roslyny*, 11, 105-111.
7. Besschetnova M.V. (1975) *Rozyi: Biologicheskie osnovyi selektsii* [Roses: Biological basis of selection]. AN Kaz.SSR Tsent, botan. sad. Alma-Ata: Nauka, 203.
8. Kafarova O.O. (2020) *Introduktsiya, selektsiya i biologicheskie osobennosti roz gruppyi floribunda na Absherone* [Introduction, selection and biological features of the floribunda group on Absheron]. Baku, «Elm», 196.
9. Vaskivska S.V. (2021) *Posukhostiikist sortiv chaino-hibrydnykh troiand v umovakh Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy* [Drought resistance of hybrid tea rose varieties in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]: *Plant Varieties Studying and protection*, 17(2), 99-104.
10. Nuzhyna N., Tkachuk O. (2016) *Osoblyvosti anatomichnoi budovy lystkiv deiakykh vydiv rodu Rosa u zviazku z yikh posukhostiikistiu* [Peculiarities of the anatomical structure of leaves of some species of the genus *Rosa* in connection with their drought resistance]. *Visnyk KNU im. T.Shevchenka. Seriya Biolohiia*, 1(71), 16-19.
11. *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy dekoratyvnykh na vidminnist, odnoridnist i stabilnist* [Methodology for examination of plant varieties of the ornamental group for distinction, homogeneity and stability] (2016). 2-e vyd. za red. S.O. Tkachyha. V.: Nilan LTD, 2, 1130.
12. Lapin P.I., Sidneva S.V. (1973) *Otsenka perspektivnosti introduktsii drevesnyih rasteniy po dannyim vizualnyih nablyudeniy: Opyit introduktsii drevesnyih rasteniy* [Evaluation of the prospects for the introduction of woody plants according to visual observations: Experience in the introduction of woody plants]. M., 7–67.
13. Kormilitsyn A. N., Golubeva I. V. (1970) *Drevesnyie rasteniya arboretuma Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. Katalog dendrologicheskikh kollektсий arboretuma Nikitskogo botanicheskogo sada* [Woody plants of the arboretum of the State Nikitsky Botanical Garden. Catalog of dendrological collections of the Arboretum of the Nikitsky Botanical Garden]. Yalta: Tavrida, 90.
14. Kohno N.A., Kurdyuk A.M. (1994) *Teoreticheskie osnovyi i opyit introduktsii drevesnyih rasteniy v Ukraine* [Theoretical foundations and experience of the introduction of woody plants in Ukraine]. K.: Nauk. Dumka, 184.
15. Dosphehov B.S. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. [Field

Бровді А. А., Поліщук В. В.

experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)] 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat. 351.

EVALUATION OF THE RESISTANCE OF FLORIBUNDA ROSE VARIETIES TO THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE

A. A. Brovdi, V. V. Polishchuk

Abstract. *The success of the adaptation of floribunda rose varieties in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine and the prospects of their use in decorative gardening and greening based on indicators of resistance to the influence of environmental factors in the appropriate growth conditions were investigated. The results of the evaluation showed high winter hardiness of the genotypes in the conditions of the research. In particular, the varieties Pomponella, Lovely Green, Westpoint, Minerva, Novalis, Goldelse, Rotkappchen, Bella Rosa and Let's Celebrate, whose degree of damage by low temperatures did not lead to deterioration of their decorativeness, are recognized as highly winter-resistant. In particular, the Pomponella variety should be noted, which showed only minor damage even in the most unfavorable years. According to the indicator of drought resistance, the roses of the floribunda group showed high results with minor external signs of the influence of negative factors, which were manifested in the temporary wilting of leaves due to their loss of turgor, and changes in growth rhythms as a result of the influence of relevant external factors. The resistance of plants to the influence of limiting factors influenced the result of the assessment of the success of acclimatization of floribunda rose varieties in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. The varieties Pomponella, Westpoint, Minerva, Rotkappchen, Bella Rosa and Let's Celebrate had an acclimatization number above 80 points, with the highest score in the Pomponella variety (95 points), which corresponds to full adaptation and confirms their high potential decorative gardening. All other varieties have good acclimatization, which makes them a valuable material for landscaping in the conditions of research.*

Keywords: *roses, floribunda, winter resistance, drought resistance, acclimatization, landscaping*

ВУГЛЕЦЕДЕПОНУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ У МІСЬКИХ ЛІСАХ КИЄВА**Р. Д. ВАСИЛИШИН¹**, доктор сільськогосподарських наук, професор**М. О. ЛАКИДА¹**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент**Д. І. БІДОЛАХ²**, доктор сільськогосподарських наук, доцент**І. П. ЛАКИДА¹**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент¹*Національний університет біоресурсів і природокористування України*²*ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»*

E-mail: R.Vasylyshyn@nubip.edu.ua, maryna.lakyda@nubip.edu.ua,

dimbid@ukr.net, ivan.lakyda@nubip.edu.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.016](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.016)

***Анотація.** Надано результати оцінювання вуглецедепонувальної здатності соснових насаджень м. Києва як важливої екосистемної функції лісів в умовах урбанізованого середовища. Методичною основою дослідження кількісних показників вуглецедепонувальної здатності міських лісів слугує «напівемпіричний» метод оцінювання річного приросту загальної продукції фітомаси (чистої первинної продукції). Загалом оцінювання вуглецедепонувальної здатності соснових лісів у міських лісах Києва охоплює понад 10 тис. лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю на площі понад 25 тис. га.*

Встановлено, що вуглецедепонувальна здатність соснових лісів Києва становить понад 120 тис. т вуглецю, водночас середня вуглецедепонувальна здатність досліджуваних деревостанів становить 490 г С·(м²)⁻¹·рік⁻¹. Понад 95 % вказаних обсягів вуглецю депонується насадженнями сосни звичайної.

Визначено лісівничі особливості формування вуглецедепонувальної здатності сосняків у насадженнях з різними біометричними характеристиками. Зокрема, майже 30 % депонованого вуглецю припадає на насадження I класу бонітету, а частка насаджень штучного походження становить 67,7 %.

Встановлено вагомий вплив біометричних характеристик насаджень на показники інтенсивності депонування вуглецю досліджуваними насадженнями. Найвищі значення середньої вуглецедепонувальної здатності характерні для насаджень VI та VII класів віку, які характеризуються показниками на рівні 530 та 540 г С·(м²)⁻¹·рік⁻¹ відповідно. Для насаджень I^p класу бонітету характерні значення понад 600 г С·(м²)⁻¹·рік⁻¹, тоді як для насаджень IV класу бонітету досліджуваний показник становить близько 280 г С·(м²)⁻¹·рік⁻¹. Одержані результати є основою для моніторингу екосистемного потенціалу міських лісів Києва.

***Ключові слова:** вуглець, депонування, екосистемні функції, соснові насадження, міські ліси*

Актуальність. Активне впровадження механізмів низьковуглецевого розвитку, наразі розглядається як базовий чинник локалізації проблеми глобальних кліматичних змін. Національні низьковуглецеві ініціативи є важливою складовою формування глобальної мережі адаптивних рішень кліматичної політики для стабілізації кліматичної системи Землі. Нині Україна є визнаним учасником світового кліматичного співтовариства та активно розбудовує національну парадигму низьковуглецевого розвитку [1].

Лісове господарство має не тільки значний потенціал впровадження низьковуглецевих механізмів у практику лісгосподарського виробництва, а й забезпечує відтворення лісів, які слугують надійним резервуаром для довготривалого акумулювання атмосферного вуглецю. Водночас використання виробів з деревини будівельних конструкціях дозволяє пролонгувати згадану здатність до фіксації вуглецю на період 50–70 років [2, 3]. Організація дієвого управління вуглецевою місткістю лісів та зелених насаджень у межах населених пунктів, дозволить забезпечити надійний моніторинг їхньої вуглецедепонуальної здатності та створити передумови для довготривалого прогнозування впливу глобальних кліматичних змін

на стан природних та урбанізованих екосистем [4, 5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Здатність депонувати атмосферний вуглець та тривалий час утримання його сполуки у клітинах рослин, виводить лісові екосистеми на передові позиції у боротьбі з парниковим ефектом. За науковими даними [6, 7], саме у лісових екосистемах акумульовано найбільшу частку вуглецю рослинної біомаси, це близько 440–550 млрд т, з яких у бореальних лісах майже 109 млрд т. Однією з особливостей вуглецедепонуальної функції лісів є значна чутливість до антропогенного впливу, інтенсивність прояву якого викликає значні змінами у потоках вуглецю і як наслідок у структурі газових складових атмосфери [8]. Важливою складовою національного вуглецедепонуального потенціалу слугують також міські ліси та зелені насадження у межах населених пунктів [9], які формують екологічний баланс урбанізованого середовища [10].

Дослідженню вуглецедепонуальної здатності лісових екосистем та зелених насаджень у межах України присвячені наукові роботи дослідників Міжнародного інституту прикладного системного аналізу [11, 12], Національного університету біоресурсів і природокористування України [13, 14] та інших [15, 16]. Дослідники у згаданих наукових

Василишин Р. Д., Лакида М. О., Бідолах Д. І., Лакида І. П.

роботах розкривають методичні підходи для оцінювання вуглецедепонувальної функції лісів, застосування дистанційних технологій та математичного моделювання, а також наводять кількісні оцінки, які слугують науковим базисом для верифікації одержаних нових результатів.

У науковому світовому доробку є велика кількість наукових праць за згаданим напрямом лісівничих досліджень, що вказує на його високу актуальність та виробничу необхідність в умовах глобальних кліматичних змін.

Мета дослідження – встановити кількісні показники та лісівничі особливості формування вуглецедепонувальної здатності сосняків у міських лісах Києва.

Матеріали і методи дослідження. Вуглецедепонувальна знатність лісів тісно корелює з обсягами їх фітомаси та показниками щорічної інтенсивності продукування рослинної органічної речовини. Оцінювання згаданих показників на основі інформації з бази даних ВО «Укрдержліспроєкт», що містить повидільну таксаційну характеристику соснових насаджень (понад 10 тис. лісових ділянок) регіону дослідження (табл. 1) та наявного математичного інструментарію [4], слугувало науковим базисом для встановлення кількісних показників вуглецедепонувальної функції соснових насаджень у міських лісах Києва.

1. Розподіл кількості та площі лісових ділянок соснових насаджень у міських лісах Києва за класами віку

Клас віку	Кількісний показник		Клас віку	Кількісний показник	
	шт.	тис. га		шт.	тис. га
I	223	680,5	VI	2087	3975,5
II	165	569,6	VII	1759	4780,8
III	53	69,1	VIII	1187	3109,6
IV	59	36,5	IX	1552	3866,5
V	385	664,8	X і старше	2883	7873,9
Разом				10353	25626,8

Методика оцінювання вуглецедепонувальної функції лісів базується на поділянковому оцінюванні фітомаси та первинної продукції лісових екосистем за допомогою напівемпіричного методу А. З. Швиденка [4], які у поєднанні з відсотком вмісту вуглецю в одній

тоні абсолютно сухої органічної речовини (0,50 для деревини і 0,45 для деревної зелені і хвої) дають змогу отримати кількісні результати вмісту депонованого у фітомасі вуглецю та обсяги щорічної вуглецедепонувальної здатності [5].

Результати дослідження та їх

Василишин Р. Д., Лакида М. О., Бідолах Д. І., Лакида І. П.

обговорення. У ході виконання дослідження встановлено, що у рослинній біомасі соснових насаджень у межах міських лісів Києва акумульовано понад 3,5 млн т вуглецю (табл. 2), водночас майже

90 % його запасів припадає на фітомасу сосняків. Понад 65 % вказаних обсягів вуглецю акумульовано у рослинній біомасі середньовікових соснових насаджень.

2. Депонований вуглець у рослинній біомасі соснових насаджень міських лісів Києва за групами віку

Група віку	Депонований вуглець у рослинній біомасі, тис. т	
	фітомаси	мортмаси
Молодняки	14,2	4,5
Середньовікові	2226,3	248,1
Пристигли	390,9	38,0
Стигли та перестиглі	661,6	51,7
Разом	3293,0	342,3

Частка рекреаційно-оздоровчих соснових лісів Києва у досліджуваному вуглецевому балансі становить 80 % (табл. 3).

3. Депонований вуглець у рослинній біомасі соснових насаджень міських лісів Києва за категоріями лісів

Категорія лісів залежно від виконуваних ними функцій	Депонований вуглець у рослинній біомасі, тис. т	
	фітомаси	мортмаси
Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення	601,8	65,0
Рекреаційно-оздоровчі ліси	2691,2	277,4
Разом	3293,0	342,3

Для оцінювання потенційних можливостей лісових екосистем у напрямі системної здатності депонувати атмосферний вуглець, більш інформативним показником слугує їхня щорічна вуглецедепонувальна здатність. За результатами дослідження, щорічна вуглецедепонувальна здатність соснових лісів Києва становить понад

120 тис. т вуглецю, водночас її середнє значення знаходиться на рівні $490 \text{ г С} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ (табл. 4). Понад 95 % вказаних обсягів вуглецю депонується насадженнями сосни звичайної.

Вуглецедепонувальна здатність досліджувальних насаджень значно диференційована залежно від їхніх лісівничо-таксаційних характеристик.

Василишин Р. Д., Лакида М. О., Бідолах Д. І., Лакида І. П.

Зокрема встановлено, що для насаджень I^a і вище класів бонітету характерні найвищі середні значення інтенсивності депонування вуглецю – понад 520 г С·(м²)⁻¹, а для насаджень I^b класу бонітету згаданий показник становить понад 600 г С·(м²)⁻¹. За результатами дослідження чітко простежується пряма залежність продуктивності насаджень з їхньою здатністю поглинати вуглець. Так, різниця значень досліджуваного

показника для насаджень I^a та V класів бонітету складає понад 100 %. Загалом, частка насаджень I^a і вище класів бонітету у загальному вуглецедепонувальному потенціалі становить 57,7 %, ще майже 30 % депонованого вуглецю припадає на насадження I класу бонітету. Водночас частка насаджень штучного походження становить 67,7 %, або 86,1 тис. т вуглецю.

4. Вуглецедепонувальна здатність соснових насаджень міських лісів Києва за класами бонітету

Клас бонітету	Щорічна вуглецедепонувальна здатність	
	усього, тис. т	середня, г С·(м ²) ⁻¹
I ^a і вище	73,4	520
I	41,0	447
II	11,4	416
III	1,3	346
IV	0,1	286
V і нижче	0,01	248
Разом	127,2	490

Значний вплив на формування вуглецедепонувальної здатності соснових насаджень міських лісів Києва має їх вікова структура. Встановлено, що найвищі значення досліджуваного показника притаманні для насаджень VI та VII класів віку. Насадження у віці 50–60 років характеризуються здатністю поглинати вуглець на рівні 530 та 540 г С·(м²)⁻¹·рік⁻¹ відповідно (табл. 5).

Для насаджень у віці стиглості характерне сповільнення інтенсивності вуглецедепонування, а перестиглі насадження у період інтенсивного формування відпаду стають джерелом емісії вуглецю забезпечуючи негативний вуглецевий баланс. Загалом середньовікові соснові насадження досліджуваного регіону щорічно забезпечують понад 60 % обсягів депонованого вуглецю.

5. Вуглецедепонувальна здатність соснових насаджень міських лісів Києва за класами віку

Клас віку	Щорічна вуглецедепонувальна здатність	
	усього, тис. т	середня, г С·(м ²) ⁻¹
I	1,4	250
II	1,4	257
III	0,2	331
IV	0,1	408
V	3,3	489
VI	21,7	536
VII	27,1	544
VIII	16,6	511
IX	19,9	499
X і старше	35,4	440
Разом	127,2	490

Типологічна характеристика соснових насаджень також слугує вагомим чинником, який визначає особливості формування їхньої вуглецедепонувальної здатності. Сосняки міських лісів Києва, які

ростуть у свіжих сугрудах та свіжих суборах забезпечують майже 90 % обсягів щорічно депонованого вуглецю, що наглядно простежується з даних, наведений у табл. 6.

6. Вуглецедепонувальна здатність соснових насаджень міських лісів Києва за типами лісорослинних умов

Тип лісорослинних умов	Щорічна вуглецедепонувальна здатність	
	усього, тис. т	середня, г С·(м ²) ⁻¹
A ₁	0,3	335
A ₂	4,7	410
A ₃	0,1	442
B ₁	0,2	398
B ₂	54,3	471
B ₃	2,8	454
B ₄	0,01	428
C ₂	59,7	526
C ₃	4,8	495
D ₂	0,2	488
D ₃	0,003	412
Разом	127,2	490

У згаданих типах лісорослинних умов соснові насадження також описуються високими значеннями середньої вуглецедепонувальної здатності – на рівні 470 та 520 г С·(м²)⁻¹·рік⁻¹.

У межах свіжого гігротопу диференціація вуглецедепонувальної здатності має пряму залежність із родючістю лісорослинних умов. Різниця між значеннями свіжих сугрудів та свіжих борів становить понад 30 %. Загалом, серед гігротопів провідні позиції належать свіжим умовам. Частка їх участі у межах кожного з трофотопів характеризується значною мінливістю – від 75,4 до 92,0 %.

Для порівняння, щорічна вуглецедепонувальна здатність усіх лісових екосистем Києва оцінюється у розмірі 167,4 тис. т, це становить 5 % обсягів вуглецю, який поглинається насадженнями Київської області в цілому. Серед твердолистяних та м'яколистяних найвищою вуглецедепонувальною здатністю характеризуються насадження вегетативного походження, на які припадає 39,1 та 42,4 % у межах відповідних груп. В цілому, у міських лісах Києва близько 57,5 % вуглецю щорічно депонується насадженнями штучного насінневого походження [5].

Одержані результати є основою для моніторингу екосистемного потенціалу міських лісів Києва та

прийняття управлінських рішень щодо їх розширеного відтворення.

Висновки.

1. У рослинній біомасі соснових насаджень у межах міських лісів Києва акумульовано понад 3,5 млн т вуглецю, майже 90 % його запасів якого припадає на фітомасу. Водночас, понад 65 % згаданих обсягів вуглецю акумульовано у рослинній біомасі середньовікових соснових насаджень.

2. Встановлено, що щорічна вуглецедепонувальна здатність соснових лісів Києва становить понад 120 тис. т вуглецю, водночас її середнє значення знаходиться на рівні 490 г С·(м²)⁻¹·рік⁻¹.

3. Найвищі значення середньої вуглецедепонувальної здатності характерні для насаджень I^b класу бонітету – понад 600 г С·(м²)⁻¹. Встановлено чітку пряму залежність продуктивності насаджень з їхньою здатністю поглинати вуглець.

4. Формування вуглецедепонувальної здатності соснових насаджень міських лісів Києва значно залежить від їхньої вікової структури. Так, найвищі значення цього показника зафіксовано для насаджень VI та VII класів віку – на рівні 530 та 540 г С·(м²)⁻¹·рік⁻¹ відповідно.

5. Встановлено, що соснові насадження у свіжих сугрудах та свіжих суборах забезпечують майже 90 % обсягів щорічно депонованого вуглецю. У цих типах лісорослинних

УМОВ ВОНИ ТАКОЖ ОПИСУЮТЬСЯ ВИСОКИМИ ЗНАЧЕННЯМИ СЕРЕДНЬОЇ

Список використаних джерел

1. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. Київ. 2018. 79 с.

2. Ince C., Tayancli S., Derogar S. Recycling waste wood in cement mortars towards the regeneration of sustainable environment. *Construction and Building Materials*. 2021. Vol. 299. ULR: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123891>

3. Sun H., Ji T., Bi H. J., Xu M., Cai L. P., Manzo, M. Synergistic effect of carbon nanotubes and wood-derived carbon scaffold on natural rubber-based high-performance thermally conductive composites. *Composites Science and Technology*. 2021. Vol. 213. ULR: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2021.108963>

4. Shvidenko A. Z., Lakyda P. I., Schepaschenko D. G., Vasylyshyn R. D., Marchuk Yu. M. Carbon, climate and land-use in Ukraine: forest sector. *Korsun-Shevchenkivsky : FOP V. M. Gavryshenko*, 2014. 283 p.

5. Лакида М. О., Василишин Р. Д., Лакида І. П., Мельник О. М. Міські ліси Києва: біопродуктивність та еколого-енергетичний потенціал. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2022. 313 с.

6. Moore T. R. The Carbon Budget of Boreal Forests: Reducing the Uncertainty. *Global Change: Effects on Coniferous Forests and Grasslands*. 1998. Report 56. P. 17–41.

7. Price D. T., Apps M. J. Integration of boreal ecosystem-process models within a prognostic carbon budget model for Canada. *World resource review*. 1993. № 5. P. 15–30.

8. Hua Z. The Influencing Factors of Low-carbon Economy Development of China's Forest Products Industry at Micro Level. *Ekoloji*. 2019. Vol. 28 (107). P. 1573–1581.

9. Cariñanos P., Calaza P., Hiemstra J. The role of Urban and peri-Urban forests in reducing risks and managing disasters. *Unasylva*. 2018. № 69 (1). P. 53–58.

10. Huang K. Urban forests facing climate risks. *Nature Climate Change*. 2022. №

вуглецедепонувальної здатності – на рівні 470 та 520 г С·(м²)⁻¹·рік⁻¹.

12 (10). P. 893–894. ULR: <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01481-8>.

11. Lesiv M., Shvidenko A., Schepaschenko D., See L., Frits S. A spatial assessment of the forest carbon budget for Ukraine. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2019. № 24. P. 985–1006. ULR: <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9795-y>.

12. Turkovska O., Gusti M., Lauri P. Linear optimization of forest management for dynamic recursive model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. № 5/4 (77). P. 12–18.

13. Lakyda P., Shvidenko A., Bilous A., Myroniuk V., Matsala M., Zibtsev S., Schepaschenko D., Holiaka D., Vasylyshyn R., Lakyda I., Diachuk P., Kraxner F. Impact of Disturbances on the Carbon Cycle of Forest Ecosystems in Ukrainian Polissya. *Forests*. 2019. Vol. 10. Iss. 4. ULR: <https://doi.org/10.3390/f10040337>.

14. Василишин Р. Д. Еколого-енергетичний потенціал лісів Українських Карпат та його стале використання. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 305 с.

15. Миклуш С. І. Рівнинні букові ліси України: продуктивність та організація сталого господарства. Львів : ЗУКЦ, 2011. 220 с.

16. Густі М. Математичні моделі процесів емісії та стоку вуглекислого газу в лісовому господарстві та при змінах землекористування. Львів : ПП Сорока Т. Б., 2019. 295 с.

References

1. Low-carbon development strategy of Ukraine until 2050 (2018). Kyiv, 79.

2. Ince, C., Tayancli, S., and Derogar, S. (2021). Recycling waste wood in cement mortars towards the regeneration of sustainable environment. *Construction and Building Materials*, 299. doi:10.1016/j.conbuildmat.2021.123891.

3. Sun, H., Ji, T., Bi, H. J., Xu, M., Cai, L. P., and Manzo, M. (2021). Synergistic effect of carbon nanotubes and wood-derived carbon

scaffold on natural rubber-based high-performance thermally conductive composites. *Composites Science and Technology*, 213. ULR: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2021.108963>

4. Shvidenko, A. Z., Lakyda, P. I., Schepaschenko, D. G., Vasylyshyn, R. D., and Marchuk, Yu. M. (2014). Carbon, climate and land-use in Ukraine: forest sector. *Korsun-Shevchenkivskyi : FOP V. M. Gavryshenko*, 283.

5. Lakyda, M. O., Vasylyshyn, R. D., Lakyda, I. P., and Melnyk, O. M. (2022). Miskilisy Kyeva: bioproduktyvnist ta ekoloho-enerhetychnyy potentsial [Urban forests of Kyiv: bioproductivity and ecological and energy potential]. *Kyiv : TOV «CP «Comprint»*, 313.

6. Moore, T. R. (1998). The Carbon Budget of Boreal Forests: Reducing the Uncertainty. *Global Change: Effects on Coniferous Forests and Grasslands. Report 56*, 17–41.

7. Price, D. T., and Apps, M. J. (1993). Integration of boreal ecosystem-process models within a prognostic carbon budget model for Canada. *World resource review*, 5, 15–30.

8. Hua, Z. (2019). The Influencing Factors of Low-carbon Economy Development of China's Forest Products Industry at Micro Level. *Ekoloji*, 28(107), 1573–1581.

9. Cariñanos, P., Calaza, P., and Hiemstra, J. (2018). The role of Urban and peri-Urban forests in reducing risks and managing disasters. *Unasylva*, 69 (1), 53–58.

10. Huang, K. (2022). Urban forests facing climate risks. *Nature Climate Change*, 12(10), 893–894. doi.org/10.1038/s41558-022-01481-8.

11. Lesiv, M., Shvidenko, A., Schepaschenko, D., See, L., and Frits, S. (2019). A spatial assessment of the forest carbon budget for Ukraine. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24, 985–1006. ULR: <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9795-y>.

12. Turkovska, O., Gusti, M., and Lauri, P. (2015). Linear optimization of forest management for dynamic recursive model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/4 (77), 12–18.

13. Lakyda, P., Shvidenko, A., Bilous, A., Myroniuk, V., Matsala, M., Zibtsev, S., Schepaschenko, D., Holiaka, D., Vasylyshyn, R., Lakyda, I., Diachuk, P., and Kraxner, F. (2019). Impact of Disturbances on the Carbon Cycle of Forest Ecosystems in Ukrainian Polissya. *Forests*, 10(4), ULR: <https://doi.org/10.3390/f10040337>.

14. Vasylyshyn, R. D. (2018). Ecological and energy potential of the forests of the Ukrainian Carpathians and its sustainable use. *Kyiv : TOV «CP «Comprint»*, 305.

15. Myklush, S. I. (2011). Plain beech forests of Ukraine: productivity and organization of sustainable management. *Lviv : ZUKS*, 220.

16. Gusti, M. (2019). Mathematical models of processes of emission and flow of carbon dioxide in forestry and during land use changes. *Lviv : PP Soroka T. B.*, 295.

CARBON SEQUESTRATIVE CAPACITY OF SCOTS PINE STANDS IN URBAN FORESTS OF KYIV CITY

R. D. VASYLYSHYN, M. O. LAKYDA, D. I. BIDOLAKH, I. P. LAKYDA

Abstract. *The results of carbon sequestration capacity assessment of Scots pine stands in urban forests of Kyiv as their important ecosystem function are presented in the article. The methodological basis for the research of quantitative indicators of carbon sequestration capacity of urban forests is formed by the "semi-empirical" method of assessing the annual increase in total live biomass production (net primary production). In general, the assessment of carbon sequestration capacity of Scots pine forests in urban forests of Kyiv covers more than 10 thousand forest plots covered with forest vegetation over an area of more than 25 thousand hectares.*

Василишин Р. Д., Лакида М. О., Бідолах Д. І., Лакида І. П.

It was found that carbon sequestration capacity of Scots pine stands in Kyiv is more than 120 thousand tons of carbon, while the mean carbon sequestration capacity of the studied stands is $490 \text{ g C} \cdot (\text{m}^2)^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$. More than 95 % of these carbon volumes are sequestered by Scots pine stands.

Silvicultural peculiarities of formation of carbon sequestration capacity of Scots pine stands with different biometric characteristics were determined. In particular, almost 30 % of carbon is sequestered by stands of the first site index class, and the share of stands of artificial origin is 67.7 %.

A significant influence of biometric characteristics of stands on the intensity of carbon sequestration by the studied stands was established. The highest values of mean carbon sequestration capacity are typical for stands of VI and VII age classes (530 and $540 \text{ g C} \cdot (\text{m}^2)^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$, respectively). For stands of I^b site index class, values of more than $600 \text{ g C} \cdot (\text{m}^2)^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ are prognosed, while for those of IV site index class the studied indicator is close to $280 \text{ g C} \cdot (\text{m}^2)^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$. The obtained results form a basis for monitoring of ecosystem potential of urban forests of Kyiv.

Keywords: *carbon, sequestration, ecosystems functions, Scots pine stands, urban forests*

ФОРМУВАННЯ МІЖПОРУЧНЕВИХ З'ЄДНАНЬ**З. С. СІРКО**, кандидат технічних наук,**В. К. Д'ЯКОНОВ, С. М. ОХРИМЕНКО, Д. П. ТОРЧИЛЕВСЬКИЙ,****Є. А. СТАРИШ, В. М. ГРИЦУН***Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»*

E-mail: z.sirko@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.017](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.017)

***Анотація.** Стаття присвячена висвітленню питань, пов'язаних із виготовленням міжпоручневих з'єднань (фітингу) із деревини. Акцентується увага на тому, що процес механічного оброблення (різання) як поручнів так фітингу складний, проходить у різних вертикальних площинах і супроводжується похибками в залежності від виду різання. Проведені дослідження під час різання фітингу та поручнів вручну ножівкою та за допомогою торцювального верстата показали, що похибки під час з'єднання (склеювання) фітингу з поручнями існують і вони різняться в залежності від способу різання. Наведені методики розрахунків фітингу з центральним елементом трапецієподібної форми та у вигляді прямокутника, а також методика проведення досліджень. Запропонований спосіб різання у вертикальних площинах фітингу та поручнів та пристрій для здійснення способу. Показано, що після здійснення різання фітингу та поручнів з використанням пристрою зазори в з'єднанні практично відсутні (менше 0,1 мм.). Використання запропонованих технічних рішень дозволить значно підвищити якість з'єднання, дизайн виробу та зручність пересування людини.*

***Ключові слова:** між поручневе з'єднання (фітинг), деревина, різання, зазори, точність, з'єднання*

Постановка проблеми. На етапі будівництва та ремонту дуже важливо замислитися над підбором поручнів. Поручні – це основний захисний елемент, який використовують для безпечного пересування людини. З метою безпеки кожна конструкція проектується згідно технічної нормативної документації, яка регламентує встановлення та використання поручнів.

Кожна людина, яка спускається або піднімається сходами у багатоповерхівці напівсвідомо шукає

рукою поручні, які створюють відчуття комфорту та безпеки. Тому важливо, щоб верхня дерев'яна частина поручнів мала оптимальну висоту, а їх конструкція створювала умови для комфортного пересування.

Під час планування сходів необхідно враховувати не тільки дизайн та зручність, що теж дуже важливо, але й нормативні вимоги, які регламентують конструкцію поручнів.

Із літературних джерел [1-4] відомі різні конструкції з'єднань

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Стариш Є. А., Грицун В. М.

міжповерхових поручнів (фітингу), основні із яких показані на рис. 1:

із рівного числа елементів; з центральним прямокутним

елементом; з парним або непарним числом елементів; з додатковими елементами.



Рис. 1. Профілі поручнів та зовнішній вигляд фітингу.

Також існують різні способи з'єднання (склеювання) елементів під час формування фітингу: по внутрішньому краю; за осью лінією; по зовнішньому краю. Приєднання фітингу до базових поверхонь поручнів може бути безпосереднє або через додаткові елементи.

Аналіз різних способів формування фітингу показав, що існує проблема у точності виконання операцій механічного оброблення заготовок із деревини, що приводить до виникнення зазорів під час приєднання фітингу до базових поверхонь поручнів і, як наслідок, до неякісного з'єднання.

Автори статті пропонують новий спосіб та пристрій для якісного

виконання фітингу, що дозволить підвищити точність оброблення заготовок, якість приєднання фітингу до базових поверхонь поручнів, забезпечити дизайн міжповерхових з'єднань та зручність пересування людини сходами.

Мета роботи – розробити спосіб та пристрій для здійснення точного різку під час формування з'єднань міжповерхових поручнів.

Методика досліджень. Автори запропонували декілька варіантів розрахунків окремих елементів, із яких формують фітинг (рис. 2, 3), за умови що площини, у яких знаходяться перила, повинні бути паралельними, а самі вони знаходяться у встановленому та закріпленому положенні.

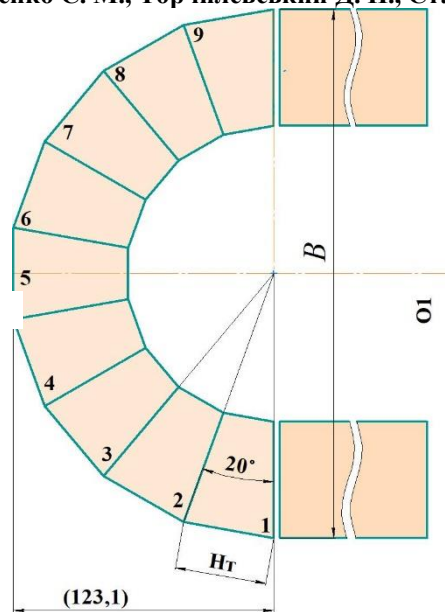


Рис. 2. Фітинг, стиль Т

Для будинків з невеликими об'ємами робіт доцільно застосовувати фітинги стилю Т.

Всі елементи, у тому числі і центральний елемент (№5), мають трапецієвидну форму та однакові геометричні розміри.

Довжину сторони H_T правильного багатокутника розраховують за формулою

$$H_T = B \cdot \sin(\beta / 2)$$

$$\beta = 180^\circ / n$$

де, n - число елементів, шт.

Наводимо приклад розрахунку розмірів елементів фітингу.

До початку робіт повинні бути відомі значення наступних параметрів:

- ширина перила (наприклад 60 мм);
- відстань між перилами зовнішня (наприклад 320 мм).

Задаємося числом елементарних трапецій, із яких після склеювання буде складатися фітинг. Наприклад 9

штук елементарних трапецій. Тоді фітинг буде складатися із 4 лівих, центральної і 4 правих трапецій. При цьому трапеції будуть рівнобедреними.

Сумарний кут фітингу повинен складати 180° . Таким чином, кут клину кожної трапеції складає:

$$\beta = 180^\circ / 9 = 20^\circ$$

Центр кривизни фітингу знаходиться на середині між периловою відстані. Розмір нижньої великої основи трапеції визначають:

$$H_T = 320 \cdot \sin(20^\circ / 2) = 55,56 \text{ мм}$$

Ширина фітингу стилю Т рівна радіус закруглення, тобто

$$R = B / 2$$

Для будинків з необмеженими об'ємами робіт доцільно застосовувати фітинги стилю П. Якщо фітинг стилю Т є неподільною конструкцією, то фітинг стилю П завжди складається із трьох частин: ліве та праве заокруглення та

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Стариш Є. А., Грицун В. М.

центрального елемента прямокутної форми. Заокруглення являють собою взаємне дзеркальне відображення елементів. Вони рівні між собою. Число елементів, із яких складається заокруглення, може бути від 2 до 9 штук. Точна їх кількість визначається із естетичних міркувань та можливостей торцювального верстата.

Факт, що у фітинга стиль П із трьох складових частин дві однакові, має велику практичну цінність. Якщо, наприклад, необхідно виготовити та встановити фітинги стилю П для

півсотні сходових кліток, тоді роботу можна організувати наступним чином. Ліві та праві заокруглення виготовляються в майстерні (вони всі однакові). А в будівлі, де виконуються роботи, після необхідних вимірів поручень торцюється у розмір, і тим самим виготовляється центральний елемент та монтується в конструкцію фітингу. Таке виготовлення виключає брак та відходи. Просто та зручно.

Схема фітингу наведена на рис. 4.

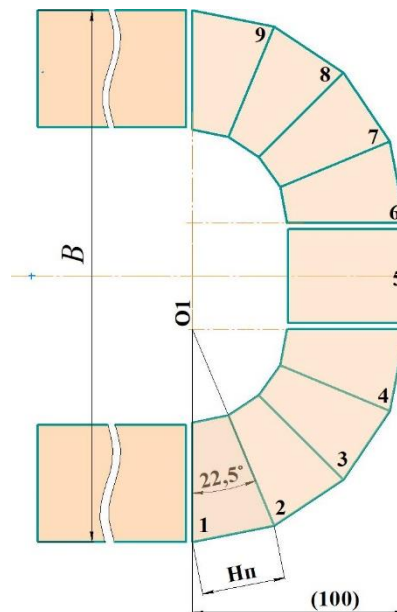


Рис. 3. Фітинг, стиль П

Центральний кут, який утворюють склеєні елементи, повинен бути 90° . Довжина та ширина (габарити) рівні заокругленню R . Кут та радіус – це постійні параметри фітингу.

Розміри елементів фітингу.

Довжина центрального елемента встановлюється із конструктивних міркувань та позначається P (мм).

Радіус заокруглення для центрального кута 90° визначається

$$R = (B - P) / 2$$

Довжину елемента визначають за формулою

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Охріменко С. М., Торчиловський Д. П., Стариш Є. А., Грицун В. М.

$$H_{II} = (B - P) \cdot \sin(\beta / 2)$$

Наприклад, якщо довжина центрального елемента складає 50 мм, а заокруглення 90° утворено із 4 елементів, тоді

$$\beta = 90 / 4 = 22,5^\circ,$$

а довжина великої основи трапеції, що формує заокруглення, мм:

$$H_{II} = (320 - 50) \cdot \sin(22,5 / 2) = 52,67$$

Необхідно відмітити наступне. В будь-якій рівнобедреній трапеції, до якої відносяться елементи заокруглення, висота завжди коротше

довжини сторони. Наприклад, якщо ширина поручня буде 60 мм, то під час розпилування його під кутом 10° отримаємо пропил довжиною 60,9 мм., тобто, відбулося подовження на 1,5%. В залежності від ширини поручня та кута нахилу пропил завжди буде довше ширини, як гіпотенуза завжди довше катета. Ці властивості завжди необхідно враховувати, так як надлишки довжин необхідно буде видаляти шліфуванням.

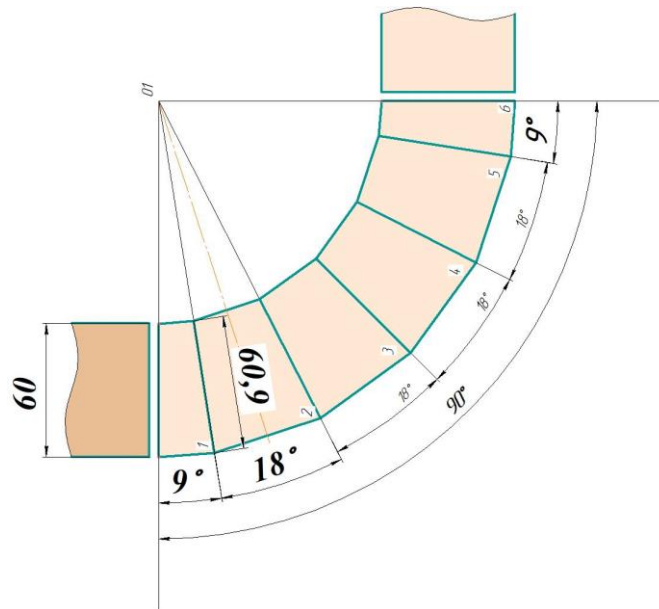


Рис. 4. Фінгінг, фрагмент стилю П

Зменшити надлишки можна шляхом застосування елементів із зменшеним кутом між сторонами трапеції. На рис. 4 показано заокруглення, у якого крайні елементи мають вдвічі менший кут між сторонами. Це заокруглення можна виконати із 5 елементів, по 18° кожний. Але, з метою зменшення різниці в довжині пропилю, число

елементів збільшено до 6 штук, при цьому крайні елементи мають вдвічі менший кут. Це трохи ускладнює конструкцію заокруглення, але дозволяє різко знизити об'єми шліфувальних та підгоночних робіт під час монтажу фінгінгу.

Фінгінг, що складається із послідовно з'єднаних між собою елементів, (стиль Т) вимагає високої

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Стариш Є. А., Грицун В. М.

точності виготовлення кожного елемента, так як похибки під час виготовлення окремого елемента сумуються.

Наприклад, якщо центральний кут окремого елемента виготовити із відхиленням в половину ціни поділки шкали торцювального верстата, це приблизно $0,5^\circ$, то під час виготовлення фітингу із 9 елементів сумарний кут розкриття фітингу зміниться на $\pm 4,5^\circ$, тобто інтервал коливань складає 9° . При цьому розкриття фітингу може складати від $175,5^\circ$ до $184,5^\circ$. Таким чином, помилка в $0,5^\circ$ під час налаштування верстата збільшується в 9 раз і впливає в помилку $4,5^\circ$ у виробі.

Якщо під час налаштування лінійного розміру довжини нижньої основи трапеції допустити похибку рівну половині ціни поділки шкали верстата, то у підсумку буде отримано подовження або скорочення діаметрального розміру фітингу. Наприклад, під час збільшення розміру на $0,5$ мм

діаметрального розміру збільшиться до $\approx 322,5$ мм. Під час зменшення розміру на таку ж величину діаметр зменшиться до $\approx 316,7$ мм. Тобто, помилка в половину міліметра під час налаштування верстата збільшиться не менше, ніж в ± 5 разів.

Спільні помилки ще більше міняють розмір фітингу. Враховуючи, що розмір діаметру являє собою приєднувальний розмір, він повинен бути виготовлений точно з мінімальними відхиленнями. Коректування розмірів після виготовлення неможливе.

На рис. 5 представлені фітинги обох видів. У кожному по 9 елементів. Видно, що фітинг стилю П має меншу глибину профілю. Чим більша довжина прямокутного елемента № 5, тим менше глибина профілю. Таким чином, у фітингу стилю П глибиною профілю можна керувати. Стиль Т не має можливості змінювати глибину профілю. За рівності довжин центральних елементів у обох стилів глибина профілю буде однаковою.

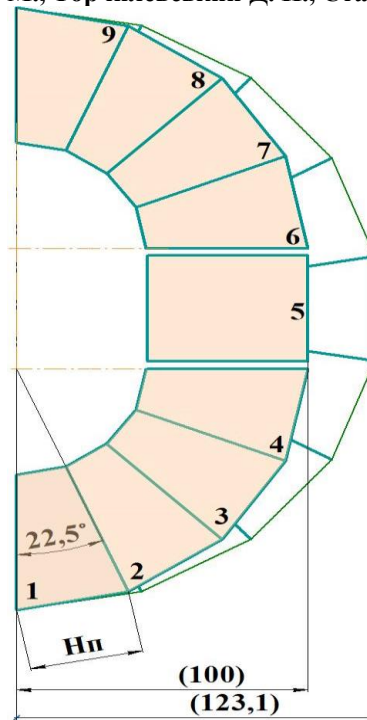


Рис. 5. Порівняння розмірів фітингів стилів Т і П

Властивості, що перераховані вище, для фітингу обох типів можна реалізувати тільки у тому випадку, коли точки фітингу будуть співпадати з аналогічними точками поручнів та будуть знаходитися у точно заданих горизонтальній та вертикальній площинах. Ця вимога не є строгою в математичному розумінні. Тому воно може бути простими способами реалізовано на практиці

Сам фітинг повинен розташовуватися у площині, паралельній підлозі сходової клітки, тобто у горизонтальній площині.

Для визначення точного розташування фітинга необхідно визначити лінію перетину горизонтальною площиною поверхонь поручнів. Ця лінія є дотичною до криволінійних поверхонь поручнів. У вертикальній

площині, яка проходить через цю лінію, необхідно зробити пропили одночасно і верхнього та низхідного поручнів, стінки якого будуть являтися базовими, приєднувальними поверхнями для монтажу фітинга. Ці поверхні показані на рис. 6, позиції 1 та 2. Лінія 3 є єдиною для поручнів, що задовольняє вимозі горизонтальності. Тому відхилення у виконанні пропили від цієї лінії або не дотримання вимоги вертикальності призведуть до неможливості монтажу фітинга без проміжків.

Реальне перебування положення лінії 3 є непростю практичною задачею. Для виконання пропилів встановлених та закріплених поручнів у заданому напрямку не існує стандартних верстатів, пристосувань або механізмів, тому

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Стариш Є. А., Грицун В. М.
виконувати їх доводиться працівнику
вручну на основі власного досвіду та
навиків.

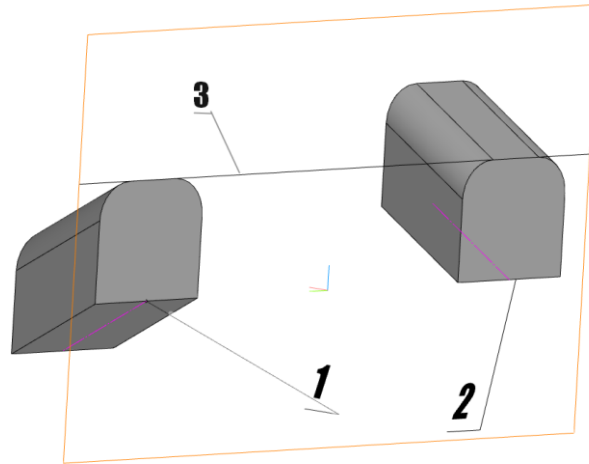


Рис. 6. Базова площина розпилювання: 1 – низхідний поручень; 2 – верххідний поручень; 3 – горизонтальна лінія

Для усунення вказаних недоліків авторами статті запропонований спосіб різ у вертикальних площинах фітингу та поручнів [4] та пристрій для здійснення способу [5].

Загальний вигляд пристрою показаний на рис. 7

Пристрій складається із поворотної петлі 1, що з'єднана з одного боку із базовою поверхнею 2 та з іншого боку із щитом 6, нитки 5 із вантажем 3, що закріплена у верхній частині щита 6, штриха 4, скошеної крайки 7 у нижній частині щита 6.

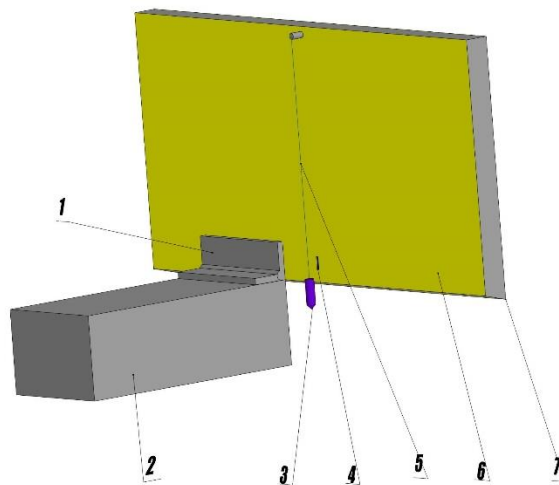


Рис. 7 Загальний вигляд пристрою для здійснення різ у міжповерхових поручнів у заданих площинах

Сірко З. С., Д'яконов В. К., Охріменко С. М., Торчиловський Д. П., Стариш Є. А., Грицун В. М.

Попередньо на горизонтальній поверхні встановлюють пристрій та переконуються, що нитка 5 і штрих 4 співпадають. Далі. Базовою поверхнею 2 пристрій притискають до бокової поверхні низхідного поручня, а скошену крайку 7 притискають до верхньої поверхні поручня. Повертають щит 6 в петлі 1 та фіксують її в момент, коли нитка 5 з вантажем 3 стане паралельно щиту 6. В такому положенні переміщують пристрій вздовж поручня вниз до тих пір, поки скошена крайка 7 не торкнеться іншого поручня, який іде вверх. Рух сповільнюють і зупиняють, коли нитка 5 співпаде із штрихом 4. Пристрій фіксують на поручнях будь-яким способом

У такому положенні скошена крайка 7 збігається з горизонтальною дотичною до профілів поручнів, а щит 6 займає вертикальне положення. Притискаючи ножівку до щита, здійснюємо перерізання поручнів.

Для здійснення різ у вертикальній площині поручнів використовували ножівку, зуби якої зміцнені електроіскровим легуванням.

Настільний торцювальний верстат [3]. з дисковою пилкою Ø300 мм із зубами твердого сплаву. Матеріал поручнів та фітингу – деревина дуба. Для вимірювання зазорів використовували щупи із сталевими пелюстками (Польща) з діапазоном вимірювання 0,05 – 1,0 мм.

Результати досліджень. Якість з'єднання фітингу з поручнями оцінювали величиною зазорів, які можливі внаслідок неточного різ у вертикальних площинах.

Різи здійснювали вручну за допомогою ножівки за лініями, які відмічали з використанням виска. Формували з'єднання (п'ять з'єднань) фітингу з поручнями, вимірювали зазори, значення яких занесені в табл. 1.

1. Величини зазорів з'єднання фітингу з поручнями під час виконання різ у за допомогою ножівки.

Номер зразка з'єднання	Величина зазору, мм
1	0,2
2	0,3
3	0,2
4	0,4
5	0,2

Такі ж вимірювання проводили під час різ у за допомогою

торцювального верстата. Дані вимірювань наведені в табл. 2.

2. Величини зазорів з'єднання фітингу з поручнями під час виконання різь за допомогою торцювального верстата.

Номер зразка з'єднання	Величина зазору, мм
1	0,1
2	0,1
3	0,2
4	0,3
5	0,1

Після здійснення різь з використанням пристрою зазори в з'єднанні фітингу та поручнів практично відсутні (менше 0,1 мм).

Висновки.

1. Проведений аналіз з'єднань міжповерхових поручнів. Показано, що від якості з'єднання залежить дизайн виробу та зручність пересування людини.

2. Показані властивості та сфери застосування фітингів стилю Т та стилю П.

3. Проведені дослідження різь фітингу та поручнів у вертикальних

Список використаних джерел

1. Облаштування поручнів на сходах в багатоквартирному будинку. URL:<https://brightadvise.com/questions/1292>. 2017. (дата звернення 14.02.2023).

2. Облаштування сходів у приватному будинку. URL:<https://woodluxury.com.ua/articles/30-oblashtuvannja-shodiv-u-privatnomu-budinku>. 2018. ((дата звернення 14.02.2023).

3 Державні будівельні норми України. Будинки і споруди. Інклюзивність будівель і споруд. ДБН В.2.2-40:2018, м. Київ, Міністерство регіонального розвитку,

площинах за допомогою ножівки вручну та з використанням торцювального верстата. Зазначено, що використання наведених способів приводить до появи зазорів у з'єднаннях, що знижує якість виробу в цілому.

4. Запропонований спосіб різь у вертикальній площині поручнів та пристрій для здійснення способу.

5. Показано, що під час використання пристрою зазори в з'єднанні практично відсутні (менше 0,1 мм).

будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018.

4. Д'яконов В.К., Сірко З.С., винахідники. Спосіб виготовлення профільних з'єднань міжповерхових поручнів. Заявка на Український патент, № u2022 02024, 2022.

5. Д'яконов В.К., Сірко З.С., винахідники. Пристрій для здійснення різь міжповерхових поручнів у заданих площинах. Заявка на Український патент, № u2022 02479, 2022.

References

1. Oblishtuvannya poruchniv na shkodakh v bagatokvartyrnomu budynku.

- Сірко З. С., Д'яконов В. К., Охріменко С. М., Торчильєвський Д. П., Стариш Є. А., Грицун В. М.
 URL: <https://brightadvice.com/questions/1292>.
 2017. (data zvernenya 14.02.2023).
2. Oblishtuvannya skhodiv u pryvatnomu budynku.
 URL: <https://woodluxury.com.ua/articles/30-oblashtuvannja-shodiv-u-privatnomu-budinku>.2018. ((data zvernenya 14.02.2023).
3. Derzhavni budyvelni normy Ukrainy. Budynky I sporudy. Inkluzyvnist budivel I sporud. DBN B.2.2-40:2018, m. Kyiv, Ministerstvo regionalnogo rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnogo gospodarstva Ukrainy, 2018.
4. Dyakonov V.K., Sirko Z.S., vynachidnyki. Sposib vygotovlenya profilnykh zyednan mizhpoverkhovykh poruchniv. Zayavka na Ukrainskii patent, № u2022 02024, 2022.
5. Dyakonov V.K., Sirko Z.S., vynachidnyki. Prystrii dlya zdiisnennya rizu mizhpoverkhovykh poruchniv u zadanykh ploshchynakh. Zayavka na Ukrainskii patent, № u2022 02479, 2022.

FORMATION BETWEEN BARREL CONNECTIONS

Z. Sirko, V. D'yakonov, S. Okhrimenko, D. Torchilevskiy, E. Starysh,
 V. Hrytsun

Abstract. *The article is devoted to the coverage of issues related to the manufacture of handrail joints (fittings) from wood. Attention is focused on the fact that the process of mechanical processing (cutting) of both handrails and fittings is complex, takes place in different vertical planes and is accompanied by errors depending on the type of cutting. Conducted research while cutting the fitting and handrails by hand with a hacksaw and with the help of a miter saw showed that errors during the connection (gluing) of the fitting with the handrails exist and they differ depending on the cutting method. The purpose of the work is to develop a method and a device for making precise cuts in different vertical planes during the formation of inter-floor handrail joints. Methods of fitting calculations with a trapezoidal and rectangular central element are given, as well as research methods. In particular, mathematical dependencies for calculating elements of fittings of various styles are given. The angular and linear parameters of the fitting elements are shown depending on the distance between the handrails. The proposed method of cutting in the vertical planes of the fitting and handrails and the device for implementing the method. It is shown that after cutting the fitting and handrails using the device, there are practically no gaps in the connection (less than 0.1 mm). The conducted studies showed that there are no standard machines, devices or mechanisms for cutting installed and fixed handrails in a given direction. Therefore, the proposed method of cutting in the vertical planes of the fitting and handrails and the device for implementing the method significantly improved the quality of the connection between the fitting and handrails. The use of the proposed technical solutions will significantly improve the quality of the connection, the design of the product and the convenience of human movement.*

Key words: *between handrail connection (fitting), wood, cutting, clearances, accuracy, and connection*

УДК 631.372

**СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
ГІДРОПРИВОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН****Д. О. ЛЯШЕНКО**, аспірант, <https://orcid.org/0000-0002-4180-9629>Email: lyashenkodmtr@gmail.com**П. Т. МЕЛЬЯНЦОВ**, кандидат технічних наук, доцент<https://orcid.org/0000-0001-5937-4021>Email: melyantsov.petr@gmail.com*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.018](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.018)

***Анотація.** Підвищення технічної складності гідравлічних систем сучасних сільськогосподарських машин обумовлює низький рівень їх ремонтпридатності в умовах вітчизняного агропромислового комплексу. Для уникнення непередбачених фінансових витрат, що пов'язані з простоем техніки внаслідок аварійних відмов їх гідроприводів, виникає потреба у завчасному виявленні передумов втрати їх працездатності застосуванням ефективних методів та засобів контролю технічного стану в умовах експлуатації машин. Метою статті було проведення аналізу застосовності методів контролю технічного стану гідроприводів сільськогосподарських машин і обґрунтування перспектив їх удосконалення, відповідно до рівня розвитку сучасних інформаційних технологій і умов матеріально-технічної бази вітчизняного агропромислового комплексу. Для досягнення поставленої мети було проведено структурно-логічний і порівняльний аналіз матеріалів періодичних видань та електронних джерел інформації за релевантною тематикою. У статті розглядаються відомі методи діагностування гідроприводів і тенденції поліпшення засобів контролю технічного стану за рахунок інформаційних технологій. За результатами дослідження було показано, що методи групи неруйнівного контролю в умовах слабкої матеріально-технічної бази є найбільш застосовними. Серед діючих способів направлених на поліпшення процесу контролю технічного стану сільськогосподарських машин відомі системи віддаленої діагностики, які поєднують у собі зчитування діагностичних параметрів і їх віддалену обробку на електронно-обчислювальних машинах. На сьогоднішній день активно розвиваються штучні нейронні мережі, які знаходять своє поширення у контролі технічного стану гідроприводів і можуть значно підвищити загальний рівень планово-попереджувальної системи технічного обслуговування.*

***Ключові слова:** сільськогосподарська техніка, гідравлічна система, інформаційні технології, технічний стан, діагностика, штучні нейронні мережі*

Актуальність. Розвиток долю гідрофікації робочого сучасного сільськогосподарського обладнання, що особливо вагомо машинобудування передбачає значну відображається на конструктивних

Ляшенко Д. О., Мельянцов П. Т.

особливостях зернозбиральних комбайнів. Проте безпечна та ефективна експлуатація машин, в тому числі і їх гідравлічних систем (ГС), забезпечується не тільки технологічністю обладнання, але і дотриманням регламенту системи технічного обслуговування і ремонту (ТОР).

Виявлений стан машинного парку агропромислового комплексу (АПК) [1] і відсутність офіційних представництв з ремонту гідроприводів, якими оснащується сучасна сільськогосподарська техніка не дає змоги своєчасно керувати їх станом, що наділяє контрольно-діагностичні заходи ключовою роллю у оперативному реагуванні на передумови відмов ГС.

Наявна класифікація методів діагностування ГС [2], представляє собою розгалужену структуру, проте спроба реалізації більшості елементів цієї структури є ускладненою через невідповідність стану ремонтно-обслуговуючої бази АПК до неперервно зростаючої технологічної складності гідромашин.

Однією з ознак підвищення технологічної складності ГС є застосування електронних систем [3], робота яких контролюється відповідним програмним забезпеченням, що висуває нові вимоги до засобів контролю технічного стану. Крім того, істотний вклад у зростання вимог до методів та засобів діагностування ГС вносить

потреба дотримання вимог екологічності і безпеки експлуатації ГС. Сільськогосподарські машини, які оснащені гідравлічними приводами повинні відповідати стандартам безпеки для людини і оточуючого середовища [4], що необхідно враховувати при збільшенні періодичності контрольно-діагностичних заходів.

Останні напрацювання в галузі діагностики ГС вказують на те, що конструкція засобів контролю технічного стану також зазнала змін на користь електросхем [5]. Застосування електронних приладів створює умови для передачі діагностичних параметрів технічного стану об'єкта дослідження і їх збереження на носіях інформації для подальшої обробки за допомогою електронно-обчислювальних машин (ЕОМ). В свою чергу, застосування ЕОМ дозволяє значно розширити можливості діагностичних систем шляхом аналізу отриманих даних і синтезом рішень, тобто вирішення проблем планово-попереджувальної системи ГС.

Такий стан справ обумовлює необхідність у перегляді актуальності поточної системи контролю технічного стану ГС сільськогосподарських машин і обґрунтування перспектив її розвитку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз робіт присвячених методам діагностування

Ляшенко Д. О., Мельянцов П. Т.

гідроприводів показав, що найбільш повно дане питання розкривається у роботі [2]. Після систематизації

методів було побудовано їх оптимальну структуру, яку представлено на рис. 1.

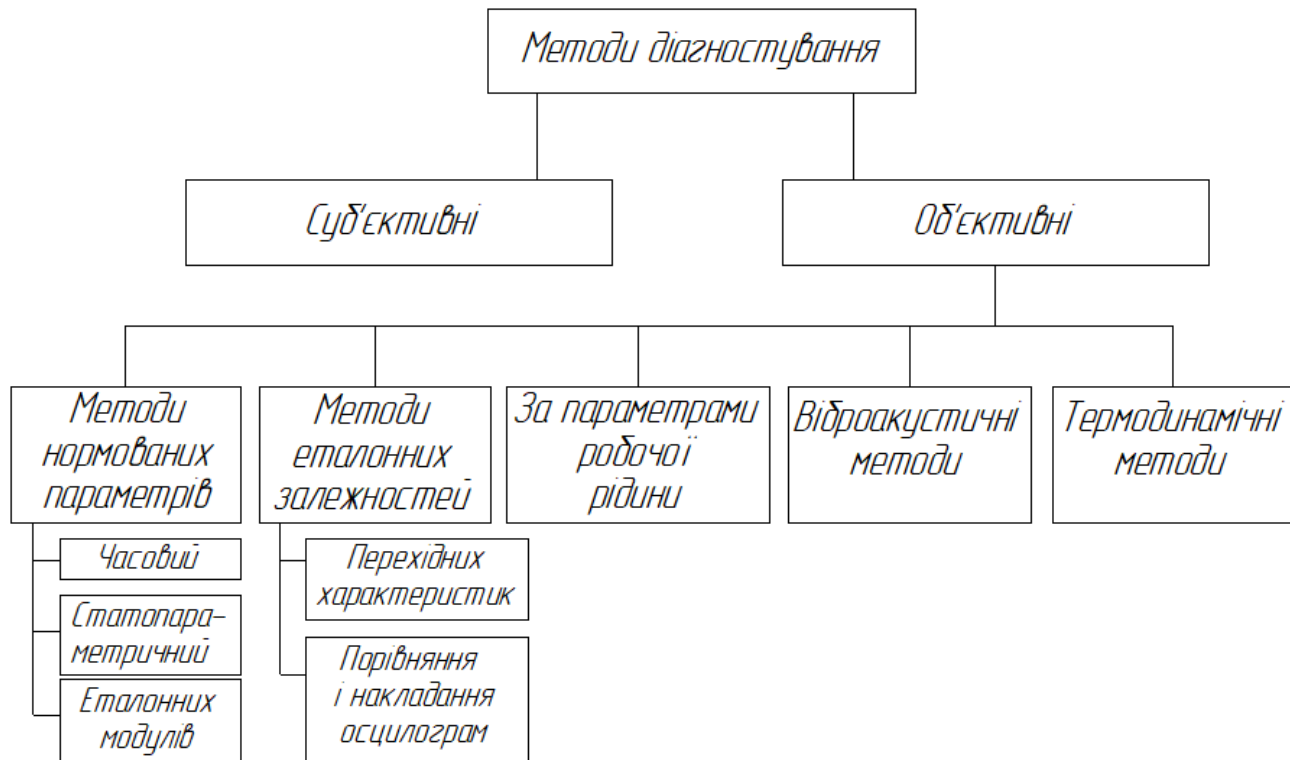


Рис. 1. Класифікація методів діагностування гідроприводів

Актуальність і застосовність методів визначається умовами ремонтно-обслуговуючої бази і кваліфікації робочого персоналу [6], що згідно до оснащеності виробничих і офіційних ремонтно-обслуговуючих підприємств України потребує універсальних і доступних методів, які забезпечать достатні умови для здійснення контролю технічного стану машин при задовільному рівні їх точності [7]. Спираючись на досвід передових виробників сільськогосподарської техніки, поліпшення якості діагностування гідромашин проводиться за рахунок удосконалення засобів контролю

технічного стану. Виробниками техніки активно поширюються системи віддаленої діагностики [8], що ґрунтуються на автоматизації процесів засобами інформаційних технологій (ІТ) та ЕОМ. Сучасні тренди в галузі ІТ вказують на стрімке поширення штучних нейронних мереж (ШНМ) у вирішенні задач різних сфер діяльності людини [9], в тому числі і діагностики несправностей гідроприводів [10-12].

Мета дослідження. Метою даної статті є проведення аналізу застосовності методів контролю технічного стану гідроприводів

Ляшенко Д. О., Мельянцов П. Т.

сільськогосподарських машин і обґрунтування перспектив їх удосконалення, відповідно до рівня розвитку сучасних ІТ і умов матеріально-технічної бази українського АПК.

Матеріали і методи дослідження.

Проведене дослідження ґрунтується на патентно-інформаційному пошуку серед сучасних вітчизняних та міжнародних джерел інформації за поточною тематикою – навчальних посібників, матеріалів періодичних видань, мережевих інформаційних ресурсів і нормативно-правових документів, які опрацьовано методами структурно-логічного і порівняльного аналізу, результати якого систематизовано у схематичному та текстовому виді.

Результати дослідження та їх обговорення. В результаті аналізу фундаментальної структури методів та засобів діагностування як складової комплексу планово-попереджувальної системи контролю технічного стану гідроприводів, що описана у роботі [2], було наведено порівняльну характеристику методів у табл. 1, переваги яких описані за припущення про відсутність похибки вимірювання і ідеальної теоретично-практичної бази діагноста. Встановлено, що методи контролю технічного стану можна умовно поділити на дві категорії: портовані – методи, які виконуються за рахунок зчитування контрольованих

параметрів через технологічні отвори гідромашин або зовнішнього начіпного обладнання, яке не передбачає розгерметизації гідроліній; непортовані – методи, регламент яких передбачає розгерметизацію гідроліній і демонтаж гідроприводів для контролю їх технічного стану у лабораторних умовах із застосуванням стендового обладнання.

Поточний стан ремонтно-обслуговуючої бази гідроприводів є результатом довготривалої відсутності уваги держави до галузі вітчизняного сільськогосподарського машинобудування [13], що призвело до монополії закордонних виробників даної продукції на ринку України і відповідного припинення реалізації вітчизняних гідроприводів ряду моделей ГСТ українського виробництва у конструкції зернозбиральних комбайнів. Відповідним чином ремонтно-обслуговуюча база на сьогодні не відповідає умовам технічного оснащення для якісного проведення досліджень категорії непортованих методів діагностування, що додатково спричиняється проблемами необхідності високоточного діагностичного і обкатувального обладнання, підвищеної імовірності виникнення проблем, пов'язаних із монтажними роботами, суперечності із вимогами екологічності і доцільністю з точки

Ляшенко Д. О., Мельянцов П. Т.

зору трудомісткості. Крім того, підвищена інформативність даних методів орієнтована на спрощення виконання дефектування складових гідромашин для подальшого їх ремонту, що передбачає наявність ремонтних потужностей, саме тому для контролю технічного стану

гідроприводів сервісні представники виконують діагностику переважно за методом еталонних модулів за значенням тиску робочої рідини, інформативності якого достатньо для виконання поставленої задачі при низькій трудомісткості його реалізації.

1. Порівняльна характеристика методів діагностування гідроприводів

Метод	Переваги	Недоліки
Часовий	Економічність, низька трудомісткість	Якісна оцінка технічного стану, неможливість локалізації причини несправності
Статопараметричний	Кількісна оцінка технічного стану, висока точність	Підвищена трудомісткість, висока вартість, потребує розгерметизації ГС
Еталонних модулів (тиск)	Економічність, відносно низька трудомісткість	Неможливість локалізації причини несправності, потребує наявності еталонних значень діагностичних параметрів
Перехідних характеристик	Висока точність	Потребує фіксованих умов діагностування, підвищені вимоги до кваліфікації діагноста, висока вартість обладнання, потребує розгерметизації ГС
Порівняння і накладання осцилограм	Висока точність	Потребує фіксованих умов діагностування, підвищені вимоги до кваліфікації діагноста, висока вартість обладнання, потребує наявності еталонних осцилограм для об'єктів дослідження, потребує розгерметизації ГС
За параметрами робочої рідини	Відносно низька трудомісткість	Неможливість локалізації причини несправності, залежність трудомісткості від вибору кількісних показників стану робочої рідини і наявного контрольно-вимірювального оснащення
Віброакустичний	Можливість виявлення динаміки зміни структурних параметрів на ранніх стадіях експлуатації	Потребує розгерметизації ГС в контексті сільськогосподарської техніки, підвищені вимоги до кваліфікації діагноста, висока вартість обладнання
Термодинамічний	Висока точність, економічність	Складність визначення точок вимірювання температури, трудомісткість при проведенні повторної реалізації, змінний рівень інформативності на об'єктах діагностування різних виробників

Ляшенко Д. О., Мельянцов П. Т.

Отже, одним з шляхів підвищення якості контрольно-діагностичних заходів є перейняття досвіду провідних виробників сільськогосподарської техніки. Досвід інноваційної діяльності німецької компанії CLAAS, що займає одну з лідируючих позицій у забезпеченні України сільськогосподарською технікою різних типів, було представлено у системі віддаленої діагностики [14]

(рис. 2). Дана концепція TOP дозволяє в режимі реального часу проводити моніторинг наявності помилок у роботі машин, що дозволяє сервісним спеціалістам провести первинний аналіз технічного стану машини і зменшити час виявлення та усунення відмов. Доступ до даної системи наявний лише у працівників сервісної служби дилера, що посилює залежність підприємств АПК від послуг виробника техніки.

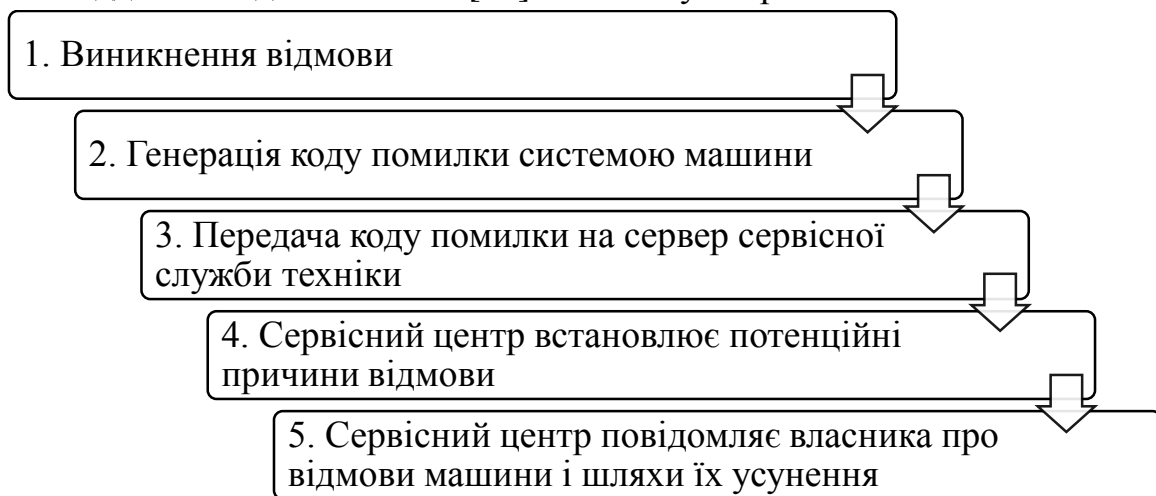


Рис. 2. Принцип роботи віддаленої діагностики

Широкого поширення на території України дана технологія не знайшла, через низку причин: система віддаленого контролю не передбачена для контролю стану всіх підсистем та вузлів машини; потребується наявність стабільного мобільного зв'язку для передачі даних у сільській місцевості; впровадження та експлуатація системи віддаленої діагностики передбачає істотні матеріальні витрати на одиницю техніки, що ставить під сумнів її економічність.

Поява іншого підходу спричинена стрімким розвитком обчислювальної потужності ЕОМ та ІТ, що призвело до значної популяризації концепції чорного ящика, відтвореного у виді ШНМ. Реалізація ШНМ для вирішення поставлених задач дозволяє уникнути аналітичного опису складних процесів, що може у значній мірі спростити регламент контролю технічного стану гідромашин. У дослідженнях, які присвячені даній тематиці [10-12], відзначається

Ляшенко Д. О., Мельянцов П. Т.

високий показник точності даних засобів при виконанні контролю технічного стану гідромашин, що підтверджує потенційну перспективність даних розробок.

Термін ШНМ за описом у роботі [15] – це обчислювальна система, яка побудована за принципом організації

і функціонування біологічних нейронних мереж. Вона складається із великої кількості вузлів обробки сигналів, що називаються нейронами, які сполучені зваженими зв'язками. Модель нейрона представлено на рисунку 3.

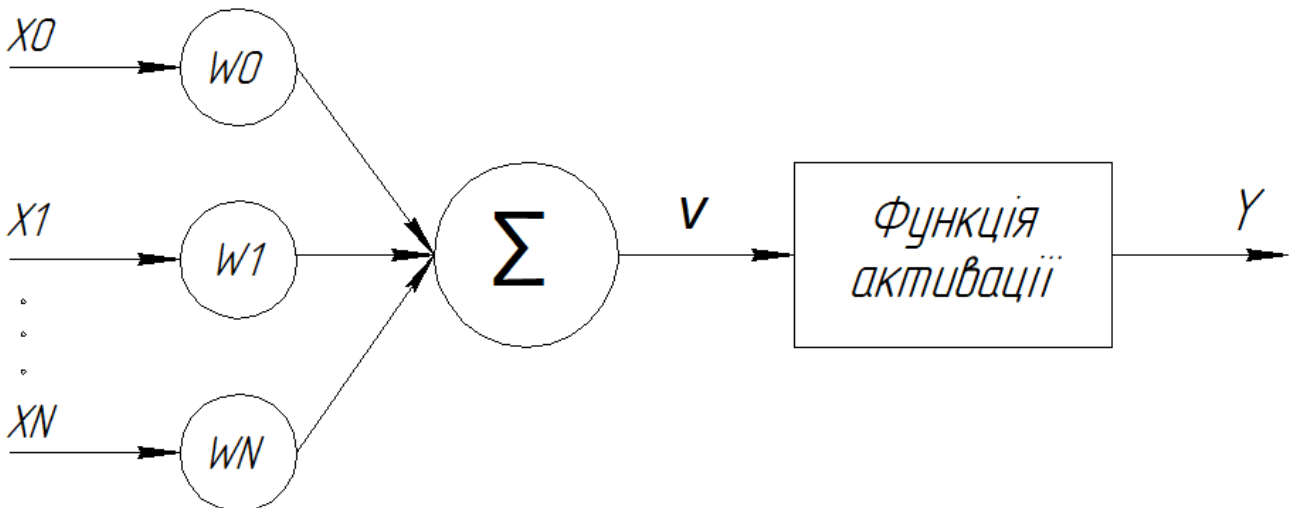


Рис. 3. Формальна модель нейрона

Принцип дії моделі [16], описаної на рис. 3., полягає у наступному: сигнали (X_0, \dots, X_N) , що поступають на вхід нейрона перемножуються з відповідними ваговими коефіцієнтами (W_0, \dots, W_N) , які визначають силу зв'язку між нейронами мережі і важливість

вхідного сигналу. Одержані значення відправляються до функції суматора (1.1), результат якої передається на вхід функції активації (1.2). На основі результату обчислення функції активації визначається стан нейрону і відповідне значення вихідного сигналу Y .

$$v = \sum_{k=0}^n w^k x^k, \quad (1.1)$$

$$y = f(v), \quad (1.2)$$

де n – число входів штучного нейрону, x – значення k -го входу нейрона, w – ваговий коефіцієнт k -го

синапсу, f – передатна функція моделі.

У залежності від специфіки вхідних даних і очікуваного

Ляшенко Д. О., Мельянцов П. Т.

результату штучного нейрону, їх об'єднують у ШНМ. Загальна модель ШНМ визначається її архітектурою, яка визначає загальну структуру і принципи поєднання нейронів у мережу, вибір функції активації і способу навчання.

Високий потенціал ШНМ при поліпшенні контролю технічного стану агрегатів гідравлічних систем можна визначити за наступними напрямками: виявлення та прогнозування несправностей за контрольованими діагностичними параметрами дозволяє визначити оптимальні терміни проведення профілактичних робіт і зменшити ризики виникнення простою техніки внаслідок аварійної відмови; розпізнавання графічних образів ШНМ створює основу для виявлення пошкоджень вузлів гідромашин за їх зовнішнім видом, що фактично може замінити роботу експерта-діагноста у даному процесі. Розпізнавання графічних образів на основі ШНМ також може бути застосовано на фрагментах технічної документації до гідросистем для побудови нових алгоритмів діагностування і поліпшення застосування вже відомих.

Отже, застосування ШНМ є досить потужним інструментом, який поступово поширюється на планово-попереджувальну систему гідравлічних систем сільськогосподарських машин. Проте для забезпечення високої точності

роботи ШНМ потребується вирішення наступних колізій із рядом основних проблем, від якості вирішення яких буде залежати прогрес розвитку даної тематики у майбутньому: недостатня кількість статистичних даних, що може бути причиною низької передбачувальної продуктивності внаслідок перенавчання моделі; вплив невизначеності на точність ШНМ, тобто навчання моделі на недостатньо якісних даних, які були отримані із значною похибкою; незбалансованість даних для навчання ШНМ, які не відповідають їх дійсному розподілу, що призводить до упередженості щодо прийняття рішень.

Висновки і перспективи.

1. Аналіз досліджень в галузі контролю технічного стану ГС показав, що сучасні діагностичні системи будуються на основі електросхем. Передача діагностичних показників стану об'єкта дослідження через електричні сигнали дозволяє зберігати та оброблювати отриману інформацію за допомогою ЕОМ. В свою чергу, застосування ЕОМ у процесі обробки даних значно розширює можливості діагностування і зменшує її трудомісткість можливістю залучення професійних програмних пакетів обробки даних.

2. Відповідно до умов ремонтно-обслуговуючої бази вітчизняного АПК на сьогодні є актуальними

Ляшенко Д. О., Мельянцов П. Т.

непортовані методи діагностування. На основі встановлених переваг та недоліків сучасних розробок в галузі поліпшення процесу контролю технічного стану сільськогосподарської техніки і ГС в цілому, що пропонуються виробниками сільськогосподарської техніки, було визначено вимоги до сучасних діагностичних систем: простота і можливість самостійного застосування; інформативність; портованість; екологічність; економічність; наявність інтерфейсу взаємодії з ЕОМ.

3. Підвищення актуальності ШНМ в якості засобу прогнозування і діагностування залишкового ресурсу

Список використаних джерел

1. Бондарчук, Н. В. Сучасні проблеми матеріально-технічної бази та матеріально-технічного забезпечення сільського господарства. Інвестиції: практика та досвід. 2010. №6. С. 49-53.

2. Andrenko, P., Lebediev, A., Dmytriienko, O., Svyarenko, M. Reliability, technical diagnostics and operation of hydraulic and pneumatic drives. Kharkiv, Ukraine: Publishing center NTU "KhPI", 2018. 519.

3. Walters, R. B. Hydraulic and Electric-Hydraulic Control Systems (2nd ed.). Springer, 2000. 344.

4. Parambath, J. Maintenance, Troubleshooting, and Safety in Hydraulic Systems (Industrial Hydraulic Book Series (Advanced Level)). Independently published, 2020. 83.

5. Doddannavar, R., Barnard, A., Ganesh, J. Practical Hydraulic Systems: Operation and Troubleshooting for Engineers and Technicians. Elsevier, 2005. 240.

6. Manring, N.D. (2000). Hydraulic Control Systems. Wiley, 2005. 464.

7. Пімонов, І. Г., Рукавишников Ю. В. Підвищення якості діагностування гідроприводів мобільних машин. Вісник

компонентів ГС сільськогосподарських машин надає нові перспективи розвитку даної галузі, що загалом може мати вплив на удосконалення методів контролю технічного стану елементів гідравлічних систем і підвищення ефективності планово-попереджувальної системи ГС в цілому. Оскільки робота ШНМ представляє собою реалізацію ідеї чорного ящика з теорії кібернетики, то інкапсуляція значної кількості деталей діагностування дозволяє знизити вимоги до діагноста і зменшити витрати підприємств на послуги сервісних служб.

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2020. 88 (2). С. 128-134.

8. John Deere precision ag technology. URL: <https://t.ly/Yb-W> (дата звернення: 21.03.2023).

9. Application of neural network in our daily life. URL: <https://t.ly/OKX4> (дата звернення: 21.03.2023).

10. Yan, J., Zhu, H., Yang, X., Cao, Y., Shao, L. 2259. Research on fault diagnosis of hydraulic pump using convolutional neural network. Journal of Vibroengineering, 2016. 18:5141–5152. doi: 10.21595/jve.2016.16956

11. Askari, B., Carli, R., Cavone, G., Dotoli, M. Data-Driven Fault Diagnosis in a Complex Hydraulic System based on Early Classification. IFAC-PapersOnLine. 2022. 55(40), 187-192. doi: 10.1016/j.ifacol.2023.01.070

12. Yang Y, Ding L, Xiao J, Fang G, Li J. Current Status and Applications for Hydraulic Pump Fault Diagnosis: A Review. Sensors. 2022. 22(24):9714. doi: 10.3390/s22249714

13. Петров В.М. Формування ринку зернозбиральних комбайнів в Україні. Економіка АПК. 2020. 4. С. 43. doi: 10.32317/2221-1055.202004043

Ляшенко Д. О., Мельянцов П. Т.

14. Remote Service at a glance. URL: <https://t.ly/DLQA> (дата звернення: 21.03.2023).

15. Goodfellow I., Bengio Y., and Courville A. Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series) Illustrated Edition. MIT Press, 2016. 800.

16. Новотарський, М.А., Нестеренко, Б.Б. Штучні нейронні мережі: обчислення. Праці Інституту математики НАН України, 2004. 408 с.

References

1. Bondarchuk, N. V. (2010). Contemporary issues of material and technical base and material and technical support of agriculture. Investments: Practice and Experience, 6, 49-53.

2. Andrenko, P., Lebediev, A., Dmytrienko, O., & Svyntarenko, M. (2018). Reliability, technical diagnostics and operation of hydraulic and pneumatic drives. Kharkiv, Ukraine: Publishing center NTU "KhPI".

3. Walters, R. B. (2000). Hydraulic and Electric-Hydraulic Control Systems (2nd ed.). Springer. 344.

4. Parambath, J. (2020). Maintenance, Troubleshooting, and Safety in Hydraulic Systems (Industrial Hydraulic Book Series (Advanced Level)). Independently published. 83.

5. Doddannavar, R., Barnard, A., & Ganesh, J. (2005). Practical Hydraulic Systems: Operation and Troubleshooting for Engineers and Technicians. Elsevier. 240.

6. Manring, N. D. (2005). Hydraulic Control Systems. Wiley. 464.

7. Pimonov, I. G., & Rukavishnikov, Y. V. (2020). Improvement of diagnostic quality

of hydraulic drives of mobile machines. Bulletin of the Kharkiv National Automobile and Highway University, 88(2), 128-134.

8. John Deere precision ag technology. Available at: <https://t.ly/Yb-W>

9. Application of neural network in our daily life. Available at: <https://t.ly/0KX4>

10. Yan, J., Zhu, H., Yang, X., Cao, Y., & Shao, L. (2016). Research on fault diagnosis of hydraulic pump using convolutional neural network. Journal of Vibroengineering, 18(8), 5141–5152. doi: 10.21595/jve.2016.16956

11. Askari, B., Carli, R., Cavone, G., & Dotoli, M. (2022). Data-driven fault diagnosis in a complex hydraulic system based on early classification. IFAC-PapersOnLine, 55(40), 187-192. doi: 10.1016/j.ifacol.2023.01.070

12. Yang, Y., Ding, L., Xiao, J., Fang, G., & Li, J. (2022). Current status and applications for hydraulic pump fault diagnosis: A review. Sensors, 22(24), 9714. doi: 10.3390/s22249714

13. Petrov, V. (2020). Formation of the combine harvesters' market in Ukraine. Ekonomika APK, 4, 43-53. doi: 10.32317/2221-1055.202004043.

14. Remote Service at a glance. Available at: <https://t.ly/DLQA>

15. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series) Illustrated Edition. MIT Press. 800.

16. Novotarskyi, M.A., & Nesterenko, B.B. (2004). Artificial neural networks: computations. Proceedings of the Institute of Mathematics NAS of Ukraine. 408.

MODERN TRENDS IN TECHNICAL CONDITION MONITORING SYSTEMS OF HYDRAULIC DRIVES IN AGRICULTURAL MACHINERY

D. O. Liashenko, P. T. Meliantsov

Abstract. *Increasing technical complexity of hydraulic systems in modern agricultural machines causes a low level of their maintainability in the domestic agro-industrial complex. In order to avoid unforeseen financial costs associated with equipment downtime due to emergency failures of their hydraulic drives, there is a need to identify the prerequisites for their efficiency loss in advance by using effective methods and means of monitoring the technical condition of machines in operation. The aim of the article is to analyse the applicability of methods for monitoring the*

Ляшенко Д. О., Мельянцов П. Т.

technical condition of hydraulic drives in agricultural machinery and to substantiate the prospects for their improvement, in accordance with the level of modern information technology development and the conditions of the material and technical base of the domestic agro-industrial complex. To achieve this goal, a structural, logical, and comparative analysis of materials from periodicals and electronic information sources on the relevant topics was conducted. The article considers the known methods for diagnosing hydraulic drives and trends in improving the means of monitoring the technical condition through information technology. The study showed that the methods of the non-destructive testing group are the most applicable in conditions of weak material and technical base. Among the existing methods aimed at improving the process of monitoring the technical condition of agricultural machinery are remote diagnostic systems that combine the diagnostic parameters reading and their remote processing on electronic computers. Currently, artificial neural networks are being actively developed, which are finding their way into the monitoring hydraulic drive technical condition and can significantly improve the overall level of the planned preventive maintenance system.

Keywords: *agricultural machinery, hydraulic system, information technology, technical condition, diagnostics, artificial neural networks*

**ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ДЕРЕВОРІЗАЛЬНИХ ПИЛ МЕТОДОМ ПЛАЗМОВОГО НАНЕСЕННЯ
ЗНОСОСТІЙКИХ СПЛАВІВ**

З. С. СІРКО, кандидат технічних наук
**М. Є. НОСОВ, С. М. ОХРІМЕНКО, Д. П. ТОРЧИЛЕВСЬКИЙ,
Є. А. СТАРИШ, В. М. ГРИЦУН**

Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»

E-mail: z.sirko@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.019](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.019)

***Анотація.** У статті висвітлені питання, пов'язані із зношенням та затупленням зубів дереворізальних інструментів, що призводить до втрат різальної спроможності інструменту, зниження продуктивності процесу пиляння деревини, якості пиломатеріалів та заготовок, підвищення енергетичних витрат. Показано, що процес зношення дереворізального інструменту досить складний комплекс явищ, які мають між собою взаємозв'язок. Наведені види зношення інструменту та зазначено, що ступінь зношення різальної частини зубів пил та характер зміни їхньої мікрогеометрії залежить від ряду чинників. Розглянуті методи підвищення зносостійкості дереворізальних пил. Показано, що найбільш перспективним є метод зміцнення зубів пил шляхом наплавлення зносостійких сплавів. Приведена методика експериментальних досліджень круглою пилкою спеціальної конструкції, обумовлені геометричні параметри експериментальних зразків інструменту. Проведені дослідження пил з вставними зубами із сталей Р6М5, 8Х6НФТ, 9ХФ, литого твердого сплаву ВЗКР і твердого металокерамічного сплаву ВК15. Аналіз отриманих результатів показав, що інтенсивність затуплення найменша з використанням сплаву ВЗКР. Наведена характеристика устаткування для наплавлення зносостійких сплавів на зуби пил та технологія їх зміцнення. Випробування пил із зміцненими зубами наплавленим сплавом ВЗКР у виробничих умовах показали високу зносостійкість пил, зростання продуктивності процесу розпилювання, зниження шорсткості оброблювальних поверхонь, зменшення витрат пил у процесі пиляння.*

***Ключові слова:** дереворізальні пили, зміцнення зубів, відновлення геометричних параметрів, зносостійкі сплави, плазмове нанесення*

Постановка проблеми. У процесі пиляння різальна частина зубів внаслідок зношення затуплюється у результаті чого зуби втрачають різальну здатність. Під час збільшення затуплення знижується якість пиломатеріалів та заготовок, зростають затрати енергії на різання

та подачу, зменшується продуктивність устаткування.

Процес зношення дереворізального інструменту – комплекс явищ, що мають складний взаємозв'язок. Розрізняють наступні види зношення [1]:

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

- механічне зношення – аварійне руйнування різальних елементів;

- теплове зношення – процес руйнування різальних елементів інструменту під впливом високих температур, що виникають під час тертя різця по деревині;

- хімічне зношення – процес, що виникає у результаті взаємодії матеріалу інструмента з хімічними компонентами, що входять до складу деревини та з продуктами її розкладання під дією високих температур, що виникають під час різання;

- електрохімічне та електроерозійне зношення – процес, що протікає під дією електричного струму та електричних іскрових розрядів, що виникають під час різання.

Ступінь зношення різальної частини зубів пил та характер зміни їхньої мікрогеометрії залежить від ряду факторів [2]. Основні із них – фізико-механічні властивості матеріалу пил, геометрія та якість підготовки різальних елементів зубів, фізико-механічні властивості деревини, умови та режими різання.

Методи підвищення стійкості зубів пил діляться на конструктивні та технологічні [3 – 6]. Конструктивні методи визначають ряд найважливіших параметрів різального інструменту на стадії проектування та виготовлення. Технологічні методи досягаються зміцненням поверхневих шарів

інструменту термічним, механічним обробленням, нанесенням зносостійких покриттів, обробленням концентрованими потоками енергії.

Останнім часом значна увага приділяється методу підвищення зносостійкості дереворізальних пил наплавленням литих твердих сплавів [7].

Найбільш перспективним, на наш погляд, є метод зміцнення зубів дереворізальних пил шляхом наплавлення зносостійких сплавів за допомогою плазми на спеціальному устаткуванні з повною автоматизацією технологічних операцій нагрівання зуба, подачі та нагрівання наплавочного прутка та формування наплавленого зуба і дослідження в цьому напрямку викладені у даній статті.

Мета дослідження – підвищення зносостійкості та ефективності використання пил завдяки їх зміцненню методом плазмового нанесення зносостійких сплавів.

Методика дослідження. Для проведення досліджень використовували круглу пилку, що являє собою диск із пазом спеціальної конструкції, в який вставляються змінні зуби, різальна частина яких виготовлена із різноманітних зносостійких матеріалів. Геометричні параметри експериментальних зразків інструменту прийняті наступними:

- діаметр кола різання, мм – 308;
- товщина диска, мм – 3;

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

- ширина леза різця, мм – 4,1;
- передній кут різання, град. – 20;
- задній кут різання, град. – 15;
- кут тангентального піднутрення, град. – 3;
- кут радіального піднутрення, град. – 1,5;
- висота зуба, мм – 15.

Досліди проводили на зразках із сухої деревини дуба, розмірами 400x200x40 мм за наступних постійних режимних факторів:

- швидкість різання, м/с – 46;
- подача на зуб, мм – 0,1;
- середній кінематичний кут зустрічі, град. – 56.

Для оцінки зношення та затуплення різальних крайок прийняті наступні параметри:

зношення зуба А, радіус заокруглення головної різальної крайки ρ та радіус заокруглення вершини зуба r_B (рис. 1).

Параметри, що характеризують зношення та затуплення різальної частини зуба визначали за допомогою великого інструментального мікроскопу за 50-кратного збільшення.

Результати досліджень. Експериментальні дослідження проводили у лабораторних умовах з використанням експериментальних зразків вставних зубів пили з напаяними пластинками із наплавочного прутка сплаву ВЗКР та із загартованих (твердість 58-62 HRC) сталей Р6М5 та 8Х6НФТ.

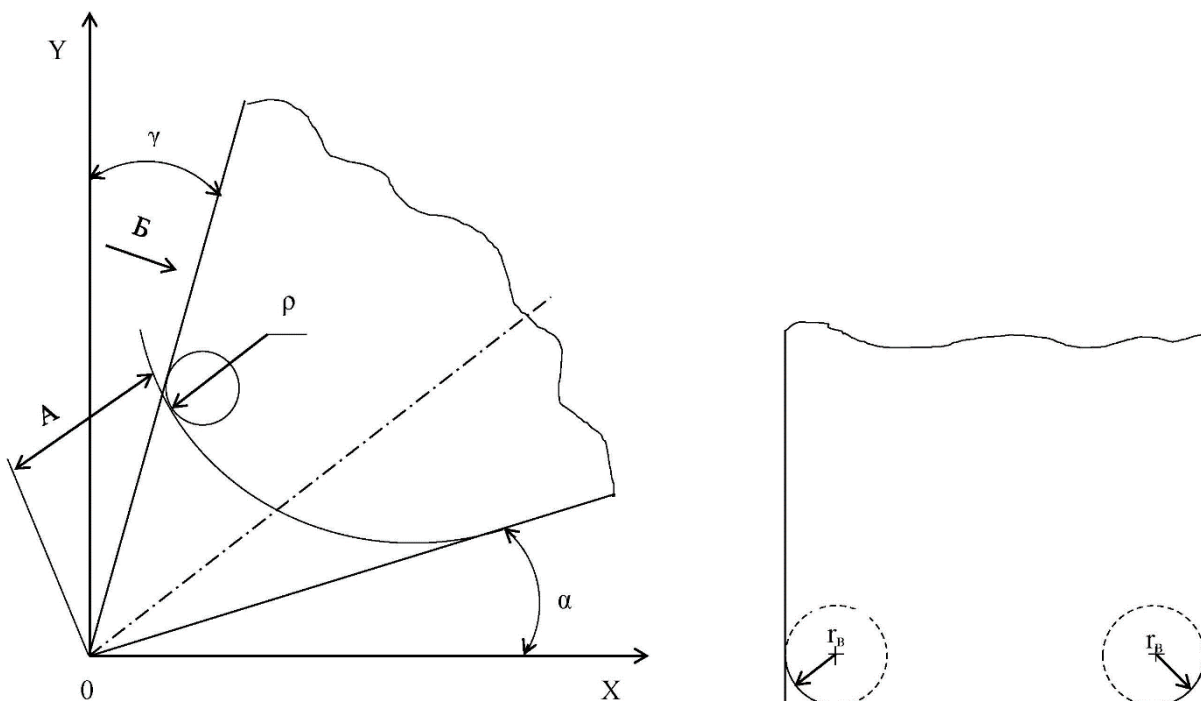


Рис. 1. Параметри зношення та затуплення зуба пили

Використовували також вставні різці, зміцнені порошкоподібним

сплавом ВЗКР, що наносився на спеціальній установці

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

(газоплазмовим способом за швидкості нанесення біля 600 м/с) в інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України. Для порівняння використовували також вставні зуби із сталі 9ХФ (із полотна рамної пили) та з напаяною пластинкою із твердого сплаву ВК 15. Отримані результати досліджень представлені на рис. 2 та рис. 3.

Аналіз отриманих результатів показав, що радіус заокруглення

головної різальної крайки найменш інтенсивно зростає у різця із твердого сплаву ВК 15. У порівнянні зі сталлю 9Хф інтенсивність його затуплення у 5,8 раза нижча. Різці, що зміцнені сплавом ВЗКР різними методами (надшвидкісного напилення, напаявання) показали однакову інтенсивність затуплення і у порівнянні з різцями із стандартної пили (сталь 9ХФ) затуплюються у 4,3 рази менше.

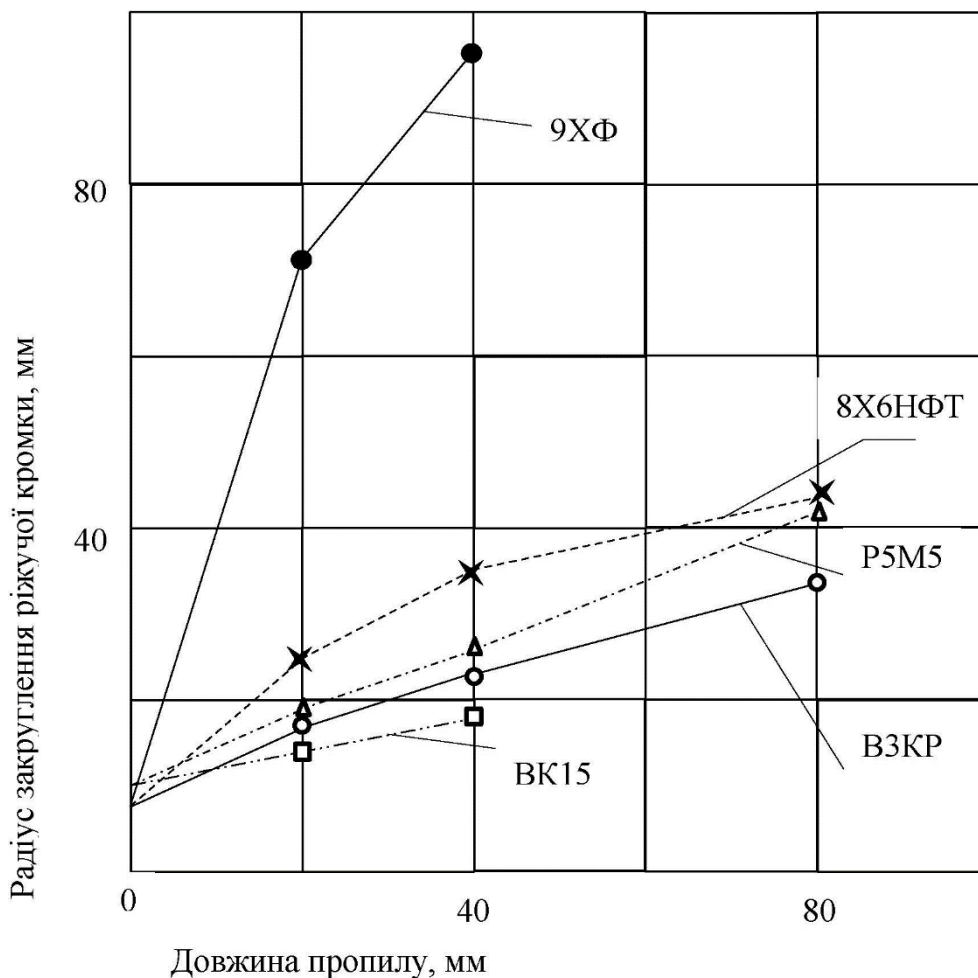


Рис. 2. Графік залежності заокруглення головної різальної крайки різців із різних сплавів від довжини пропилу

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчиловський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

Різці з пластинками із сталей Р6М5 та 8Х6НФТ порівняно з різцями із сталі 9ХФ затуплюються менш інтенсивно відповідно у 3,8 та 3,1 рази.

Показники, що характеризують зношення різців (параметри A та r_b) в залежності від довжини пропилу, мають аналогічний характер (Рис. 2).

Таким чином, результати експериментальних досліджень

показали, що для зміцнення зубів пил, які використовують для пиляння деревини, необхідно використовувати сплав ВЗКР, який може наплавлятися різними методами на автоматизованому устаткуванні, забезпечує високу зносостійкість інструменту і є дешевшим, ніж металокерамічні тверді сплави.

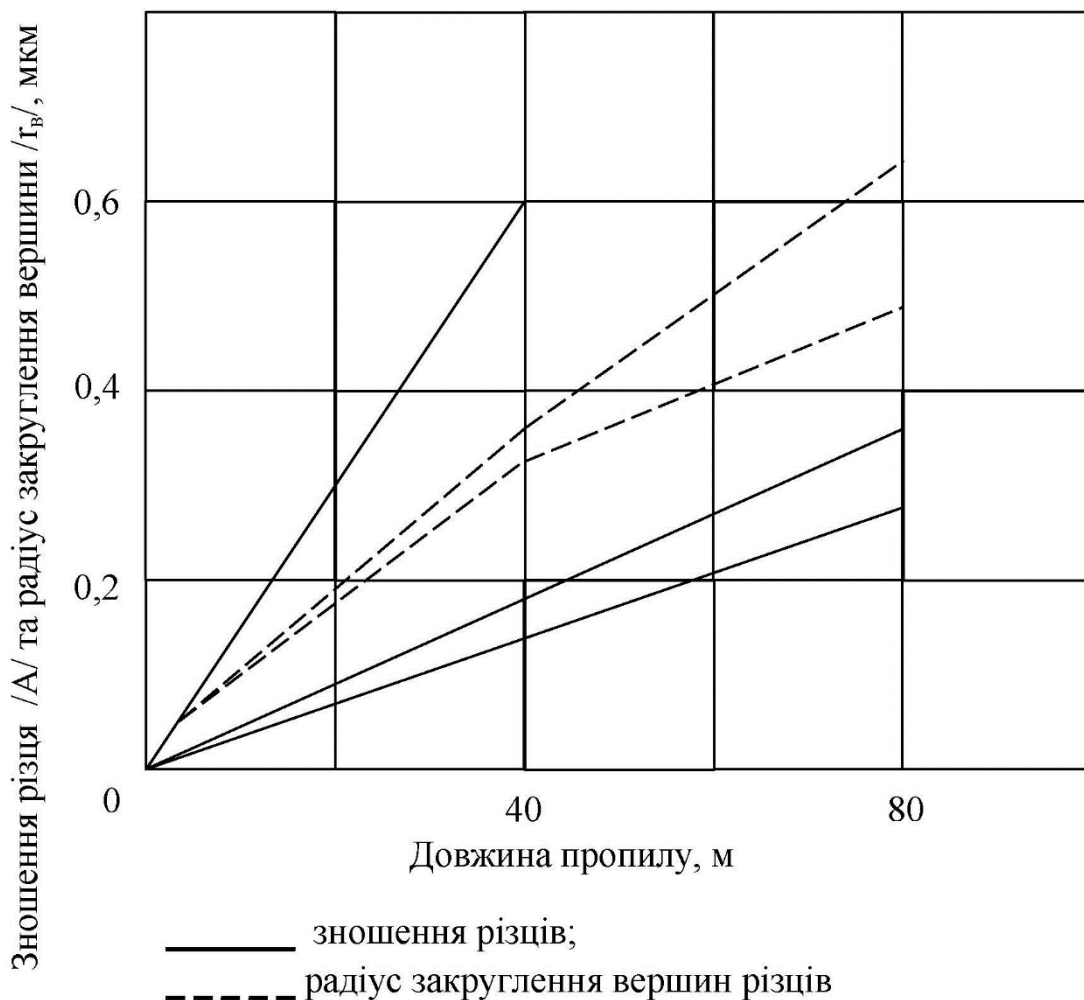


Рис. 3. Графік залежності зношення різців та радіуса заокруглення вершин різців із різних сплавів від довжини пропилу

Технологія зміцнення пил пил до наплавлення, нанесення включає попереднє підготовлення зносостійкого сплаву на вершину зуба

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

та заточування зубів пил для остаточного підготовки їх до роботи.

Підготовки пил до наплавлення виконували наступним чином. Вершини зубів для наплавлення заточували на глибину 4 мм таким чином, що утворювалися

площадки, перпендикулярні бісектрисі кута загострення зуба.

Наплавлення зубів пил виконували на спеціальному напівавтоматі, сконструйованому та виготовленому в Українському інституті зварювального виробництва (УкрІЗВ). Принципова схема напівавтомата показана на рис. 4.

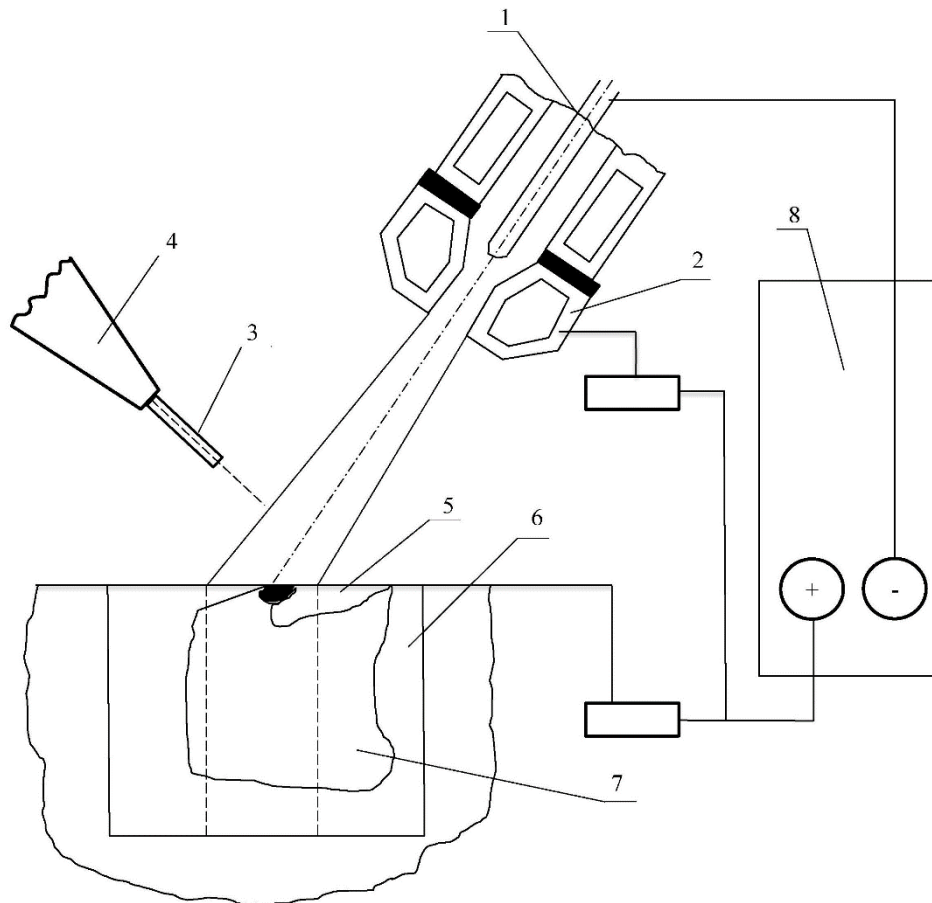


Рис. 4. Принципова схема наплавлення зубів пил прутками із литих твердих сплавів: 1 – електрод; 2 – сопло; 3 – наплавочний пруток; 4 – механізм подачі прутка; 5 – плашки з лункою; 6 – корпус для кріплення плашок з водоохолодженням; 7 – пила; 8 – джерело живлення

Напівавтомат оснащений плазмотроном з дугою прямої дії. Дуга горить між вольфрамовим електродом, що не плавиться та плашками, що охолоджуються водою,

а зуб для наплавлення дещо заглиблений. Плашки над зубом у місці наплавлення мають відкриту лунку, яка за своєю формою відповідає формі напавленого зуба

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчиловський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

(рис. 5). Підведений в зону плазмової дуги пруток для наплавлення плавиться і заповнює лунку.

Нагрівання зуба пили і прутка у напівавтоматі здійснювали плазмовим пальником у інертному

газі (аргоні). Подача прутка на задану (регульовану) довжину виконується автоматично. Після наплавлення зуби пили відпускаються на цьому ж устаткуванні, але в іншому режимі роботи.

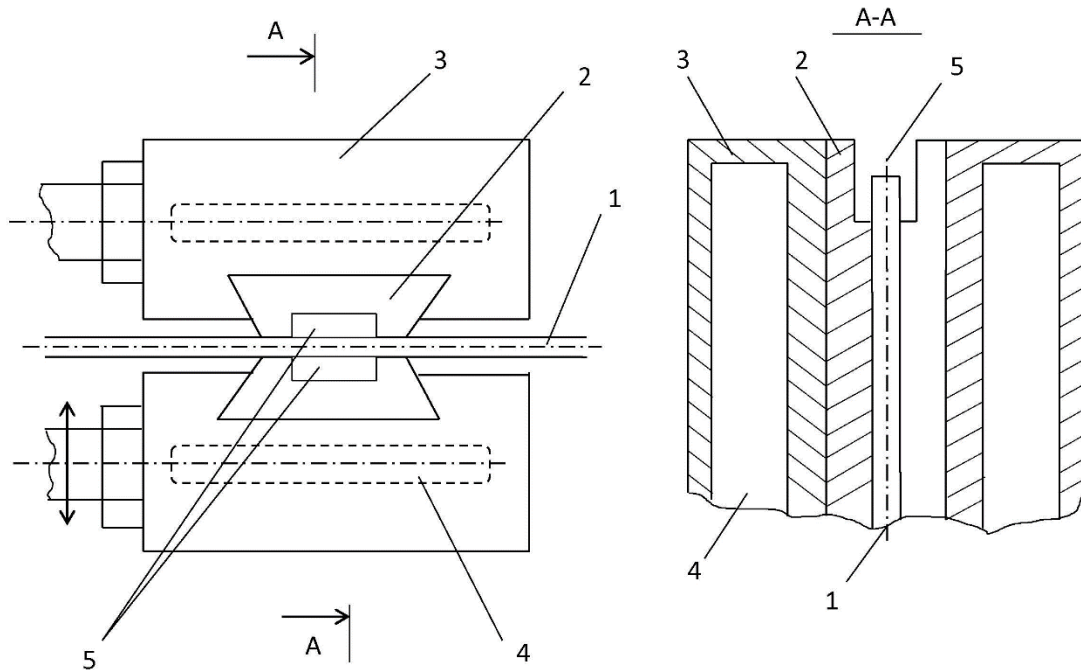


Рис. 5. Схема вузла формування наплавленого стеліту

Дослідження пил у виробничих умовах показали, що пили оснащені сплавом ВЗКР методом плазмового наплавлення, працювали три зміни без перезагострення (пили із легованої сталі 9ХФ працюють 0,5 зміни), а це виключає внутрізмінні заміни пил, зростає продуктивність розпилювання на 8 – 10 %, зменшується шорсткість поверхні у два рази, зростає вихід якісних

пиломатеріалів, зменшуються витрати пил на 30 – 35 %.

Висновки.

1. Проведені дослідження показали, що найбільш перспективним методом зміцнення зубів дереворізальних пил є наплавлення їх зносостійкими сплавами за допомогою плазми на спеціальному устаткуванні з повною автоматизацією технологічних операцій нагрівання зуба, подачі та

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

нагрівання наплавочного прутка та формування наплавленого зуба.

2. В результаті експериментальних досліджень зношення та затуплення різців із різних матеріалів під час пиляння деревини встановлено, що для зміцнення дереворізальних пил належить використовувати литий сплав ВЗКР, який може наплавлятися різними методами на автоматизованому устаткуванні, забезпечує високу зносостійкість

інструменту і є дешевшим від металокерамічних твердих сплавів.

3. Випробування пил, зуби яких наплавлені сплавом ВЗКР методом плазмового наплавлення, у виробничих умовах показали, що пили працювали три зміни безпере загострення, а це виключає внутрішні заміни пил, зростає продуктивність розпилювання на 8 – 10 %, зменшується шорсткість поверхні у два рази, зростає вихід якісних пиломатеріалів, зменшуються витрати пил на 30 – 35 %.

Список використаних джерел

1. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів. Львів: ТзОВ «Кольорове небо», 2006. 412 с.
2. Кірик М.Д. Інструмент для обробляння деревини та деревних матеріалів. Коломия: ВМЦ Коломийського механіко-технологічного коледжу, 1999. 190 с.
3. Сірко З.С., Д'яконов В.К., винахідники. Зуб із твердого сплаву дискової пилки. Український патент, № 142706, 2020.
4. Сірко З.С., Д'яконов В.К., винахідники. Пристрій для шліфування бокових поверхонь зубів дискових пилок. Український патент, № 138517, 2019.
5. Сірко З.С., Головач В.М., винахідники. Пилковий вузол пересувної лісопиляльної установки. Український патент, № 122758, 2018.
6. Сірко З.С., Д'яконов В.К., винахідники. Стрічкова пилка. Український патент, № 94881, 2014.
7. Мельник В.І. Наплавлення зубів рамних пил твердими сплавами. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. 1989. № 1. С. 38 – 49.

References

1. Kiryk M.D. Mekhanychne obroblenya ta derevnykh materialiv. Lviv: TzOV «Kolorove nebo», 2006. 412 s.
2. Kiryk M.D. Instrument dlya obroblyanya derevyny ta derevnykh materialiv. Kolomyya: VMTS Kolomyyskogo mekhaniko-tekhnologichnogo koledzhu, 1999. 190 s.
3. Sirko Z.S., Dyakonov V.K., vynakhidnyky. Zub iz tverdogo splavu diskovoi pylky. Ukrainskii patent, № 142706, 2020.
4. Sirko Z.S., Dyakonov V.K., vynakhidnyky. Prystriy dlya shlifuvanya bokovykh poverkhon zubiv diskovykh pylok. Ukrainskii patent, № 138517, 2019.
5. Sirko Z.S., Golovach V.M., vynakhidnyky. Pylkoviy vuzol peresuvnoi lisopylalnoi ustanovky. Ukrainskii patent, № 122758, 2018.
6. Sirko Z.S., Dyakonov V.K., vynakhidnyky. Strichkova pylka. Ukrainskii patent, № 94881, 2014.
7. Melnyk V.I. Naplavlenya zubiv ramnykh pyl tverdymy splavamy. Lisove gospodarstvo, lisova, paperova i derevoobrobna promyslovyst. 1989. № 1. S. 38 – 49.

STRENGTHENING AND RESTORATION OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF WOOD-CUTTING SAWS USING THE METHOD OF PLASMA DEPOSITION OF WEAR-RESISTANT ALLOYS**Z. Sirko, M. Nosov, S. Okhrimenko, D. Torchilevskyi, E. Starysh, V. Hrytsun**

***Abstract.** The article covers the issues related to wear and blunting of the teeth of wood-cutting tools, which leads to the loss of the tool's cutting capacity, a decrease in the productivity of the wood sawing process, the quality of lumber and blanks, and an increase in energy costs. It is shown that the process of wear of a wood-cutting tool is a rather complex complex of interrelated phenomena. The types of wear of the tool are given and it is indicated that the degree of wear of the cutting part of the saw teeth and the nature of the change in their microgeometry depends on a number of factors. Methods of increasing the wear resistance of wood-cutting saws are considered. It is shown that the method of strengthening saw teeth by surfacing wear-resistant alloys is the most promising. The purpose of the research is to increase the wear resistance and efficiency of the use of saws due to their strengthening by the method of plasma application of wear-resistant alloys. The method of experimental research with a circular saw of a special design is presented, the geometric parameters of the experimental samples of the tool are determined. Saws with inserted teeth made of P6M5, 8X6HФТ, 9XΦ steels, cast hard alloy B3KP and hard metal-ceramic alloy BK15 were studied. The analysis of the obtained results showed that the dulling intensity is the lowest with the use of the B3KP alloy. Wear-resistant B3KP alloy can be welded using various methods on automated equipment, provides high wear resistance of the tool and is cheaper than metal-ceramic hard alloys. The characteristics of the equipment for surfacing wear-resistant alloys on saw teeth and the technology of their strengthening are given. Tests of saws with teeth strengthened by B3KP alloy deposited in production conditions showed high wear resistance of saws, increased productivity of the sawing process, reduction of roughness of processing surfaces, and reduction of saw dust consumption in the sawing process.*

***Key words:** wood-cutting saws, strengthening of teeth, restoration of geometric parameters, wear-resistant alloys, plasma coating*

ПОБУДОВА ЗАКОНІВ РУХУ МЕХАНІЗМІВ ЗМІНИ ВІЛЬОТУ ВАНТАЖУ І ПОВОРОТУ БАШТОВОГО КРАНА

Ю. О. РОМАСЕВИЧ, доктор технічних наук, професор

В. С. ЛОВЕЙКІН, доктор технічних наук, завідувач кафедри конструювання
машин і обладнання

Д. І. ВЕЛИКОІВАНЕНКО, магістр

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: romasevichyuriy@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.020](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.020)

***Анотація.** У статті поставлено задачу синтезу траєкторії переміщення вантажу при обминанні перешкоди. Траєкторія була отримана на основі вимоги про плавність зміни напрямку руху вантажу. Виходячи із дискретних положень вантажу було знайдено положення ланок механізмів повороту баштового крана та зміни вильоту вантажу. Надалі отримано закони зміни швидкості руху цих механізмів. Проаналізовано результати, які отримані на кожній ітерації розрахунку, та встановлено, що кінцевий результат задовольняє вимогам плавності руху вантажу, забезпечує плавний розгін і гальмування механізмів, що підтверджено графічними залежностями та чисельними даними.*

***Ключові слова:** закон руху, баштовий кран, перешкода, зміна вильоту вантажу, поворот крану*

Актуальність. Роль вантажопідійомних кранів у сучасних виробничих процесах важко переоцінити. Тому для того, щоб підвищити кількісні і якісні показники виробництва необхідно забезпечити високу продуктивність роботи вантажопідійомних машин. Один із підходів до цієї проблеми полягає у переміщенні вантажу по оптимальній траєкторії, яка повинна забезпечити відсутність небезпеки зіткнення вантажу із об'єктами (перешкодами) у робочій зоні крана.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідники І. Гутьєррес і Х. Колладо [1] вивчали динаміку баштового крану, використовуючи додаткову відтяжку для уникнення зіткнень з перешкодами. Це дозволяє зменшити кількість помилок при переміщенні вантажу, що позитивно вплинуло на уникнення вантажем перешкод. Хе Чен, Пен Ян та Яньлі Ген у науковій публікації [2] розробили траєкторії руху візка крана та підйому/опускання вантажу для уникнення перешкод. У результаті було запропоновано метод планування

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Великоіваненко Д. І.

траєкторії для уникнення перешкод, який забезпечує швидке та точне позиціонування візка та усунення маятникових коливань вантажу. Автори Акіра Іномата та Йошіюкі Нода в праці [3] оптимізували траєкторію руху вантажу для зменшення витрат енергії та мінімізації коливань візка. У результаті було запропоновано метод планування траєкторії для уникнення перешкод, який забезпечує швидке та точне позиціонування візка та усунення коливань вантажу. Каната Мацусава, Йошіюкі Нода та Акіхіро Канешіге [4] запропонували метод планування траєкторії з поетапною оптимізацією, ураховуючи уникнення перешкод та маятникові коливання вантажу. В результаті отримано розв'язок задачі, яке дозволяє зменшити витрати енергії та мінімізувати коливальну компоненту руху візка. Ютака Хірасава та Кацухіко Хаясакі[5] запропонували метод планування траєкторії для вантажного крану з уникненням перешкод. Результати також показали, що запропонований метод може ефективно бути використаний для зменшення часу перебування крана в зоні ризику. Хідеакі Котаке та Хіросі Янагава[6] запропонували метод планування траєкторії руху вантажного крану з уникненням перешкод. Використовуючи технології штучного інтелекту автори розробили

оптимальне планування траєкторії та уникнення перешкод з високою точністю та ефективністю. Автори Хіросі Янагава, Томоя Като та Хідеакі Котаке[7] запропонували метод планування траєкторії з уникненням перешкод для вантажних кранів з використанням генетичних алгоритмів.

Аналіз цих праць показав актуальність питання уникнення перешкод при використанні вантажопідйомних кранів. Особливо активно ці дослідження проводяться у азійських країнах, де відбувається активна забудова мегаполісів.

Мета дослідження полягає в побудові законів руху механізмів зміни вильоту вантажу і повороту крану, які відповідають руху вантажу по траєкторії, яка забезпечує відсутність небезпеки зіткнення вантажу із перешкодами.

Методи. На першому етапі роботи було виконано постановку задачі. Задано вихідні дані для проведення розрахунків, якими є координати початку траєкторії $x_0=13$ м, $y_0=8$ м; координати перешкоди, яку необхідно оминати, $x_{obs}=12$ м, $y_{obs}=14$ м; координати кінця траєкторії $x_{fin}=5$ м, $y_{fin}=16$ м. Відлік системи координат розміщений у місці стоянки баштового крана.

Маючи координати відповідних точок з точки зору досягнення

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Великоіваненко Д. І.

мінімальної довжини траєкторії ділянки, які описуються наступними доцільно траєкторію руху вантажу функціями: представити як дві прямолінійні

$$y_{first\ part} = y_{obs} + (y_0 - y_{obs}) \frac{x_{obs} - x}{x_{obs} - x_0} \quad (1)$$

$$y_{second\ part} = y_{fin} + (y_{obs} - y_{fin}) \cdot \frac{x_{fin} - x}{x_{fin} - x_{obs}} \quad (2)$$

Вище наведені координати дають відповідних точок та траєкторію руху змогу побудувати графік розміщення вантажу (рис. 1).

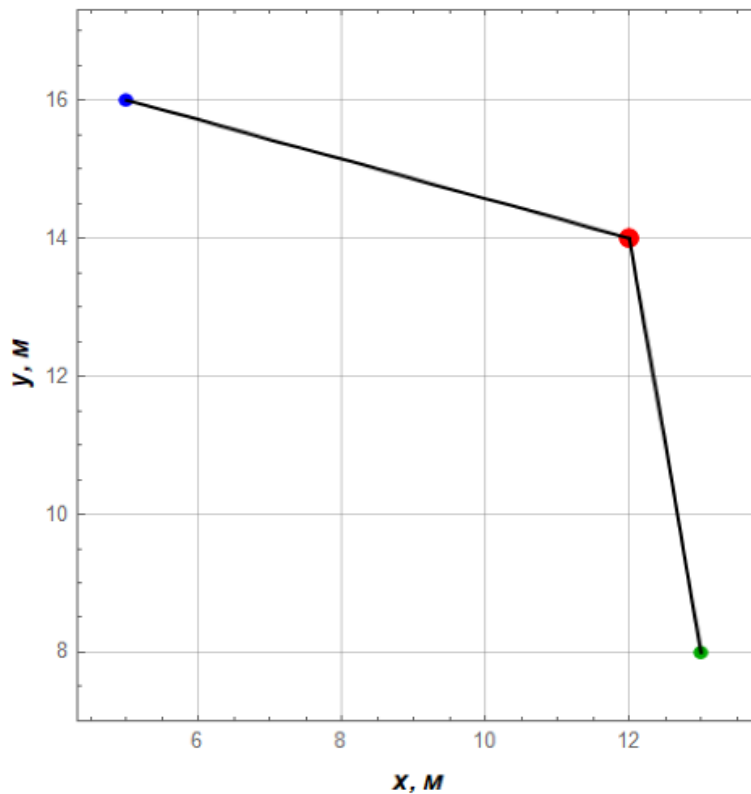


Рис. 1. Траєкторія руху вантажу у першому наближенні

Надалі проведено дискретизація ділянок (1) та (2), яка передбачає перетворення функцій неперервних змінних у функції дискретних змінних, по яких вихідні неперервні функції можуть бути відновлені із заданою точністю. Роль дискретних відліків виконують, як правило, квантовані

значення функцій у дискретній шкалі координат. В даному випадку поділ прямої ділянки руху крану виконувався із кроком 1 мм для забезпечення точності подальших розрахунків. Для дискретизації ділянок траєкторії руху вантажу (1) та (2)

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Великоіваненко Д. І.

потрібно насамперед визначити – довжина першої ділянки: довжини окремих ділянок:

$$L_1 = \sqrt{(x_{obs} - x_0)^2 + (y_{obs} - y_0)^2} = \sqrt{(12-13)^2 + (14-8)^2} = 6,083 \text{ м} \quad (3)$$

– довжина другої ділянки:

$$L_2 = \sqrt{(x_{fin} - x_{obs})^2 + (y_{fin} - y_{obs})^2} = \sqrt{(5-12)^2 + (16-14)^2} = 7,28 \text{ м} \quad (4)$$

Отже, для першої ділянки обраний через можливість реалізації траєкторії кількість точок складає 6083, а для другої – 7280.

Швидкість руху вантажу по траєкторії, згідно умов задачі, становить $v=0,2$ м/с, а крок дискретизації за часом $\Delta t=0,1$ с визначається за формулою:

$$T_{заг} = \frac{L_{заг}}{v} = \frac{L_1 + L_2}{v} = \frac{13,363}{0,2} = 66,815 \text{ с} \quad (5)$$

де $L_{заг}$ – загальна довжина траєкторії руху вантажу у першому наближенні. Можемо отримати

$$u = \frac{T_{заг}}{\Delta t} = \frac{66,815}{0,1} \approx 668 \quad (6)$$

Із використанням виразів (1) та (2) отримано координати точок на траєкторії руху вантажу. Їх можна представити у наступному вигляді:

$$P_i (x_i, y_i), i \forall 0...u \quad (7)$$

Надалі проводимо розрахунок узгоджених положень візка (лінійна координата вздовж стріли) та стріли (кутова координата). Тобто переходимо від декартових координат (координати робочої зони крана) до полярних координат, які пов'язані із механізмами баштового крана (при цьому вважаємо, що початки координат обох систем співпадають) [8]:

$$r_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \quad (8)$$

$$\varphi_i = \arctg\left(\frac{x_i}{y_i}\right) \quad (9)$$

де r_i та φ_i – дискретні координати положення візка на стрілі (відносно осі її обертання) та кутове положення стріли. У результаті отримано масиви положень візка і стріли. Для розрахунку дискретних значень

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Великоіваненко Д. І.
швидкостей візка і повороту крана було використано поліноміальний фільтр Савицького-Голея [8].

Розраховані дискретні швидкості механізмів представлені на графіку (рис. 3).

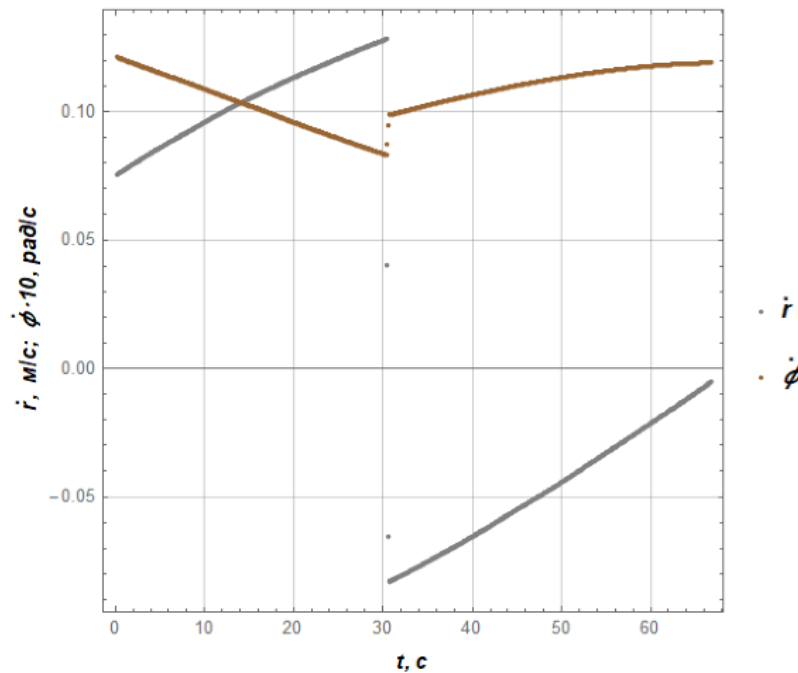


Рис. 2. Графічне зображення лінійної швидкості руху візка та кутової швидкості повороту стріли баштового крана

Розрахунки показали, що закони руху механізмів зміни вильоту вантажу та повороту крана неможливо реалізувати на практиці через розриви функцій швидкості, що фізично неможливо. Також спостерігається знакозмінний характер швидкості руху візка, що також не відповідає практичній реалізації. Отже, необхідно вирішувати проблему наявності розривів функцій швидкості повороту крана та переміщення візка, а також суміщення окремих ділянок траєкторій у точці їх сполучення.

Крім того, при побудові законів руху механізмів зміни вильоту вантажу

і повороту крана у першому наближенні було отримано дві прямі ділянки: перша відповідала руху вантажу до перешкоди, а друга – після неї. Ці дві ділянки з'єднуються під певним кутом, що говорить про неможливу реалізацію такого варіанту руху вантажу. Виходячи з цього постає завдання в заміні другої ділянки так, щоб вона спрягалася з першою плавно, що зробить можливим практичну реалізацію руху вантажу. Визначимо кут між двома прямолінійними ділянками. Для визначення кута потрібно дізнатися тангенс кута нахилу для першої та другої ділянки

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Великоіваненко Д. І.

траєкторії. Визначення тангенсів кутів нахилу першої та другої ділянок здійснюється за допомогою формул:

$$k_1 = \frac{y_{obs} - y_0}{x_{obs} - x_0} \quad (10)$$

– для другої ділянки руху вантажу:

$$k_2 = \frac{y_{fin} - y_{obs}}{x_{fin} - x_{obs}} \quad (11)$$

Далі отримаємо кут між двома прямими:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{k_1 - k_2}{1 + k_1 \cdot k_2}\right) \quad (12)$$

Визначаємо тангенс кута нахилу ділянки сполучення, яка заміняє другу

ділянку руху вантажу, та спрощуємо отриманий вираз:

$$tg(\tilde{\alpha}) = tg\left(\pi - \arctg\left(\frac{k_1 - k_2}{1 + k_1 \cdot k_2}\right)\right) = \frac{x_{obs}(y_0 - y_{fin}) + x_0(y_{fin} - y_{obs}) + x_{fin}(-y_0 + y_{obs})}{(x_0 - x_{obs})(x_{fin} - x_{obs}) + (y_0 - y_{obs})(y_{fin} - y_{obs})} \quad (13)$$

Наступний крок полягає у визначенні закону, який буде описувати другу ділянку, яка буде

плавно сполучатись із першою. Для цього розв'яжемо наступну крайову задачу:

$$\begin{cases} y_2(x) = 0; \\ \begin{cases} y_2(0) = 0, \dot{y}_2(0) = tg(\tilde{\alpha}), \ddot{y}_2(0) = 0; \\ y_2(L_2) = 0, \dot{y}_2(L_2) = 0, \ddot{y}_2(L_2) = 0, \end{cases} \end{cases} \quad (14)$$

де L_2 – довжина другої ділянки у першому наближенні ($L_2 = \sqrt{(x_{fin} - x_{obs})^2 + (y_{fin} - y_{obs})^2}$). Така крайова задача обрана саме через те, що вона забезпечує бажані умови руху

на другій ділянці траєкторії, а саме вона дозволяє забезпечити плавне сполучення ділянок. Розв'язок крайової задачі (14) має наступний вигляд:

$$y_2 = tg(\tilde{\alpha})x \left(1 + \frac{x^2(-3x^2 + 8xL_2 - 6L_2^2)}{L_2^4}\right) \quad (15)$$

У результаті проведених розрахунків за формулами було виконано заміну другої прямолінійної

ділянки на іншу уточнену ділянку, яка відповідає можливості практичної реалізації руху вантажу (рис. 3).

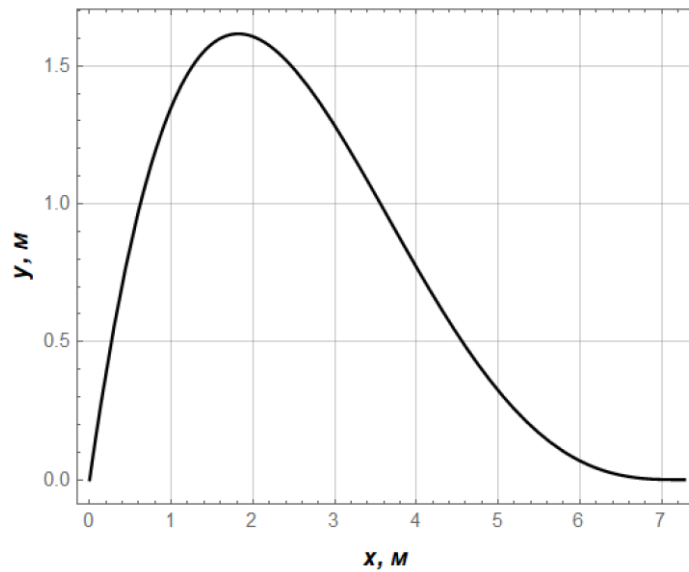


Рис. 3. Графічне зображення закону руху по другій уточненій ділянці

Після отриманої оновленої другої ділянки руху її слід поєднати з першою ділянкою. Для цього проводимо дискретизацію другої уточненої ділянки і після цього вектори, що описують координати дискретних

$$\begin{bmatrix} x_{2.i.уточ} \\ y_{2.i.уточ} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{2.i} \\ y_{2.i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\arctg(k_2)) & \sin(\arctg(k_2)) \\ -\sin(\arctg(k_2)) & \cos(\arctg(k_2)) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_{obs} \\ y_{obs} \end{bmatrix}, \quad (16)$$

де $x_{2.i.уточ}$ та $y_{2.i.уточ}$ – координати уточненої траєкторії, що повернута на кут $\arctg(k_2)$ та віднесена у точку сполучення ділянок (розміщення

значень (точок) траєкторії множимо на матрицю повороту. У результаті отримаємо ділянку повернуту на потрібний кут. Крім того, віднесемо кожен вектор дискретної ділянки у точку перешкоди (x_{obs}, y_{obs}):

перешкоди). Графічне представлення отриманих результатів представлено на рис. 4.

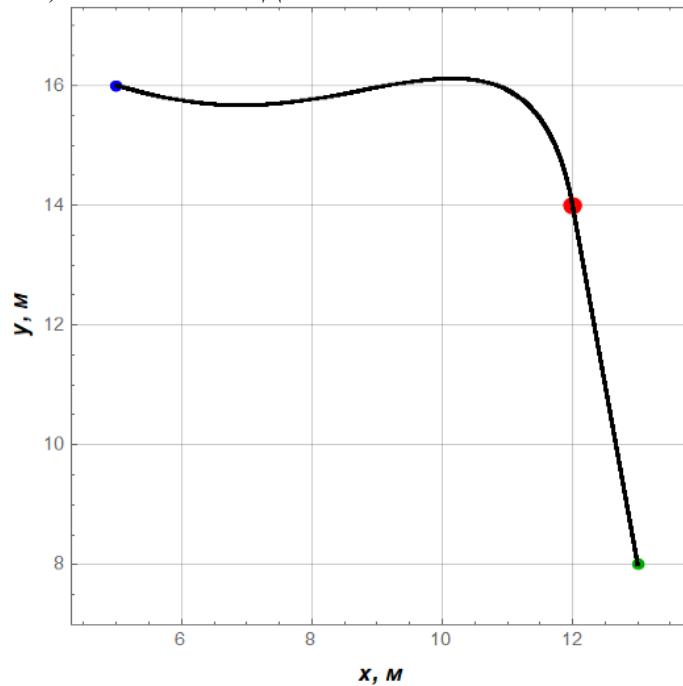


Рис. 4. Графічне зображення оновленої траєкторії руху вантажу

Наступним етапом є розрахунок законів керування механізмів повороту крана та переміщення візка. Для цього використовуємо

$$L_{2.уточ} = \int_0^{L_2} \sqrt{1 + (\dot{y}_2(x))^2} dx = 8,348 \text{ м} \quad (17)$$

Ідеальна довжина траєкторії (ламана лінія із двох прямих) рівна 13,363 м. Реальна довжина траєкторії (перша і уточнена друга ділянки) рівна 14,431 м, що на 7,99 % більше довжини ідеальної траєкторії.

Для забезпечення плавного переходу між ділянками

$$L_{пер} = 2 \cdot \frac{v \cdot t_1}{2} + 2 \cdot \frac{(v + v_{\min}) \cdot t_1}{2} = 2 \cdot \frac{0,2 \cdot 4}{2} + 2 \cdot \frac{(0,2 + 0,1) \cdot 4}{2} = 2 \text{ м} \quad (18)$$

де t_1 – тривалість перехідного процесу ($t_1=4$ с). Визначаємо загальну тривалість руху по траєкторії, при

характеристики руху вантажу по траєкторії. Виконаємо розрахунок довжини другої ділянки:

використовують понижену швидкість руху $v_{\min}=0,5v=0,1$ м/с. Крім того, необхідно забезпечити наявність перехідних процесів (оберемо, що кожен з них буде тривалістю 4 с). Загальна довжина траєкторій, яка буде пройдена на перехідних процесах, визначається таким чином:

умові, що рух виконується із змінною швидкістю:

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Великоіваненко Д. І.

$$T_{\text{заг}} = \frac{L_{\text{заг}} - L_{\text{неп}}}{v} + 4t_1 = \frac{14,431 - 2}{0,2} + 16 = 78,155 \text{ с} \quad (19)$$

Визначимо кількість точок дискретизації u положення вантажу на траєкторії:

$$u = \frac{T_{\text{заг}}}{\Delta t} = \frac{78,155}{0,1} = 781,55 \approx 782. \quad (20)$$

Визначимо момент переходу з номінальної швидкості на проміжну:

$$t_2 = \frac{L_1 - \frac{v \cdot t_1}{2} - \frac{(v + v_{\min}) \cdot t_1}{2}}{v} + t_1 = \frac{6,083 - \frac{0,2 \cdot 4}{2} - \frac{(0,2 + 0,1) \cdot 4}{2}}{0,2} + 4 = 29,415 \text{ с} \quad (21)$$

Розрахуємо момент досягнення проміжної швидкості:

$$t_3 = t_2 + t_1 = 29,415 + 4 = 33,415 \text{ с} \quad (22)$$

Отримаємо момент закінчення розгону з проміжної швидкості до номінальної:

$$t_4 = t_3 + t_1 = 33,415 + 4 = 37,415 \text{ с} \quad (23)$$

Визначимо момент початку гальмування з номінальної швидкості до зупинки:

$$t_5 = T_{\text{заг}} - t_1 = 78,155 - 4 = 74,155 \text{ с}. \quad (24)$$

Для того, щоб реалізувати формулу зміну кроку переміщення вантажу між дискретними моментами часу змінний характер швидкості руху вантажу по новій траєкторії запишемо

$$\Delta s \approx \begin{cases} \frac{nt^2(-2t + 3t_1)v\Delta t}{t_1^3}, t_1 \geq t \geq 0; \\ n \cdot v \cdot \Delta t, t_2 \geq t > t_1; \\ \frac{1}{(t_2 - t_3)^3} n \left(-(t - t_3)^2 (2t - 3t_2 + t_3)v + (t - t_2)^2 (2t + t_2 - 3t_3)v_{\min} \right) \Delta t, t_3 \geq t > t_2; \\ \frac{1}{(t_3 - t_4)^3} n \left((t - t_3)^2 (2t + 3t - 3t_4)v + (t - t_4)^2 (2t - 3t_3 + t_4)v_{\min} \right) \Delta t, t_4 \geq t > t_3; \\ n \cdot v \cdot \Delta t, t_5 \geq t > t_4; \\ \frac{n(t - T)^2 (2t + T - 3t_5)v\Delta t}{(T - t_5)^3}, T \geq t > t_5, \end{cases} \quad (26)$$

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Великоіваненко Д. І.

де Δs – крок переміщення вантажу протягом часу Δt ; t_2 – моменту переходу від номінальної швидкості на проміжну швидкість; t_3 – момент досягнення проміжної швидкості; t_4 – моменту переходу від проміжної

швидкості на номінальну швидкість; t_5 – момент початку гальмування механізмів. Надалі розраховано дискретні швидкості механізмів [9] (рис. 6).

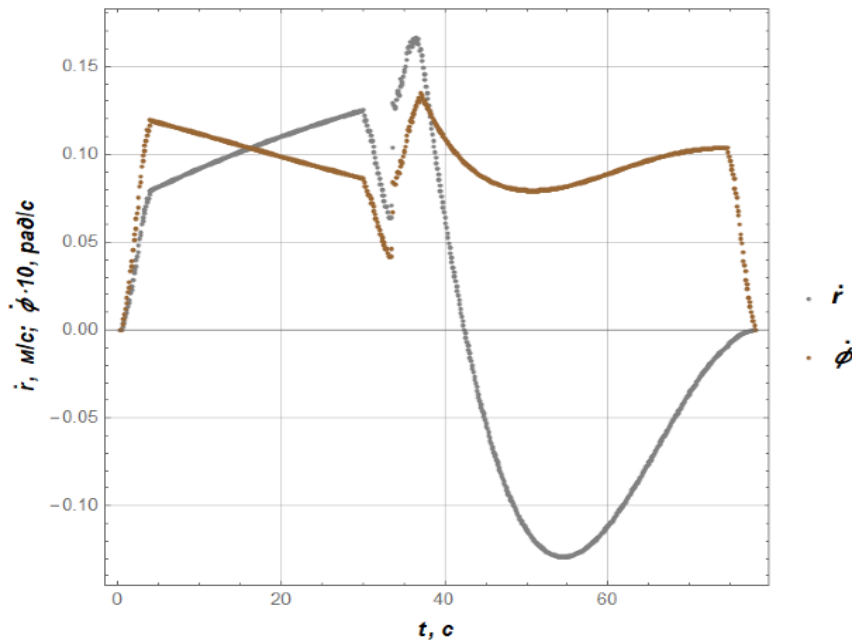


Рис. 6. Графічне зображення лінійної швидкості руху візка та кутової швидкості повороту стріли баштового крана при реалізації оновленої траєкторії руху вантажу

Для оцінки окремих характеристик руху механізмів наведемо табл. 1, де зібрані

розраховані дані для окремих етапів (наближень) розрахунку законів руху механізмів.

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Великоіваненко Д. І.

1. Характеристики руху механізмів для трьох окремих етапів розрахунку законів руху механізмів баштового крана

Показник	Наближення у розрахунку траєкторії руху вантажу		
	перше	друге	третє
Механізм повороту крана			
Перепад швидкості при розгоні, м/с	0,12	0,12	0,00
Перепад швидкості у точці сполучення, м/с	0,20	0,10	0,03
Перепад швидкості при гальмуванні, м/с	0,12	0,10	0,00
Знакозмінний характер швидкості механізму, так/ні	Ні	Ні	Ні
Механізм переміщення візка			
Перепад швидкості при розгоні, м/с	0,08	0,08	0,00
Перепад швидкості у точці сполучення, м/с	0,05	0,12	0,07
Перепад швидкості при гальмуванні, м/с	-0,08	0,00	0,00
Знакозмінний характер швидкості механізму, так/ні	Так	Ні	Ні

З табл. 1 видно, що з кожною новою ітерацією показники руху механізмів покращувалися. Перепад швидкості механізму повороту при розгоні зменшився з 0,12 м/с у першому наближенні до відсутності перепаду в третьому наближенні. Ситуація з перепадами швидкості при гальмуванні також покращилася, хоча в точці сполучення перепад у третьому наближенні зріс на 0,01 м/с порівняно з другим наближенням.

Висновки і перспективи подальших досліджень:

1) виконано постановку задачі оминання траєкторії при побудові траєкторії руху вантажу, який переміщується баштовим краном. Для цього передбачено проведення побудови траєкторії першого

наближення та її багатократна модифікація;

2) отримано узгоджені закони руху механізмів повороту та зміни вильоту вантажу, які відповідають руху вантажу по знайдений траєкторії і які можуть бути реалізовані за допомогою частотних перетворювачів, що керують приводами механізмів повороту крана та зміни вильоту вантажу;

3) розроблена у статті методика синтезу узгоджених законів руху механізмів баштового крана є загальною. Вона може застосовуватись для інших кранів та маніпуляційних систем роботів, що визначає перспективи подальших досліджень у даному напрямку.

Список використаних джерел:

1. Gutierrez, I.; Collado, J. (2015). [IEEE 2015 12th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE) - Mexico City, Mexico (2015.10.28-2015.10.30)] 2015 12th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE) - Obstacle avoidance in a two wired hammerhead tower crane.
2. He Chen, Peng Yang, Yanli Geng (2019). Proceedings of the 2019 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics Hong Kong, China, July 8-12, 2019. A Time Optimal Trajectory Planning Method for Overhead Cranes with Obstacle Avoidance.
3. Inomata, Akira; Noda, Yoshiyuki (2016). Fast trajectory planning by design of initial trajectory in overhead traveling crane with considering obstacle avoidance and load vibration suppression. Journal of Physics: Conference Series, 744, 012070.
4. Matsusawa, Kanata; Noda, Yoshiyuki; Kaneshige, Akihiro (2019). [IEEE 2019 IEEE 15th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) - Vancouver, BC, Canada (2019.8.22-2019.8.26)] 2019 IEEE 15th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) - On-demand Trajectory Planning with Load Sway Suppression and Obstacles Avoidance in Automated Overhead Traveling Crane System.
5. Hirashawa, Y., Hayasaki, K. (2014). Path planning for tower crane with obstacle avoidance. Procedia Computer Science, 29, 647-656.
6. Kotake, H., Yanagawa, H. (2016). Path planning of tower crane with obstacle avoidance using artificial intelligence algorithm. International Journal of Advanced Robotic Systems, 13(2), 1-9.
7. Yanagawa, H., Kato, T., Kotake, H. (2017). Path planning for tower cranes with obstacle avoidance using genetic algorithm. Proceedings of the International Conference on Robotics and Biomimetics, Macau, China, December 5-8, 2017, 164-169.

8. Алгоритм Савицького-Голя. URL: https://ru.frwiki.wiki/wiki/Algorithme_de_Savitzy-Golay (дата звернення: 14.12.2022).

References:

1. Gutierrez, I.; Collado, J. (2015). [IEEE 2015 12th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE) - Mexico City, Mexico (2015.10.28-2015.10.30)] 2015 12th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE) - Obstacle avoidance in a two wired hammerhead tower crane.
2. He Chen, Peng Yang, Yanli Geng (2019). Proceedings of the 2019 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics Hong Kong, China, July 8-12, 2019. A Time Optimal Trajectory Planning Method for Overhead Cranes with Obstacle Avoidance.
3. Inomata, Akira; Noda, Yoshiyuki (2016). Fast trajectory planning by design of initial trajectory in overhead traveling crane with considering obstacle avoidance and load vibration suppression. Journal of Physics: Conference Series, 744, 012070.
4. Matsusawa, Kanata; Noda, Yoshiyuki; Kaneshige, Akihiro (2019). [IEEE 2019 IEEE 15th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) - Vancouver, BC, Canada (2019.8.22-2019.8.26)] 2019 IEEE 15th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) - On-demand Trajectory Planning with Load Sway Suppression and Obstacles Avoidance in Automated Overhead Traveling Crane System.
5. Hirashawa, Y., Hayasaki, K. (2014). Path planning for tower crane with obstacle avoidance. Procedia Computer Science, 29, 647-656.
6. Kotake, H., Yanagawa, H. (2016). Path planning of tower crane with obstacle avoidance using artificial intelligence algorithm. International Journal of Advanced Robotic Systems, 13(2), 1-9.
7. Yanagawa, H., Kato, T., Kotake, H. (2017). Path planning for tower cranes with obstacle avoidance using genetic algorithm.

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Великоіваненко Д. І.
Proceedings of the International Conference on
Robotics and Biomimetics, Macau, China,
December 5-8, 2017, 164-169.

8. Algorithm of Savitzky-Golay. URL:
https://ru.frwiki.wiki/wiki/Algorithme_de_Savitzky-Golay (access date: 12/14/2022).

MOTION LAWS DEVELOPMENT OF TROLLEY MOVEMENT AND TOWER CRANE SLEWING

Yu. O. Romasevych, V. S. Loveikin, D. I. Velykoyivanenko

***Abstract.** The article presents the problem of synthesizing the trajectory of load movement when bypassing an obstacle. The trajectory was obtained on the basis of the requirement for a smooth change in the direction of the load movement. Based on the discrete positions of the load, the position of the links of the mechanisms of the tower crane slewing and trolley movement was found. The laws of changing the speed of movement of these mechanisms were obtained. The results obtained at each iteration of the calculation were analyzed, and it was established that the final result satisfies the requirements for the smoothness of the movement of the load, provides smooth acceleration and deceleration of the mechanisms, which is confirmed by graphic dependencies and numerical data.*

***Keywords:** law of motion, tower crane, obstacle, trolley movement, slewing of the crane*