

**Зміст електронного журналу
«Наукові доповіді НУБіП України»
№ 6/106 (грудень), 2023
Рекомендований до видання Вченою Радою НУБіП України
протокол № 5 від 22 листопада 2023 р.**

Біологія, біотехнологія, екологія

- 1. Піковський М. Й., Марковська О. Є., Дудченко В. В., Мельник В. І., Соломійчук М. П., Круковський Р. Д.** Вплив поживних середовищ і температури на ріст та розвиток гриба *Fusarium Oxysporum F. Sp. Cuscuterinum Owen* – збудника фузаріозного в'янення огірка
- 2. Мельник В. М., Шафаренко М. В., Остапенко Ж. І., Косова В. П., Ружинська Л. І.** Взаємодія мікробіологічних та мембранних технологій очищення стічної води
- 3. Худіяш Ю. М., Потрохов О. С., Зіньковський О. Г., Водяницький В. М., Кофонов К., Красюк Ю. М.** Біотестування антропогенного впливу на ділянки р. Рось та р. Протока за життєздатністю ікри та личинок коропових риб

Агрономія

- 4. Войтовик М. В., Панченко О. Б., Примак І. Д., Цюк О. А.** Порівняльна оцінка агрофізичних властивостей за різних технологій обробітку ґрунту в сівозміні
- 5. Пасічник Н. А., Дудник А. О., Опришко О. О., Кіктев М. О., Петренко М. М.** Використання нейронних мереж для планування коректного відбору зразків рослинних насаджень в технологіях точного землеробства
- 6. Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М., Гаврилюк О. С.** Оцінка комплексного впливу біопрепаратів на процес проходження індукції флуоресценції хлорофілу в листках картоплі за органічної технології вирощування
- 7. Поліщук В. В., Коновалов Д. В.** Вплив погодних умов на польову схожість насіння пшениці озимої
- 8. Куц О. В., Онищенко О. І., Чаюк О. О., Коноваленко К. М., Ільїнова Є. М.** Використання мікробних препаратів та гумінових добрив за вирощування баклажана в плівкових теплицях
- 9. Свистунова І. В., Захлебаєв М. В., Полторецький С. П., Карбівська У. М., Шувар А. М., Сенік І. І., Мулярчук О. І.**

Фотосинтетична продуктивність буркуну білого в одновидових та сумісних посівах в умовах правобережного Лісостепу України

Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

- 10. Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П.** Нетрадиційні джерела протеїну у годівлі африканського сома *Clarias Gariepinus*
- 11. Корбич Н. М.** Жива маса та показники продуктивності баранців таврійського типу асканійської тонкорунної породи
- 12. Димчук А. В., Понько Л. П.** Вплив генотипових та паратипових факторів на реалізацію молочної продуктивності корів
- 13. Маслов В. І.** Застосування вермигумусу у годівлі свиней
- 14. Цвігун А. Т., Цвігун О. А.** Прогнозування газового та енергетичного балансу для жуйних тварин

Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва

- 15. Гриневич Н. Є., Ткачук С. А., Соболев О. І., Савчук Л. Б.** Якість м'яса курчат-бройлерів за згодовування неорганічної форми селену
- 16. Горкава І. М., Малюк М. О.** Рентгенологічні зміни колінного суглобу кроля за експериментального остеоартрозу
- 17. Кориневська Т. В., Данчук О. В.** Аналіз впливу основних характеристик нервових процесів на біохімічні показники крові собак за короткотривалої харчової депривації
- 18. Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.** Визначення варіабельності серцевого ритму як показника впливу тонуру автономної нервової системи у свиней
- 19. Форкун В. І., Бобрицька О. М.** Динаміка вмісту статевих гормонів в крові сук різного віку
- 20. Жуковський М. О., Недосєков В. В.** Громадські об'єднання спеціалістів ветеринарної медицини, ветеринарні організації та асоціації
- 21. Бойчук Б. І., Карповський В. І., Грищук І. А., Карповський В. В., Грищук А. В.** Вміст насичених жирних кислот в плазмі крові кіз в залежності від тонуру автономної нервової системи
- 22. Туяхов М. Ф.** Визначення деяких показників клітинного імунітету собак за глибокої піодермії

Лісове і садово-паркове господарство

- 23. Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.**
Репрезентативність трав'яних багаторічних фітоавтохтонів у ландшафтному фітоценодизайні парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Феофанія»

Техніка та енергетика АПК

- 24. Зарівний О. Ю., Ромасевич Ю. О.** Розробка фізичної моделі пристрою для транспортування малогабаритних вантажів
- 25. Мейш Ю. А., Арнаута Н. В.** Динамічна задача осесиметричних коливань циліндричних оболонок змінної товщини під дією нестационарного навантаження

Biology, biotechnology, ecology

1. **Pikovskiy M., Markovska O., Dudchenko V., Melnyk V., Solomiichuk M., Krukovskiy R.** Influence of nutrition media and temperature on the growth and development of the *Fusarium Oxysporum F. Sp. Cucumerinum Owen* – the causative agent of fusarium wilt of cucumber
2. **Mel'nyk V., Shafarenko M., Ostapenko Zh., Kosova V., Rhuzinska L.** Interaction of microbiological and membrane technologies of wastewater treatment
3. **Khudiiash Yu., Potrokhov O., Zinkovskiy O., Vodianitskiy O., Kofonov K., Krasiuk Yu. M.** Biotesting of the anthropogenic impact on areas of the r. Ros and r. Protoka on the viability of carp fish eggs and larvae

Agronomy

4. **Voitovyk M., Panchenko O., Prymak I., Tsyuk O.** Comparative assessment of agrophysical properties under different technologies of soil processing in crop rotation
5. **Pasichnyk N., Dudnyk A., Opryshko O., Kiktev N., Petrenko M.** Use of neural networks for planning the correct selection of plant and soil samples in precision agriculture technologies
6. **Khomenko T., Tonkha O., Puzniak O., Havryliuk O.** Assessment of the complex influence of biopreparations on the process of chlorophyll fluorescence induction in potato leaves by organic cultivation technology
7. **Polishchuk V., Konovalov D.** Influence of weather conditions on field germination of winter wheat seeds
8. **Kutz O., Onyschenko O., Chaiuk O., Konovalenko K., Ilyinova E.** Use of microbial preparations and humics fertilizer for eggplant growing in film greenhouses
9. **Svystunova I., Zakhliebaiev M., Poltoretskiy S., Karbivska U., Shuvar A., Senyk I., Muliarchuk O.** Photosynthetic productivity of melilotus albus in single-species and combined crops in the conditions of the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine

Technology of production and processing of livestock products

10. **Umanets R., Balanchuk L., Nedashkivskiy V., Chudak R., Tsap S., Kryvyi M., Koroban M.** Non-traditional sources of protein in the feeding of african catfish *Clarias Gariepinus*
11. **Korbych N.** Live weight and productivity indicators of tavrion-type rams of askaniya thin-corn breed

- 12.Dymchuk A., Ponko L.** Influence of genotype and paratype factors on the realization of milk productivity of cows
- 13.Maslov V.** Application of vermicompost in feeding pigs
- 14.Tsvigun A., Tsvigun O.** Prediction of gas and energy balance for ruminants

Veterinary medicine, quality and safety of livestock products

- 15.Hrynevych N., Tkachuk S., Sobolev O., Savchuk L.** Meat quality of broiler chickens by feeding inorganic form of selenium
- 16.Gorkava I., Malyuk M.** Radiological changes of the rabbit knee joint in experimental osteoarthritis
- 17.Korynevskaya T., Danchuk O.** Analysis of the influence of the main characteristics of nervous processes on the biochemical indicators of the blood of dogs during short-term food deprivation
- 18.Todoryuk V., Karpovskiy V., Zhurenko O., Kryvoruchko D., Zhurenko V., Kravchuk S., Khyminets P.** Determination of heart rate variability as an indicator of the influence of the tone of the autonomic nervous system in pigs
- 19.Forkun V., Bobrittska O.** Dynamics of state hormones in the blood of bitches
- 20.Zhukovskiy M., Nedosekov V.** Public associations of veterinary medicine specialists, veterinary organizations, and associations
- 21.Boychuk B., Karpovsky V., Hryshchuk I., Karpovsky V., Hryshchuk A.** The content of saturated fatty acids in the blood plasma of goats depending on the tone of the autonomic nervous system
- 22.Tuyakhov M.** Determination of some indicators of cellular immunity in dogs with deep pyoderma

Forestry and ornamental plants

- 23.Matiashuk R., Gubar L., Krylov Y., Pirko I., Tkachenko I.** Representativeness of herbal perennial phytoauthonies in the landscape phytocenod design of the landscape art park-monument «Feofaniya»

Engineering

- 24.Zarivnyi O., Romasevich Y.** Development of a physical model of the device for transporting small loads
- 25.Meish Yu., Arnauta N.** Dynamic problem of axisymmetric oscillations of cylindrical shells of variable thickness under the action non-stationary load

УДК 632.4:635.63

ВПЛИВ ПОЖИВНИХ СЕРЕДОВИЩ І ТЕМПЕРАТУРИ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК ГРИБА *FUSARIUM OXYSPORUM* F. SP. *CUCUMERINUM* OWEN – ЗБУДНИКА ФУЗАРІОЗНОГО В'ЯНЕННЯ ОГІРКА**М. Й. ПІКОВСЬКИЙ¹**, доктор сільськогосподарських наук, доцент**О. Є. МАРКОВСЬКА²**, доктор сільськогосподарських наук, професор**В. В. ДУДЧЕНКО²** доктор економічних наук, професор,**В. І. МЕЛЬНИК¹**, кандидат сільськогосподарських наук**М. П. СОЛОМІЙЧУК³**, кандидат сільськогосподарських наук**Р. Д. КРУКОВСЬКИЙ¹**, студент магістратури¹*Національний університет біоресурсів і природокористування України*²*Херсонський державний аграрно-економічний університет*³*Українська науково-дослідна станція карантину рослин Інституту**захисту рослин НААН*

E-mail: evtruslan@gmail.com

[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.001](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.001)

Анотація. Фузаріозне в'янення огірка є небезпечною хворобою, яка викликає значні втрати врожаю. Розробка ефективних заходів контролю захворювання ґрунтується на всебічному розумінні екології збудника хвороби – гриба *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* Owen, яка в умовах України вивчена недостатньо. Мета роботи – дослідження впливу поживних середовищ і температурних умов на ріст та розвиток *in vitro* гриба *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. Дослідження проводили за загальноприйнятими у фітопатології та мікології методами, у проблемній науково-дослідній лабораторії «Мікології і фітопатології» кафедри фітопатології Національного університету біоресурсів і природокористування України. Встановлено, що субстратний і температурний фактор впливали на вегетативний ріст та спороутворення *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. Максимальна швидкість міцеліального росту гриба спостерігалася на картопляно-глюкозному та картопляно-морквяному агарі. Найбільш інтенсивне спороношення патогену відмічено на картопляно-глюкозному агарі – 8,3 млн шт./см², що на 4,79-6,98 млн шт./см² більше порівняно з іншими досліджуваними середовищами. Оптимальною для вегетативного росту *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* була температура 30 °С. Найбільш інтенсивне спороутворення патогену відбувалося за температури 25 °С і становило 9,66 млн шт./см². Результати досліджень різних авторів вказують про мінливість екологічних особливостей гриба *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, що свідчить про доцільність вивчення збудників хвороб, ізольованих в умовах конкретного регіону та сільськогосподарської культури. Отримані результати екологічних особливостей гриба можна використовувати для розробки штучного інфекційного фону.

Ключові слова: фузаріозне в'янення, огірок, ізолят гриба, поживне середовище, діаметр колоній, спороношення

Актуальність. Огірок (*Cucumis sativus* L.) є важливою овочевою культурою, річний обсяг якого складає у світі 9,76 мільярдів доларів США [1]. В Україні культура посідає четверте місце серед овочів з посівною площею понад 50 тис. га [2]. Водночас однією з причин зниження продуктивності рослин і погіршення якості врожаю огірка є різні хвороби [3, 4]. В умовах України поширеними захворюваннями є пероноспороз (збудник *Pseudoperonospora cubensis* Rostow.), борошниста роса (*Erysiphe cichoracearum* DC. f. *cucurbitacearum* Pot. та *Sphaerotheca fuliginea* Poll f. *cucurbitae* Jacz.), сіра гниль (*Botrytis cinerea* Pers.), біла гниль (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary), антракноз (*Colletotrichum lagenarium* Ell. et Halst.), аскохітоз (*Ascochyta cucumis* Fautr. et Roum.), фузаріозне в'янення (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* Owen) та ін. [3, 4, 5, 6]. Особливо небезпечною хворобою є фузаріоз огірка. Ураження фузаріозним в'яненням може становити до 70 % [7] і викликати втрати врожаю на рівні 10-50 % [8]. Гриб здатен інфікувати рослини на будь-якій стадії росту огірка [9], зумовлюючи в'янення і засихання [10]. Розробка ефективних заходів контролю хвороби ґрунтується на всебічному розумінні екології

патогену, яка в умовах України вивчена недостатньо.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Комплекс видів *F. oxysporum* включає патогенні та непатогенні штами, які зазвичай трапляються у ґрунтах. Вузька специфіка патогенних штамів до рослин-живителів призвела до концепції “*formae speciales*”, при цьому кожна “*forma specialis*” групує штами з однаковим діапазоном господарів [11]. Спочатку цей діапазон був обмежений одним видом рослин, але пізніше було виявлено, що він є ширшим для багатьох “*formae speciales*”. Крім того, були ідентифіковані раси в деяких “*formae speciales*”, як правило, зі спеціалізацією на рівні сорту. Едель-Герман В. та Леконт К. [11] провели комплексний пошук літератури, щоб запропонувати огляд *F. oxysporum* “*formae speciales*” і рас. Автори зафіксували 106 добре охарактеризованих “*formae speciales*” разом із 37 недостатньо задокументованими. Також виявили 58 видів/родів рослин, сприйнятливих до *F. oxysporum*, але для яких “*forma specialis*” ще не була охарактеризована. Фузаріозне в'янення огірків викликає *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* [12]. Загалом, гриб *F. oxysporum* у циклі розвитку продукує мікроконідії,

Піковський М. Й., Марковська О. Є., Дудченко В. В., Мельник В. І., Соломійчук М. П., Круковський Р. Д. макроконідії та хламідоспори, які відіграють важливу роль у поширенні, інфікуванні рослин і його виживанні [13]. Патологічне в'янення рослин, як правило, пояснюється закупоркою судин і системною токсичністю. Теорія системної токсичності свідчить, що токсини, які виробляє *F. oxysporum*, є основною причиною в'янення рослин через пошкодження мембрани та витік води [14]. На ріст і розвиток фітопатогенних грибів [15], у тому числі *Fusarium* spp., значний вплив мають різні абіотичні екологічні фактори, зокрема температура, склад поживного субстрату тощо [16].

Ізоляти *F. oxysporum*, вилучені з рослин сої, продемонстрували найбільший радіальний ріст *in vitro* за рН 6 і температури 25°C [17]. Дослідженнями Бхавья Р. зі співавторами [18] виявлено, що оптимальна температура для розвитку *F. oxysporum* f. sp. *melonis* становила 20-25 °С, а за 35 °С ріст і споруляція гриба різко знижувалися. *F. oxysporum* f. sp. *melonis* проявляв найкращий ріст на картопляно-декстрозному агарі за температури 30 °С [19]. Для росту гриба *F. oxysporum* f. sp. *lini* оптимальна температура становила від 25 °С до 30 °С на картопляно-декстрозному агарі. Проте мінімальний ріст також відмічено за умов 45 °С і 10 °С. За температури 50 °С ріст і споруляцію не спостерігали [20]. Різноманітність отриманих результатів свідчить про

доцільність вивчення збудників хвороб, ізольованих в умовах конкретного регіону та сільськогосподарської культури.

Мета досліджень – вивчення впливу поживних середовищ і температурних умов на ріст і розвиток *in vitro* гриба *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* – збудника фузаріозного в'янення огірків.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили у проблемній науково-дослідній лабораторії «Мікології і фітопатології» кафедри фітопатології ім. акад. В.Ф. Пересипкіна НУБіП України. Вилучення ізоляту гриба *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* у чисту культуру здійснювали за загальноприйнятими методами [21] з уражених рослин огірка, які відібрані в захищеному ґрунті в умовах Київської області під час вегетаційного періоду 2022 року. Видову ідентифікацію патогену здійснювали за сукупністю морфологічних і культуральних ознак [22, 23].

У досліді з вивчення впливу поживних середовищ на ріст і розвиток *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* використовували наступні субстрати: картопляно-глюкозний агар (КГА), картопляно-морквяний агар (КМА), середовище Чапека (Ч), агар Докса (Д) та голодний агар (ГА). Чашки Петрі із поживним середовищем інокулювали диском з міцелію, діаметром 4 мм,

Піковський М. Й., Марковська О. С., Дудченко В. В., Мельник В. І., Соломійчук М. П., Круковський Р. Д. взятого з краю 7-ми денної колонії за допомогою пробкового бура. Повторність кожного варіанту чотириразова, температура інкубування 20 °С. Через рівні проміжки часу вимірювали діаметр колоній.

Під час дослідження впливу температурних умов на ріст та розвиток *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* чашки Петрі з КГА інокулювали ізолятом гриба способом наведеним вище (дисками міцелію). Інкубування здійснювали у темряві за різних контрольованих терморегимів: 15, 20, 25 та 30 °С. Повторність кожного варіанту чотириразова. Діаметр колоній вимірювали через рівні проміжки часу. В обох дослідах інтенсивність

спорношення ізоляту гриба *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* оцінювали за методикою, наведеною у роботі Патак В.Н. [24].

Результати досліджень та їх обговорення. Вегетативний ріст фітопатогенного гриба *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* відбувався на різних поживних середовищах. Водночас відмічено різницю у швидкості росту міцелію (рис. 1). На 3-тю добу культивування патогену на різних субстратах діаметр його колоній був наступним: на картопляно-глюкозному середовищі (КГА) – 18,0 мм, картопляно-морквяному агарі (КМА) – 16,5 мм, середовищі Чапека (Ч) – 17,0, агарі Докса (Д) – 15,5 мм та голодному агарі (ГА) – 14,0.

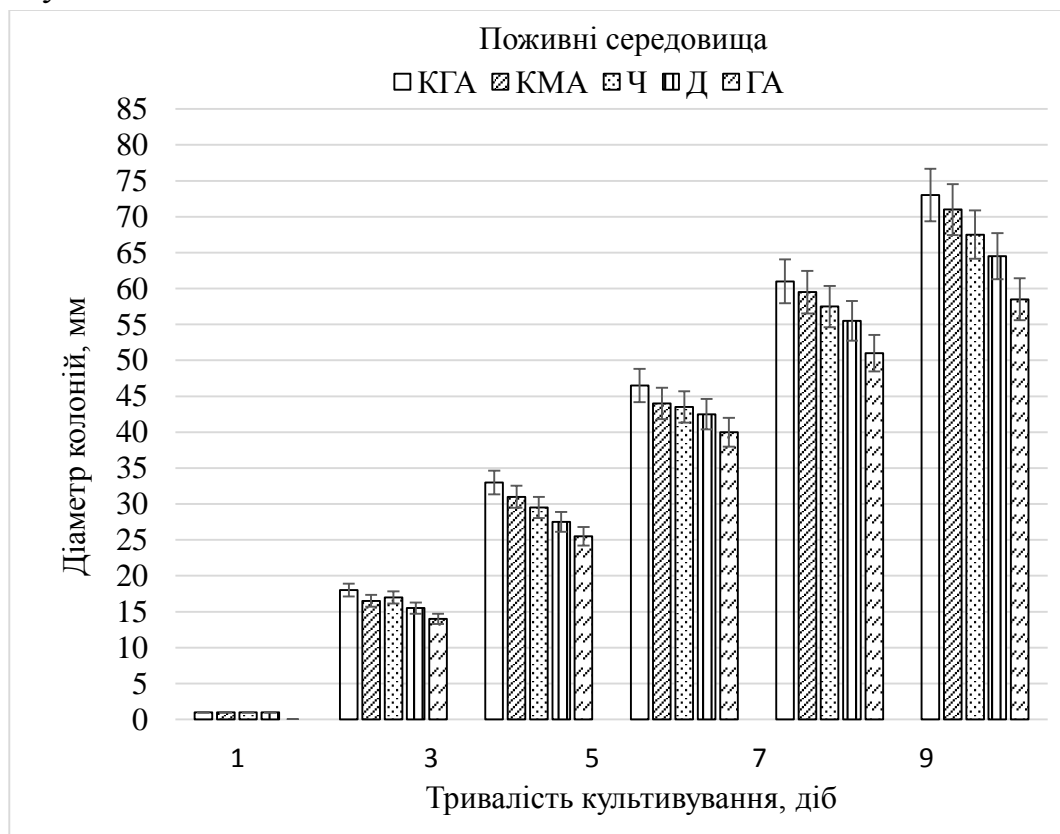


Рис. 1. Динаміка росту *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* на поживних середовищах

Дослідження швидкості росту гриба на 11 добу культивування засвідчило, що найбільший діаметр колоній був у варіантах із картопляно-глюкозним агаром – 73 мм і картопляно-морквяним агаром – 71 мм. На середовищі Чапека даний показник становив 67,5 мм, агарі Докса – 64,5 мм. Найменший діаметр колоній відмічено на голодному агарі – 58,5 мм.

Результати досліджень засвідчили істотний вплив поживних

середовищ на інтенсивність утворення мікро- та макроконідій *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (рис. 2). На картопляно-глюкозному агарі їх загалом формувалося 8,3 млн шт./см² субстрату. За культивування гриба на агарі Докса кількість утворених конідій становила 3,51 млн шт./см², на середовищі Чапека – 3,2 млн шт./см² та картопляно-морквяному агарі – 2,24 млн шт./см², на голодному агарі – 1,32 млн шт./см².

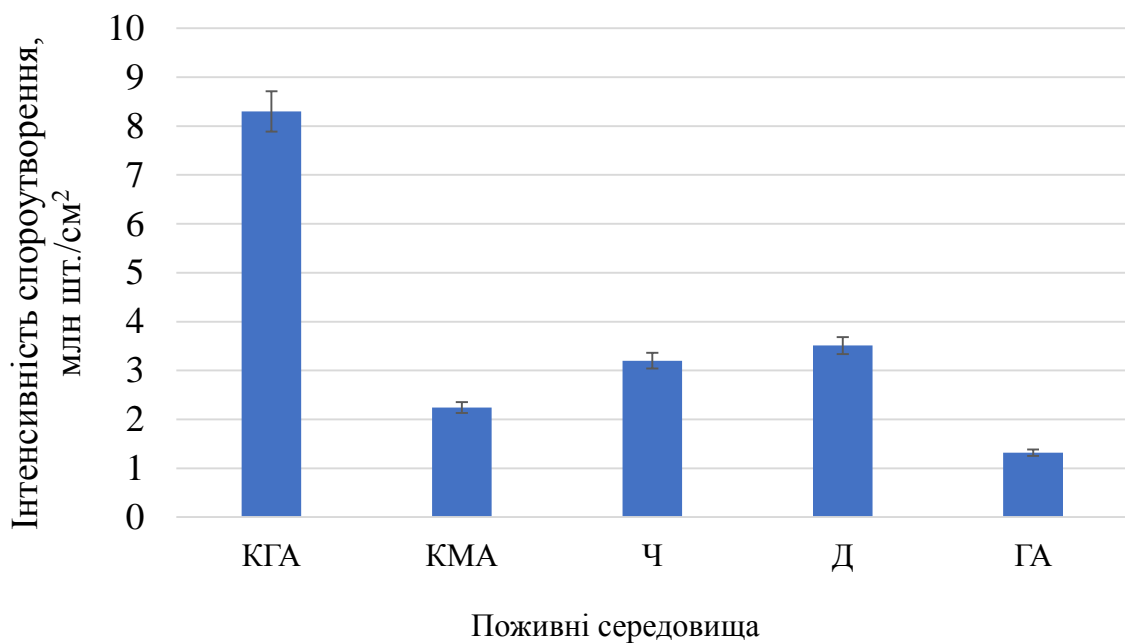


Рис. 2. Вплив поживних середовищ на інтенсивність спороношення гриба *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*

Як свідчать роботи різних авторів, температура має вагомий вплив на ріст і розвиток гриба *F. oxysporum* [18, 19, 20]. Вегетативний ріст *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* відбувався за різних терморежимів (рис. 3). При цьому виявлено суттєву різницю. Зі зростанням температури від 15 до 30 °С відбувалося збільшення швидкості росту міцелію.

На 6-ту добу культивування діаметр колоній патогену становив 12, 40,5 та 62,5 мм відповідно за температури 15, 20 та 25 °С; за температури 30 °С – 90 мм.

Інтенсивність спороутворення *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* зростала під час культивування гриба за температури від 15 до 25 °С (рис. 4). Зокрема конідій утворювалося від

Піковський М. Й., Марковська О. Є., Дудченко В. В., Мельник В. І., Соломійчук М. П., Круковський Р. Д. 3,59 до 9,66 млн шт./см². Підвищення температури до 30 °С привело до формування 8,4 млн шт./см² конідій, що на 1,26 млн менше, порівняно з умовами росту гриба за температури 25 °С.

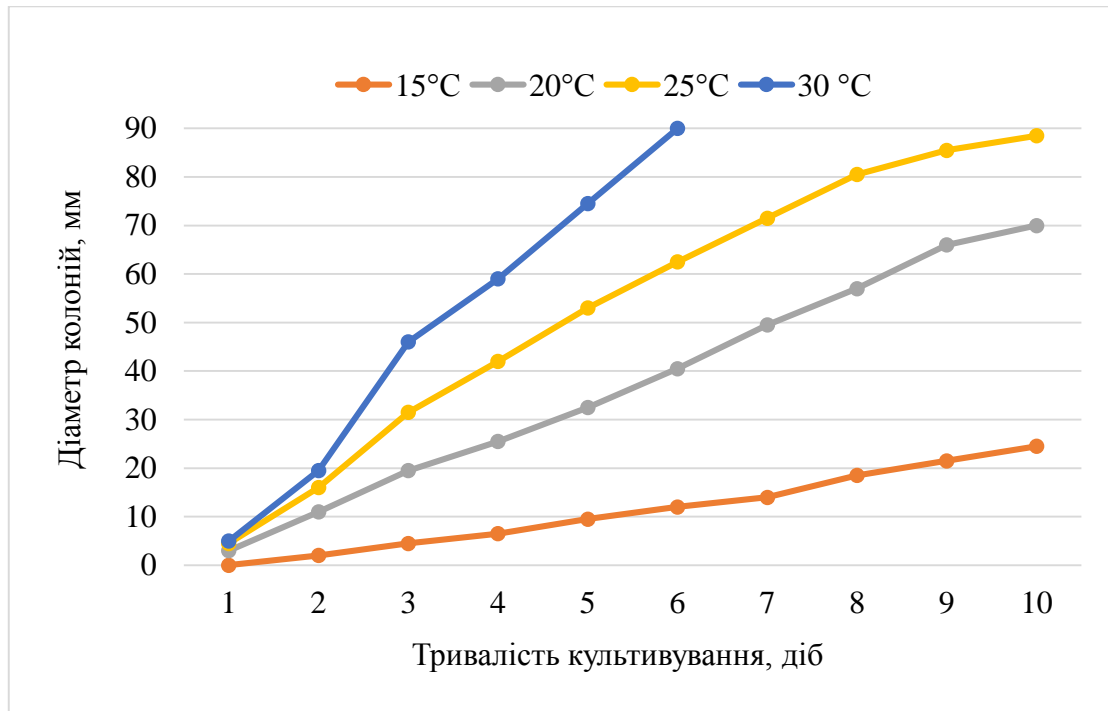


Рис. 3. Динаміка росту гриба *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* за різних температур

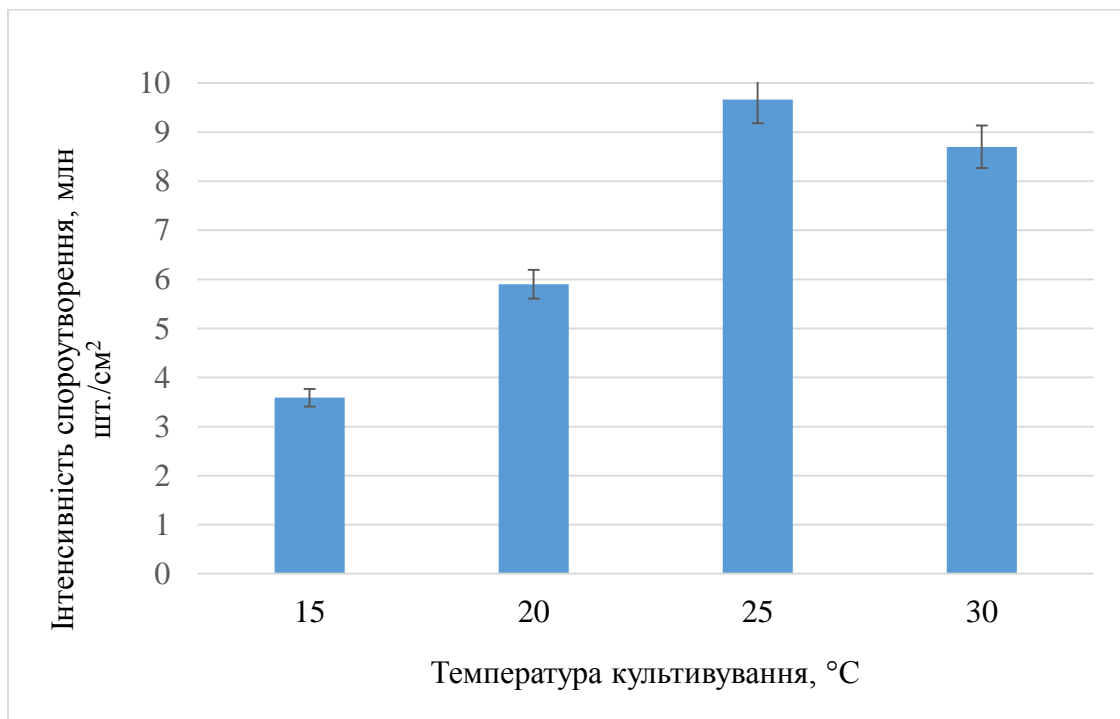


Рис. 4. Вплив температури культивування на інтенсивність спороношення гриба *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*

Ізоляти гриба *F. oxysporum f. sp. cucumerinum*, вилучені в умовах Єгипту, найкраще росли за температури 25 °С при цьому оптимальним середовищем для лінійного росту було картопляно-декстрозне [25]. Швидкість росту колонії п'яти ізолятів *F. oxysporum* на картопляно-декстрозному агарі істотно не відрізнялися, при цьому ізолят FO04 демонстрував найвищий ріст (4,45 см) на третій день та ізолят FO02, який характеризувався найменшою швидкістю росту (3,27 см) також на третю добу [26].

Щоб дослідити біологічні характеристики, які сприяють розвитку вірулентності *F. oxysporum f. sp. cucumerinum* (Foc), Уддін М.Дж. із співавторами [27] порівнювали штам дикого типу foc-3b (WT) і його варіант Ra-4 з посиленням вірулентності (InVir). Отримані результати свідчать про те, що збільшення продукування конідій і ріст *in vitro* може корелювати з посиленням вірулентності *F. oxysporum f. sp. cucumerinum* [27]. Підставою для вивчення швидкості росту міцелію різних видів грибів роду *Fusarium* і характеристики їх агресивності стала гіпотеза про те, що

Список використаних джерел

1. Meng L., Xiaotong Y., Zichao Y., Runzhi Z., Chunyi Z., Xuerong W., Ning X., Shumin L., Tongtong L., Chengyu Z. Changes in soil microbial diversity and control of *Fusarium oxysporum* in continuous cropping cucumber greenhouses following biofumigation. *Emirates Journal of Food and*

за більш швидкого росту міцелію фітопатогену утворюється більша кількість фізіологічно активних речовин, зокрема мікотоксинів, які є фактором патогенезу [28].

Висновки і перспективи. У результаті проведених досліджень встановлено, що субстратний і температурний фактор впливали на вегетативний ріст та спороутворення *F. oxysporum f. sp. cucumerinum*. Максимальна швидкість міцеліального росту спостерігалася на картопляно-глюкозному та картопляно-морквяному агарі. Найбільш інтенсивне спороношення гриба відмічено на картопляно-глюкозному агарі – 8,3 млн шт./см², що на 4,79-6,98 млн шт./см² більше порівняно з іншими досліджуваними середовищами. Оптимальною для вегетативного росту *F. oxysporum f. sp. cucumerinum* була температура 30 °С. Найбільш інтенсивне спороутворення патогену відбувалося за температури 25 °С і становило 9,66 млн шт./см². Отримані результати екологічних особливостей гриба можна використовувати для розробки штучного інфекційного фону патогену.

Agriculture. 2018. Vol. 30, № 8. P. 644-653. DOI: 10.9755/ejfa.2018.v30.i8.1752.

2. Яровий Г.І., Лебединський І.В., Сергієнко О.В. та ін. Технології вирощування огірка: монографія. Харків: ХНАУ, 2018. 190 с.

3. Kyryk M.M., Pikovskyi M.Y., Azaiki S. Diagnostic signs of diseases of vegetable

- Піковський М. Й., Марковська О. С., Дудченко В. В., Мельник В. І., Соломійчук М. П., Круковський Р. Д. crops and potato: monograph. Kyiv, 2012. 175 p.
4. Daunde A., Baghele Rahul, Khandare Viprav. Management of Prevalent Diseases of Cucumber (*Cucumis sativus*) through Integrated Approach. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020. Vol 9, № 7. P. 3022-3028. Doi: 10.20546/ijcmas.2020.907.355.
 5. Піковський М.Й., Кирик М.М. Біоекологічні особливості фітопатогенних грибів *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary і *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel: монографія. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2021. 278 с.
 6. Bondarenko S., Stankevych S., Batova O., Pikovskyi M., Kabanets V. Resistance of breeding material of gherkins to downy mildew. Modern trends in agricultural science: problems and solutions: monograph. Edited by S. Stankevych, O. Mandych. Tallinn: Teadmus OÜ, 2023. P. 6-25.
 7. Huang X.Q., Lu X.H., Sun M.H., Guo R.J., van Diepeningen A.D., Li S.D. Transcriptome analysis of virulence-differentiated *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* isolates during cucumber colonisation reveals pathogenicity profiles BMC. *Genomics*. 2019. Vol. 20, № 1. P. 570. Doi: 10.1186/s12864-019-5949-x
 8. Shen W., Lin, X., Gao, N., Zhang H., Yin R., Shi W., Duan Z. Land use intensification affects soil microbial populations, functional diversity and related suppressiveness of cucumber *Fusarium* wilt in China's Yangtze River Delta. *Plant Soil*. 2008. 306. P. 117-127.
 9. Lievens B., Claes L., Vakalounakis D.J., Vanachter A., Thomma B. A robust identification and detection assay to discriminate the cucumber pathogens *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* and f. sp. *radicis-cucumerinum*. *Environ. Microbiol.* 2007. 9. P. 2145-2161. DOI: 10.1111/j.1462-2920.2007.01329.x.
 10. Pscheidt J.W., Ocamp C.M. Pacific northwest plant disease management handbook. Oregon: Oregon State Extension Service. 2016. 848 p.
 11. Edel-Hermann V., Lecomte C. Current Status of *Fusarium oxysporum* Formae Speciales and Races. *Phytopathology*. 2018. Vol. 109, № 4. P. 512-530.
 12. Kim D.H., Martyn R.D., Magill C.W. Mitochondrial DNA (mtDNA) – Relatedness among formae speciales of *Fusarium oxysporum* in the Cucurbitaceae. *Phytopathology*. 1993. Vol. 83, № 1. P. 91-97.
 13. Stajich J.E., Berbee M.L., Blackwell M., Hibbett D.S., James T.Y., Spatafora J.W., Taylor J.W. The Fungi. *Curr. Biol*. 2009. 19. P. 840-845.
 14. Wang M., Ling N., Dong X. et al. Effect of fusaric acid on the leaf physiology of cucumber seedlings. *Eur. J. Plant Pathol*. 2014. 138. P. 103-112.
 15. Kyryk M.M., Pikovskyi M.Y., Azaiki S. Gray mold of plants, biological and ecological properties of its agents (*Botrytis cinerea* Pers.): monograph. Kyiv: Phoenix, 2013. 209 p.
 16. Chakrapani K., Chanu W.T., Sinha B., Thangjam B., Hasan W., Devi K.S., Chakma T., Phurailatpam S., Mishra L.K., Singh G.M., Khoyumthem P., Saini R. Deciphering growth abilities of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* under variable temperature, pH and nitrogen. *Frontiers in Microbiology*. 2023. 13 (14). 1228442. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1228442
 17. Cruz D.R., Leandro L.F.S., Munkvold G.P. Effects of Temperature and pH on *Fusarium oxysporum* and Soybean Seedling Disease. *Plant Disease*. 2019. Vol. 103, № 12. P. 3234-3243. DOI:10.1094/pdis-11-18-1952-re
 18. Bhavya R., Thammaiah N., Venkat Devappa, Indires K.M., Jayappa J. Physiological studies of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. Vol. 8, № 11. P. 536-544. DOI: 10.20546/ijcmas.2019.811.066
 19. Mohammad Hailmi Sajili et al. Potential of *Pseudomonas* sp. & *Bacillus* sp. for Controlling *Fusarium oxysporum*, A Causal Agent For Rockmelon *Fusarium* Wilt Disease. *J. Agrobiotech*. 2018. № 9 (1S). P. 269-282.
 20. Singh Narendra, Behera Lopamudra, Bais Rajendra, Tiwari Ashutosh, Kumar Sumit. Effect of temperature and pH on growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* (Bolley) Synder and Hensan causing linseed

- Піковський М. Й., Марковська О. С., Дудченко В. В., Мельник В. І., Соломійчук М. П., Круковський Р. Д. wilt under environmental condition. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019. 8. 2. P. 1427-1430.
21. Reddy C.A. et al. *Methods for General and Molecular Microbiology*. Washington, DC, USA: ASM Press, 2007. 1069 P.
22. Nelson P.E., Toussoun T.A., Marasas W.F. *Fusarium species: An illustrated manual for identification*. Pennsylvania State University Press, 1983. 193 p.
23. Leslie F.J., Summerell B.A. *Fusarium laboratory manual*. Blackwell Publishing: Wiley, USA, 2006. 400 p.
24. Pathak V.N. *Laboratory manual of plant pathology*. (2nd Edn.). Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi. 1984. P. 11-12.
25. Altuwajiri Majdah. Studies on Fusarium wilt Disease of Cucumber. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2015. Vol. 5 (02). P. 110-119.
26. Hazirah Mohd Din, Osamah Rashed and Khairulmazmi Ahmad. Prevalence of Fusarium wilt disease of cucumber (*Cucumis sativus* Linn.) in Peninsular Malaysia caused by *Fusarium oxysporum* and *F. solani*. *Tropical Life Sciences Research*. 2020. 31(3). P. 29-45. DOI: 10.21315/tlsr2020.31.3.3
27. Uddin M.J., Huang X., Lu X., Li S. Increased Conidia Production and Germination In Vitro Correlate with Virulence Enhancement in *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. *Journal of Fungi*. 2023. 9(8). 847. DOI:10.3390/jof9080847
28. Sip V., Chrpova J., Sykorova S. Assessing Resistance to Head Blight in Wheat Cultivars Inoculated with Different *Fusarium* Isolates. *Czech. J. Genet. Plant Breed.* 2008. V. 44. P. 43-59.
- cultivation technologies: monograph. Kharkiv: KhNAU, 190.
3. Kyryk M.M., Pikovskyi M.Y., Azaiki S. (2012). Diagnostic signs of diseases of vegetable crops and potato: monograph. Kyiv, 175.
4. Daunde A., Baghele Rahul, Khandare Viprav. Management of Prevalent Diseases of Cucumber (*Cucumis sativus*) through Integrated Approach. (2020). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9, 7, 3022-3028. Doi: 10.20546/ijcmas.2020.907.355.
5. Pikovsky M.Y., Kyryk M.M. (2021). Bioecological features of phytopathogenic fungi *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary and *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel: monograph. Kyiv: FOP Yamchynskiy O.V., 278.
6. Bondarenko S., Stankevych S., Batova O., Pikovskyi M., Kabanets V. (2023). Resistance of breeding material of gherkins to downy mildew. Modern trends in agricultural science: problems and solutions: monograph. Edited by S. Stankevych, O. Mandych. Tallinn: Teadmus OÜ, 6-25.
7. Huang X.Q., Lu X.H., Sun M.H., Guo R.J., van Diepeningen A.D., Li S.D. (2019). Transcriptome analysis of virulence-differentiated *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* isolates during cucumber colonisation reveals pathogenicity profiles BMC. *Genomics*, 20, 1, 570. Doi: 10.1186/s12864-019-5949-x
8. Shen W., Lin, X., Gao, N., Zhang H., Yin R., Shi W., Duan Z. (2008). Land use intensification affects soil microbial populations, functional diversity and related suppressiveness of cucumber *Fusarium* wilt in China's Yangtze River Delta. *Plant Soil*, 306, 117-127.

References

1. Meng L., Xiaotong Y., Zichao Y., Runzhi Z., Chunyi Z., Xuerong W., Ning X., Shumin L., Tongtong L., Chengyu Z. (2018). Changes in soil microbial diversity and control of *Fusarium oxysporum* in continuous cropping cucumber greenhouses following biofumigation. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30, 8, 644-653. DOI: 10.9755/ejfa.2018.v30.i8.1752.
2. Yarovy G.I., Lebedynskiy I.V., Sergienko O.V. et al. (2018). Cucumber
9. Lievens B., Claes L., Vakalounakis D.J., Vanachter A., Thomma B. (2007). A robust identification and detection assay to discriminate the cucumber pathogens *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* and f. sp. *radicis-cucumerinum*. *Environ. Microbiol.*, 9, 2145-2161. DOI: 10.1111/j.1462-2920.2007.01329.x.
10. Pscheidt J.W., O'camb C.M. (2016). Pacific northwest plant disease management

- Піковський М. Й., Марковська О. С., Дудченко В. В., Мельник В. І., Соломійчук М. П., Круковський Р. Д. handbook. Oregon: Oregon State Extension Service, 848.
11. Edel-Hermann V., Lecomte C. (2018). Current Status of *Fusarium oxysporum* Formae Speciales and Races. *Phytopathology*, 109, 4, 512-530.
 12. Kim D.H., Martyn R.D., Magill C.W. (1993). Mitochondrial DNA (mtDNA) – Relatedness among formae speciales of *Fusarium oxysporum* in the Cucurbitaceae. *Phytopathology*, 83, 1, 91-97.
 13. Stajich J.E., Berbee M.L., Blackwell M. et al. (2009). The Fungi. *Curr. Biol.* 19, 840-845.
 14. Wang M., Ling N., Dong X. et al. (2014). Effect of fusaric acid on the leaf physiology of cucumber seedlings. *Eur. J. Plant Pathol.*, 138, 103-112.
 15. Kyryk M.M., Pikovskyi M.Y., Azaiki S. (2013). Gray mold of plants, biological and ecological properties of its agents (*Botrytis cinerea* Pers.): monograph. Kyiv: Phoenix, 209.
 16. Chakrapani K., Chanu W.T., Sinha B., Thangjam B., Hasan W., Devi K.S., Chakma T., Phurailatpam S., Mishra L.K., Singh G.M., Khoyumthem P., Saini R. (2023). Deciphering growth abilities of fusarium oxysporum f. sp. pisi under variable temperature, pH and nitrogen. *Frontiers in Microbiology*, 13 (14), 1228442. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1228442
 17. Cruz D.R., Leandro L.F.S., Munkvold G.P. (2019). Effects of Temperature and pH on Fusarium oxysporum and Soybean Seedling Disease. *Plant Disease*, 103, 12, 3234-3243. DOI:10.1094/pdis-11-18-1952-re
 18. Bhavya R., Thammaiah N., Venkat Devappa, Indires K.M., Jayappa J. (2019). Physiological studies of Fusarium oxysporum f. sp. melonis. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. Vol. 8, № 11. P. 536-544. DOI: 10.20546/ijcmas.2019.811.066
 19. Mohammad Hailmi Sajili et al. (2018). Potential of Pseudomonas sp. & Bacillus sp. for Controlling *Fusarium oxysporum*, A Causal Agent For Rockmelon Fusarium Wilt Disease. *J. Agrobiotech.*, 9 (1S), 269-282.
 20. Singh Narendra, Behera Lopamudra, Bais Rajendra, Tiwari Ashutosh, Kumar Sumit. (2019). Effect of temperature and pH on growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. lini (Bolley) Synder and Hensan causing linseed wilt under environmental condition. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8, 2, 1427-1430.
 21. Reddy C.A. et al. (2007). Methods for General and Molecular Microbiology. Washington, DC, USA: ASM Press, 1069.
 22. Nelson P.E., Toussoun T.A., Marasas W.F. (1983). Fusarium species: An illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, 193.
 23. Leslie F.J., Summerell B.A. (2006). Fusarium laboratory manual. Blackwell Publishing: Wiley, USA, 400.
 24. Pathak V.N. (1984). Laboratory manual of plant pathology. (2nd Edn.). Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, 11-12.
 25. Altuwajiri Majdah. (2015). Studies on Fusarium wilt Disease of Cucumber. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5 (02), 110-119.
 26. Hazirah Mohd Din, Osamah Rashed and Khairulmazmi Ahmad. (2020). Prevalence of Fusarium wilt disease of cucumber (*Cucumis sativus* Linn.) in Peninsular Malaysia caused by *Fusarium oxysporum* and *F. solani*. *Tropical Life Sciences Research*, 31(3), 29-45. DOI: 10.21315/tlsr2020.31.3.3
 27. Uddin M.J., Huang X., Lu X., Li S. (2023). Increased Conidia Production and Germination In Vitro Correlate with Virulence Enhancement in *Fusarium oxysporum* f. sp. cucumerinum. *Journal of Fungi*, 9(8), 847. DOI:10.3390/jof9080847
 28. Sip V., Chrpova J., Sykorova S. (2008). Assessing Resistance to Head Blight in Wheat Cultivars Inoculated with Different Fusarium Isolates. *Czech. J. Genet. Plant Breed.*, 44, 43-59.

INFLUENCE OF NUTRITION MEDIA AND TEMPERATURE ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE *FUSARIUM OXYSPORUM* F. SP. *CUCUMERINUM* OWEN – THE CAUSATIVE AGENT OF FUSARIUM WILT OF CUCUMBER

M. Pikovskyi, O. Markovska, V. Dudchenko, V. Melnyk, M. Solomiichuk, R. Krukovskyi

Abstract. *Fusarium wilt of cucumber is a dangerous disease that causes significant crop losses. The development of effective disease control measures is based on a comprehensive understanding of the ecology of the causative agent of the disease – the fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* Owen, which has not been sufficiently studied under the conditions of Ukraine. The purpose of the work is to study the influence of nutrient media and temperature conditions on the growth and development of the in vitro fungus *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. The research was carried out according to the methods generally accepted in phytopathology and mycology, in the problem research laboratory "Mycology and Phytopathology" of the Department of Phytopathology of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. It was established that the substrate and temperature factors influenced the vegetative growth and sporulation of *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. The maximum rate of mycelial growth of the fungus was observed on potato-glucose and potato-carrot agar. The most intensive sporulation of the pathogen was noted on potato-glucose agar – 8.3 million pcs./cm², which is 4.79-6.98 million pcs./cm² more compared to other investigated media. Optimum for vegetative growth of *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* temperature was 30 °C. The most intensive sporulation of the pathogen occurred at a temperature of 25 °C and amounted to 9.66 million units/cm². The results of research by various authors indicate the variability of ecological features of the fungus *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, which indicates the expediency of studying pathogens isolated in the conditions of a specific region and agricultural culture. The obtained results of the ecological features of the fungus can be used to develop an artificial infectious background.*

Key words: *fusarium wilt, cucumber, fungus isolate, nutrient medium, colony diameter, sporulation*

УДК 62-624.2

**ВЗАЄМОДІЯ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ТА МЕМБРАННИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ОЧИЩЕННЯ СТІЧНОЇ ВОДИ****В. М. МЕЛЬНИК**, доктор технічних наук, професор,<https://orcid.org/0000-0002-0004-7218>

E-mail: vmm71@i.ua

М. В. ШАФАРЕНКО, <https://orcid.org/0000-0001-9786-4574>

E-mail: nikolajsafarenko1@gmail.com

Ж. І. ОСТАПЕНКО, аспірант, <https://orcid.org/0000-0003-0949-9912>

E-mail: zhanna.ost@gmail.com

В. П. КОСОВА, <https://orcid.org/0000-0002-3441-6536>

E-mail: vera_62@ukr.net

Л. І. РУЖИНСЬКА, кандидат технічних наук, доцент<https://orcid.org/0000-0003-1223-7649>

E-mail: ruzhli@ukr.net

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.002](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.002)

Анотація. Розглянуто поєднання технологій мікробіологічної та мембранної очистки стічної води від органічних речовин різного походження. Запропоновано експериментальну установку мембранно-дистиляційного біореактора. При проведенні запропонованої очистки стічної води в одному апараті, процес протікає в два етапи. На першому етапі відбувається біологічна очистка при анаеробних умовах отримання біогазу, а на другому – доочищення з використанням мембранної дистиляції на ультрафільтраційних мембранах. Аналізується анаеробне очищення стічної води по горизонтальних каналах шляхом пропускання через носії – тонколистові фільтрувальні завантаження (дренажі), на яких розташовані іммобілізовані мікроорганізми, що утворюють шар біоплівки. Анаеробне очищення супроводжується одержанням біогазу, який збирають і відводять в спеціальний резервуар. Під дією бактерій при ацетогенній фазі, із утворених в попередній фазі речовин, додатково виробляється оцтова кислота, яка при метаногенезі розкладається на метан, вуглекислий газ та воду. Показано, що ультрафільтраційні мембрани використовуються в якості доочищення стічної води. Доведено, що стічна вода дифундує через дренаж під дією перепаду тиску у 200 мм.вод.ст. та за температури 35-38 °С. Окреслено, що вода, яку очищають, може мати великий вміст органічних речовин від 100 до 10⁴ мг•домішок/л•води. В результаті протікання анаеробного процесу, з'ясовано вихід біогазу, який складає від 0,1 до 6 м³ біогазу/(м²•доба) в залежності від вмісту органічних речовин у стічній воді. Запропоновано безперервний процес очищення стічної води по замкнутому технологічному циклу.

Ключові слова: мікробіологічні та мембранні технології, очистка, стічна вода, метан, біоплівка, мікроорганізми

Актуальність. Всесвітня метеорологічна організація (ВМО) зазначає, що гідрологічний цикл водних ресурсів виходить із рівноваги внаслідок зміни клімату та діяльності людини. Танення снігу, льоду та льодовиків призвело до посилення таких небезпечних явищ, як повені, та загрожує довгостроковій безпеці водних ресурсів багатьох мільйонів людей. Наразі 3,6 мільярда людей стикаються з проблемою недостатнього доступу до води хоча б один місяць на рік, і, за даними механізму «ООН – Вода», очікується, що до 2050 року ця цифра збільшиться до понад 5 мільярдів людей. Протягом усього 2022 року аномалії вологості ґрунту та випаровування повторювали аномалії річкового стоку. Так, наприклад, у Європі через сильну спеку і посуху влітку спостерігалось збільшення випаровування та зниження вологості ґрунту та річкового стоку. Все це призводить до проблем не лише у сільському господарстві. Перехід від Ла-Нінья в 2022 році до Ель-Нінья в 2023 році впливає на гідрологічний цикл. Льодовики, що охоплюють нагір'я Тибету, Гімалаї, Каракорум, Гіндукуш, Памір і гори Тянь-Шаня, мають життєво важливе значення для водопостачання майже 2 мільярдів людей. У 2022 році висота снігового покриву в Альпах, що грає найважливішу роль у харчуванні

таких великих річок, як Рейн, Дунай, Рона і По, залишалася значно нижчою за середній рівень. У Європейських Альпах спостерігалися безпрецедентні масштаби втрати льодовикової маси [1].

Наше майбутнє вимагає від нас стратегічних рішень для задоволення потреб людства. І, в першу чергу, це питання пов'язані із продовольчою та екологічною складовою. У широкому розумінні поєднання цих проблем окреслює багатовекторні спрямування всього людства. А ми лише спробуємо доєднатися до них у нашій статті для вирішення конкретних питань, пов'язаних із ефективним очищенням «важких» стічних вод від шкідливих домішок.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Поєднання технологій мікробіологічного та мембранного очищення стічної води використовують в очисних спорудах для очищення води, що містить комплекс забруднювачів, до яких, окрім механічних часточок, входять і органічні речовини різного походження. Таку систему використовують у сільському господарстві, зокрема у тваринницьких або тепличних господарствах, а також у харчовій промисловості, особливо на підприємствах цукрово-, молоко- та м'ясопереробної галузі.

Відомо, що для очищення води від поверхнево-активних речовин з біорегенерацією адсорбенту [2] попередньо наносяться мікроорганізми на активоване вугілля (АВ) та піддаються традиційній регенерації, яка їх знищує. Далі відбувалося фільтрування води, яка вміщує високомолекулярні органічні сполуки. Однак таке очищення призводило до низької ефективності та фактично відбувалося дозницення іммобілізованих на АВ мікроорганізмів при регенерації останнього.

Широке застосування знайшло очищення води від розчинених органічних речовин [2], яке полягає в сполученні біологічних і адсорбційних стадій у єдиному біофізико-хімічному процесі. Тут питання адсорбції і біологічного руйнування відбуваються одночасно при очищенні води від розчинених органічних сполук. Показано, що в такому процесі ефективність очищення по використаним речовинам досягала 75-85%, а ресурс роботи АВ складав 250 діб/дм³ АВ. Однак, основним недоліком такого очищення вважається [3] його невисока ефективність видалення з водних розчинів органічних речовин.

Відома праця [4] по очистці води від органічних забруднень включає адсорбційну очистку води на АВ з іммобілізованими мікроорганізмами, у якій очистку води здійснюють до появи у фільтраті концентрації

проскоку органічних речовин, а регенерацію АВ проводять перемінно. Автори наголошують на тому, що відбувається вилучення з забрудненої води до 99% органічних речовин та підвищується термін роботи шару АВ мінімум у два рази. Але, при протіканні стічної води, із активним мулом контактує лише тонкий шар рідини, що знаходиться над поверхнею мулу. Тут виникає протиріччя між необхідністю збільшити швидкість руху потоку і вимогою до його ламінарності. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є використання спеціальних інертних носіїв в декількох видів реакторів. Завантаження у вигляді нерухомого теплоносія найчастіше являють собою структуру розгалуженої площі, яка встановлюється в проточній частині апарата [5].

Численні дослідження метанового зброджування стічної води в реакторах із мікрофлорою, іммобілізованою на інертних носіях, показують, що процес метаногенезу та біодеструкції забруднень іде в декілька разів швидше, ніж в інших типах реакторів. До того ж, в якості носіїв можуть використовуватись різноманітні відходи природного та штучного походження, зокрема, полімери. Таким чином, подібний спосіб очищення стічних вод розв'язує цілий комплекс проблем екології та енергетики [6].

У [7] автори спрямовують питання, пов'язані із одержання біогазу в біореакторі з перемішуючим пристроєм та інертним носієм біоплівки. Акцентують увагу на питаннях, пов'язаних із утримання біоплівки на інертних носіях. Зосереджують увагу на впливі гідродинаміки в біореакторі з рухомим носієм біоплівки в контексті одержання біогазу.

В [8] розглянуто важливе питання ефективної переробки води та поживних речовин. Тут демонструється можливість швидкої переробки відходів у компактній конструкції реактора та пропонує рециркулювати поживні речовини назад у продукти харчування за допомогою гетеротрофного (включаючи метанотрофний, ацетотрофний та термофільний) мікробного росту. Також зазначено, що при регенерації атмосфери буде утворюватися метан.

У [9] проведено дослідження по очистці стічних вод при виробництві морозива з хімічною потребою у кисні (ХПК) 5,2 г/л. У якості обладнання використовувався анаеробний біореактор.

Для отримання базових критеріїв при проектуванні анаеробних реакторів, було оцінено вплив різних температур перетравлення, температурних коливань і навантажень корму на вихід біогазу та вміст метану. Згідно з елементним аналізом, теоретичний вихід біогазу

та метану при стандартній температурі та тиску становив 1,12 л біогазу/г та 0,724 л СН₄/g, відповідно. Температурні коливання від 35 до 30 °С і знову від 30 до 32 °С призвели до зниження швидкості виробництва біогазу, але він швидко відновив значення контрольного реактора [10].

Зважаючи на високе органічне навантаження промислових та господарсько-комунальних стічних вод, зміну їх складу та властивостей, автори спрямували свої думки на створення експериментальної установки для мікробіологічної та мембранної очистки стічних вод, яка б забезпечувала одержання біогазу, високу якість очищеної води, а також безперебійну роботу обладнання при невеликих енерговитратах.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є раціональне поєднання мікробіологічного та мембранно-дистиляційного процесів, що дозволить проводити безперервну циркуляційну очистку стічної води з одержанням очищеної води високої якості та біогазу, а також легко утримувати технологічні параметри процесу на потрібному рівні.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

- Створити високоефективне очищення стічної води від концентрації органічних домішок від початкової 10⁴ мг/л до концентрації не більше 0,5 мг/л.

- Створити експериментальну установку, яка б забезпечувала

Мельник В. М., Шафаренко М. В., Остапенко Ж. І., Косова В. П., Ружинська Л. І.

безперервний процес очищення по замкнутому технологічному циклу;

- При проведенні процесу очистки отримати таку важливу сировину, як біогаз, який може бути використаний як джерело одержання теплової енергії.

- Довести, що по встановленим нормам щодо органолептичних показників та концентрації домішок, таку стічну воду можна запропонувати використовувати в якості «технічної води».

Матеріали та методи досліджень.

Експериментально-практичні дослідження проводилися на установці мембранно-дистиляційного біореактора з іммобілізованими на інертних носіях мікроорганізмами, призначеному для очищення стічних вод та отриманню біогазу. Вони були реалізовані в навчальній лабораторії тепло- та масообмінних процесів на кафедрі біотехніки та інженерії факультету біотехнології і біотехніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна).

Об'єктом досліджень слугує процес очищення стічної води та виробництво біогазу в мембранно-дистиляційному біореакторі, який був виготовлений з прозорого матеріалу для візуалізації процесу утворення біогазу. Також перед проведенням експерименту установку продували

азотом для створення анаеробного процесу.

Предметом досліджень – є вплив анаеробного мікробіологічно-мембранного очищення на процес отримання очищеної води та біогазу. Завдяки мікроорганізмам, які іммобілізовані на носії, утворювався шар біоплівки і, тоді, анаеробне очищення відбувається в цьому шарі. В якості носія, на якому розташовані іммобілізовані мікроорганізми, використовуються тонколистові фільтрувальні завантаження (дренажі).

Дослідження проводилися на експериментальній установці (рис. 1). У ємність постійного рівня 2 об'ємом 50 л заливали 40 л чистої води. В ємність постійного рівня 1 об'ємом 50 л подавали стічну воду з органічними домішками (концентрація домішок може досягати величини 10^4 мг/л), яка через регулюючі вентиля поступала в канали 10 мембранно-дистиляційного біореактора 3. Подачу та витік стічної води з ємності 1 регулювали таким чином, щоб рівень води в ємності 1 був постійним. Одночасно з ємності 2 через регулюючі вентиля чисту воду подавали в канали 11 мембранно-дистиляційного біореактора 3. Постійний рівень води в ємності 1 забезпечувався регулюючими вентилями. Щоб уникнути явища концентраційної поляризації швидкість води в каналах 10 та 11 підтримували в межах $0,01 \div 0,02$ м/с.

Мельник В. М., Шафаренко М. В., Остапенко Ж. І., Косова В. П., Ружинська Л. І.

Установа для мікробіологічно-мембранної очистки стічної води має поверхню мембран в 8 м^2 , 16 каналів для стічної та 16 каналів для очищеної води (довжина каналу 1 м, ширина каналу 0,5 м). Канали розташовані

один над одним послідовно. На тонколистному фільтрувальному завантаженні розміщено 32 кг (по сух. реч.) іммобілізованих мікроорганізмів.

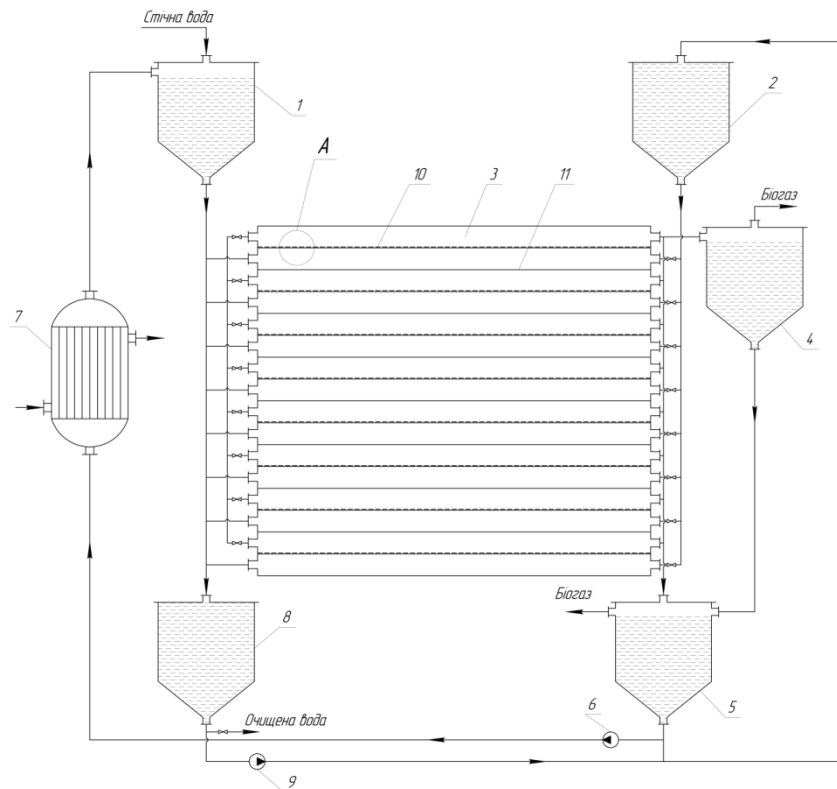


Рис. 1. Експериментальна установка для мікробіологічно-мембранного очищення стічної води: 1 та 2 – ємкості постійного рівня, 3 – мембранно-дистиляційний біореактор, 4 та 5 – ємкості для збору стічної води, 6 та 9 – насоси, 7 – контактний-освітлювальний фільтр, 8 – ємкості для збору очищеної води, 10 – канали, в які подається стічна вода (16 каналів), 11 – канали, по яких протікає очищена вода (16 каналів). Канали розміщені один над одним

При контактуванні стічної води з мікроорганізмами відбувався анаеробний процес, в результаті якого утворювався біогаз. Стічна вода дифундувала через ультрафільтраційні мембрани, де відбувалася її очистка від органічних домішок та змішування з чистою

водою. При цьому, в очищеній воді концентрація органічних домішок не перевищувала $0,5 \text{ мг/л}$.

Очищена вода з мембранно-дистиляційного біореактора стікала в ємність об'ємом 50 л, з якої частину води відбирали, а іншу частину

Мельник В. М., Шафаренко М. В., Остапенко Ж. І., Косова В. П., Ружинська Л. І.

подавали насосом в ємність для підтримання постійного рівня.

Забруднену стічну воду, яка була насичена бульбашками біогазу, з біореактора зливали в ємності 4 та 5 об'ємом по 50 л кожна, в яких зі стічної води виділявся біогаз, а забруднену стічну воду насосом 6 через контактну-освітлювальний фільтр 7 подавали в ємність 1. Регулюючі вентиля використовують для створення однакових гідродинамічних режимів в каналах мікробіологічно-мембранного біореактора 3.

Контроль вмісту домішок в очищеній воді здійснюють хроматографічно

Результати досліджень очищення стічної води та утворення біогазу. Дослідження очистки води реалізовували на установці – пристрої для мікробіологічно-мембранної очистки стічної води (рис. 1).

На рис. 2 показано розріз каналу мембранно-дистиляційного біореактора (вид А) на рис. 1, збільшено.

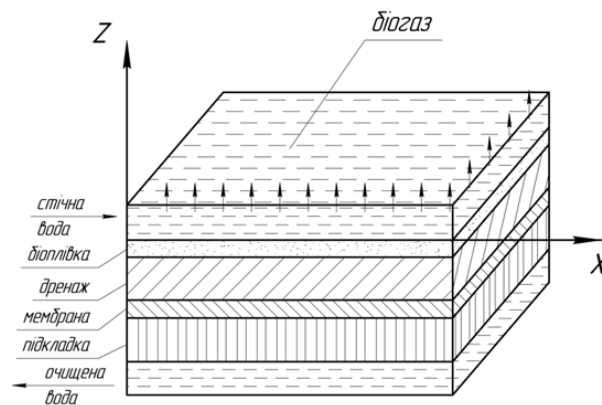


Рис. 2. Розріз каналу мембранно-дистиляційного біореактора (вид А) на рис. 1

У каналах для стічної води 10 на дренажах закріплене тонколистове фільтрувальне завантаження з іммобілізованими мікроорганізмами (біоплівкою), під якими на підкладках розміщені пласкі ультрафільтраційні мембрани.

При протіканні стічної води по каналам 10 органічні домішки з неї дифундують до іммобілізованих мікроорганізмів (біоплівки). Цей процес відбувається під дією різниці

концентрацій органічних домішок в ядрі потоку та в ламінарному шарі стічної води, який омиває фільтрувальне завантаження з біоплівкою.

При контактуванні стічної води з біоплівкою в каналах 10 відбувається анаеробний метаногенний процес. При цьому протікають багатостадійні хімічні реакції, в результаті чого утворюється біогаз та виділяється значна кількість тепла, від якого

Мельник В. М., Шафаренко М. В., Остапенко Ж. І., Косова В. П., Ружинська Л. І.

нагрівається стічна вода (до температури 35 - 38 °С). Під дією перепаду тиску (200 мм.вод.ст.) та температури, частково очищена стічна вода дифундує через ультрафільтраційні мембрани, при цьому очищається від залишку органічних речовин та потрапляє в канал 11, де змішується з очищеною водою.

Стічну воду подають в ємність постійного рівня 1, а в ємність постійного рівня 2 завчасно заливають очищену воду. Із ємності постійного рівня 1 стічна вода через регулюючі вентилі самоплином поступає в канали 10 мембранно-дистиляційного біореактора 3. В канали 11 мембранно-дистиляційного біореактора 3 (МДБ), які утворені підкладками та плоскими цільними листами, з ємності постійного рівня 2 через регулюючі вентилі протитоком, по відношенню до стічної води, самоплинно поступає очищена вода. Рівень стічної води в ємності 1 підтримується на 200 мм вище рівня очищеної води в ємності 2, тим самим між каналами 10 та 11 мембранно-дистиляційного біореактора 3 створюється перепад тиску. Стічна вода, що містить біогаз, з каналів для стічної води 10 мембранно-дистиляційного біореактора 3 самоплином стікає в ємності для збору стічної води 4 та 5, де зі стічної води виділяється біогаз. З ємності для збору стічної води 5 стічна вода насосом 6 через контакт-

освітлювальний фільтр 7, який призначений для освітлення води, поступає в ємність постійного рівня 1. Періодично відбувається промивка контактнo-освітлювального фільтра 7 водою.

Очищена вода з каналів для очищеної води 11 мембранно-дистиляційного біореактора 3 самопливом стікає в ємність для збору очищеної води 8, з якої її частково відбирають, а іншу частину очищеної води насосом 9 перекачують в ємність постійного рівня 2.

Регулюючі вентилі використовують для створення однакових гідродинамічних режимів в каналах мембранно-дистиляційного біореактора 3.

Контроль вмісту домішок в очищеній воді здійснюють хроматографічно.

Припустимо, що концентрація мікроорганізмів в біоплівці коливається в межах від 14-75 кгХСК/м³.

На вході в канал концентрація субстрату в стічній воді буде найбільша, тому біоплівка представляє собою переважно кислотогенну біомасу. Зі зменшенням концентрації оцтової кислоти в біоплівці буде зменшуватись концентрація кислотогенної і збільшуватись концентрація метаногенної біомаси. Тому прийmemo, що на вході в канал біоплівка складається тільки з

Мельник В. М., Шафаренко М. В., Остапенко Ж. І., Косова В. П., Ружинська Л. І.

кислотогенної біомаси, а на виході з каналу – з метаногенної. Причому, концентрації біомас змінюються за лінійною залежністю.

$$X_1(x=0) = X \quad X_1(x=l) = 0;$$

$$X_2(x=0) = 0 \quad X_2(x=l) = X,$$

де l – каналу довжина. Звідси

$$X_1(x) = -\frac{x}{l}x + X; \quad X_2(x) = \frac{x}{l}x. \quad (1)$$

Рівняння конвективної дифузії розподілу концентрації субстрату двовимірної моделі для визначення $S_1(x, z)$ набуде вигляду:

$$\frac{dS_1}{d\tau} = D_1 \left(\frac{\partial^2 S_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S_1}{\partial z^2} \right) - \left(W_x \frac{\partial S_1}{\partial x} + W_z \frac{\partial S_1}{\partial z} \right), \quad (2)$$

де W_x, W_z - швидкості стічної води по відповідним координатним осям; D_1 - коефіцієнт дифузії субстрату в потоці.

кожній точці не змінюється з часом, тобто $\frac{dS_1}{d\tau} = 0$. При ламінарному русі стічної води в каналі можна вважати, що $W_x \gg W_z$.

Для сталого процесу в мембранно-дистиляційному біореакторі концентрація субстрату в

$$\text{Тоді, } D_1 \frac{\partial^2 S_1}{\partial x^2} = 0; \quad W_z \frac{\partial S_1}{\partial z} = 0.$$

Отже, рівняння (2) набуде вигляду:

$$D_1 \frac{\partial^2 S_1}{\partial z^2} - W_x \frac{\partial S_1}{\partial x} = 0. \quad (3)$$

Відомо, що при ламінарній течії рідини в щілевидному каналі,

утвореному двома горизонтальними пластинами:

$$\frac{d^2 W_x}{dz^2} = \frac{1}{\mu} + \frac{dP}{dx} = A = const. \quad (4)$$

Рівняння середньої швидкості стічної води:

$$W = \frac{1}{\delta} \int_0^\delta W_x dz = \frac{1}{\delta} \int_0^\delta A(z^2 + \delta^2) dz = -\frac{2}{3} \frac{A}{\delta^2}. \quad (5)$$

Тоді, остаточно можна записати:

$$\frac{\partial^2 S_1}{\partial z^2} - \frac{3}{2} \frac{W}{D_1 \delta^2} (\delta^2 - z^2) \frac{\partial S_1}{\partial x} = 0. \quad (6)$$

У верхній частині каналу по осі z (рис. 2) концентрація субстрату буде мати максимум -

$$\left. \frac{\partial S_1}{\partial x} \right|_{z=0, \delta} = 0. \tag{7}$$

Як відомо, на швидкість виробництва метану та його процентний вміст в біогазі впливає час гідравлічного утримування τ_3 і

$$M = Y c_0 l^{\mu(\tau - \tau_3)}, \tag{8}$$

де $Y = \frac{c_1 - c_0}{S_0 - S_1}$; $l = \frac{c_1 - c_0}{S_0 - S_1}$; c_1, c_0 – кінцева та початкова концентрації біомаси, S_0, S_1 – початкова та кінцева концентрації субстрату.

Для моделі одноетапної реакції з кінетикою першого порядку швидкість реакції буде пропорційна кількості субстрату [11]. Тоді, як для моделі двоступеневої реакції з

$$M = S_1 [1 - \alpha e^{-k_F \tau} - (1 - \alpha) e^{-k_1 \tau}], \tag{9}$$

де α - коефіцієнт розподілу фракцій; k_1 – кінетична константа першого порядку розкладу біоплівки; k_2 – кінетична константа першого порядку розкладу субстрату.

Якщо розглянути два етапи у кожній з фракцій, з яких складається

$$M = S_1 \left[\alpha \left(1 - \frac{k_{HF} e^{-k_{MF} \tau} - k_{MF} e^{-k_{HF} \tau}}{k_{HF} - k_{MF}} \right) + (1 - \alpha) \left(1 - \frac{k_{HL} e^{-k_{ML} \tau} - k_{ML} e^{-k_{HL} \tau}}{k_{HL} - k_{ML}} \right) \right]. \tag{10}$$

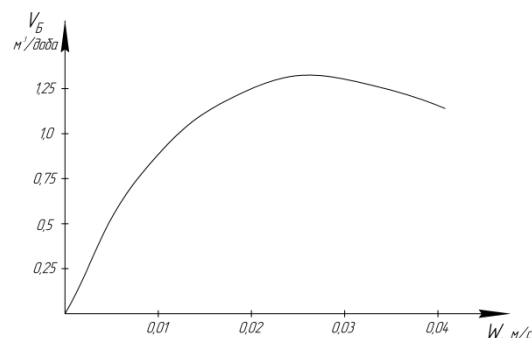
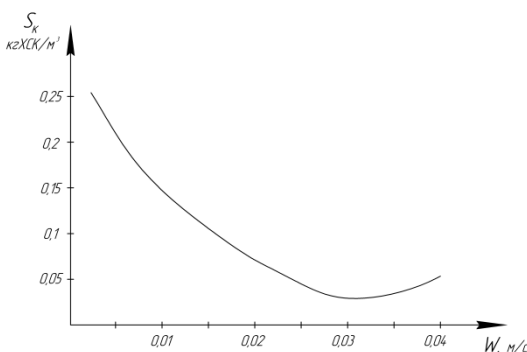
швидкість органічного навантаження.

Виробництво метану представимо у вигляді експоненціальної моделі:

кінетикою першого порядку відбувається накопичення виробництва метану [11]. Це означає, що можна розглядати процес, як два паралельні, але незалежні процеси, які відбуваються одночасно. Тоді кількість утвореного метану по реакції на двох швидкостях одного кроку з кінетикою першого порядку.

субстрат, (як для фракції Н, яка швидко розкладається, так і для фракції М, яка повільно розкладається) то загальна кількість утвореного метану буде представлена наступним чином:

Результати експериментальних досліджень показані на рис. 3-6 .



Мельник В. М., Шафаренко М. В., Остапенко Ж. І., Косова В. П., Ружинська Л. І.

Рис. 3 Залежність кінцевої концентрації субстрату від швидкості стічної води в каналах МДБ

Як видно з рис. 3 та рис. 4 кінцева концентрація субстрату та кількість утвореного біогазу мають екстремум при $W = 0,03$ м/с. Потім зі зростанням W починається

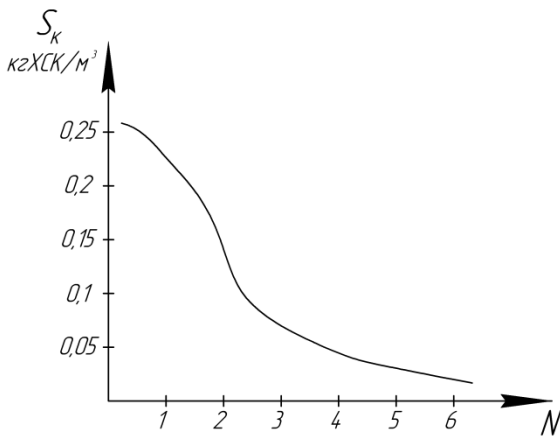


Рис. 5 Залежність кінцевої концентрації субстрату від кратності циркуляції при $W = 0,03$ м/с

Зі зростанням кратності циркуляції (рис. 5 та рис. 6) темп зміни S_k та V_B зменшується. Це явище пояснюється тим, що мікроорганізми не в змозі переробити зростаючі

Рис. 4 Залежність кількості біогазу від швидкості стічної води в каналах МДБ

зменшення цих показників. Це обумовлено тим, що зі збільшенням швидкості стічної води починається відрив біоплівки від дренажу.

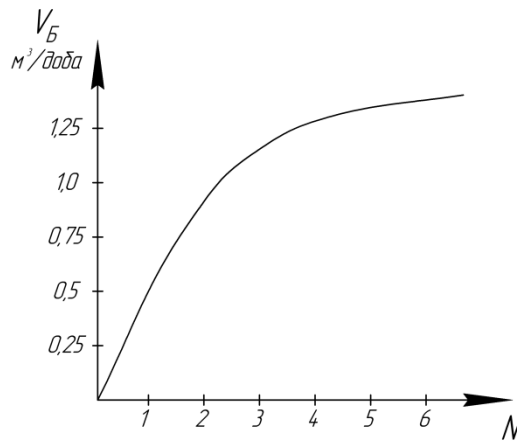


Рис. 6 Залежність кількості біогазу від кратності циркуляції при $W = 0,03$ м/с.

кількості субстрату, які збільшуються при зростанні кратності циркуляції.

В таблиці 1 наведені дані по очистці стічної води.

Показники очищення стічних вод

№ п/п	Концентрація домішок в стічній воді, мг/л	Об'ємна витрата очищеної води, л/доба	Проникність мембрани по стічній воді, л/м²•год	Концентрація домішок в очищеній воді, мг/л	Кількість отриманого біогазу, л/доба
1.	10000	190	1,0	0,5	1186
2.	5000	210	1,1	0,4	655
3.	1000	230	1,2	0,35	143
4.	500	250	1,3	0,25	78
5.	100	290	1,5	0,1	18

Наведені в таблиці дані свідчать про те, що концентрація органічних

речовин в очищеній воді в залежності від їх концентрації у стічній воді

Мельник В. М., Шафаренко М. В., Остапенко Ж. І., Косова В. П., Ружинська Л. І.

складає $(0,5 \div 0,1)$ мг/л або в процентах $(5 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-5})\%$. Вода з таким вмістом органіки наближається до питної. Кількість утвореного біогазу залежить від складу органічних речовин у стічній воді. Вода, яку очищали на установці, належала до промислових стоків. Якщо очищати воду цукрових виробництв, яка містить буряковий цукор, то вихід біогазу досягатиме $(0,725 \div 48)$ м³/доба.

Висновки і перспективи.

Розроблена модельна конструкція мембранно-дистиляційного біореактору для очищення стічних вод з іммобілізованими на інертних носіях мікроорганізмів. Мікроорганізми, іммобілізовані на носії, утворюють шар біоплівки і анаеробне очищення відбувається в цьому шарі, в якості носія, на якому іммобілізовані мікроорганізми, використовують тонколистові

фільтрувальні завантаження (дренажі)).

Доведено ефективне очищення стічної води від органічних домішок у стічних водах від концентрації домішок 10^4 мг/л до концентрації 0,5 мг/л.

Запропонована технологія безперервного очищення по замкнутому технологічному циклу.

При проведенні процесу анаеробної очистки отримали таку важливу сировину, як біогаз, який може бути використаний як джерело одержання теплової енергії. Вихід біогазу в результаті протікання анаеробного процесу складає від 0,1 до 6 м³ біогазу/(м²·доба) в залежності від вмісту органічних речовин у стічній воді.

Згідно встановленим нормам по органолептичним показникам та концентрації домішок, таку стічну воду можна використовувати в якості «технічної води».

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, 2006

5. Vorobyova O.V. Determining the influence of wastewater hydrodynamics in bioreactors on the process of mass transfer. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (10 (119)), 14–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266015>

6. Shafarenko M., Vorobyova O. (2021). Follow-up to the process of maintaining methane from biogas and pyrolytic gas. Communal government of the city, 1(161), 280–283. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-1-161-280-283>

7. Siti Nur Hatika Abu Bakar, Hassimi Abu Hasan, Abdul Wahab Mohammad, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Teow Yeit Haan,

Список використаних джерел

1. WMO is concerned about the state of the Earth's water resources. (n.d.). <https://www.meteovesti.ru/news/1697100178441-vmo-obespoekoena-sostoyaniem-vodnyh-resursov-zemli>

2. N. Klimenko et al. Colloid and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 230 (2003) 141-158

3. Сшивальников В.Н., Яковлев С.В., Морозова К.Н., Начаев И.А., Мирине В.Й. Глубокая очистка природных и сточных вод на биосорберах. Водоснабжение и санитарная техника. Москва. Стройиздат. 1995, №11. С. 6-11

4. UA 76034, C02F 1/28. Спосіб очистки води від органічних забруднень.

Мельник В. М., Шафаренко М. В., Остапенко Ж. І., Косова В. П., Ружинська Л. І.

Rahmat Ngteni, Khairul Muis Mohamed Yusof. Biogas Production from Organic Wastes Using Moving Bed Biofilm Reactor Technology: A Review. *Journal of Cleaner Production* Volume 171, 10 January 2018, Pages 1532-1545. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.100>

8. Lisa M. Steinberg, Rachel E. Kronyak, Christopher H. House Coupling of anaerobic waste treatment to produce protein- and lipid-rich bacterial biomass/ *Life Sciences in Space Research*. Volume 15, November 2017, Pages 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2017.07.006>

9. Rafael Borja, Charles J. Bank. Response of an anaerobic fluidized bed reactor treating ice-cream wastewater to organic, hydraulic, temperature and pH shocks/ *Journal of Biotechnology*. Volume 39, Issue 3, 1 May 1995, Pages 251-259 [https://doi.org/10.1016/0168-1656\(95\)00021-H](https://doi.org/10.1016/0168-1656(95)00021-H)

10. K.J. Chae, Am Jang, S.K. Yim, In S. Kim. The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure. *Bioresource Technology*. Volume 99, Issue 1, January 2008, Pages 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.063>

11. Термодинамічні та кінетичні аспекти хімічних реакцій: навч. посіб. / уклад. О. М. Швед, К. С. Ютілова, С. Л. Богза, Г. М. Розанцев. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2021. 144 с.

References

1. WMO is concerned about the state of the Earth's water resources. (n.d.). <https://www.meteovesti.ru/news/1697100178441-vm0-obespokoena-sostoyaniem-vodnyh-resursov-zemli>

2. Klimenko, N. et al. (2003) Colloid and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 230 141-158

3. Sshyvalnykov, V. et al. (1995). Нлубокаіа оhыстка прыродных у stochных вод на byosorberakh. - Vodossabzhenye у sanytarnaia tekhnika. Stroyzdat. №11. S. 6-11

4. Dumanskoho, A. (2006). Spisib ochystky vody vid orhanichnykh zabrudnen (U.A. Patent No76034, C02F 1/28.)

5. Vorobyova, O. (2022, October 29). Determining the influence of wastewater hydrodynamics in bioreactors on the process of mass transfer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10 (119)), 14–22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266015>

6. Shafarenko, M., & Vorobyova, O. (2021, March 26). Research Of Methane Production Process From Biogas And Pyrolysis Gas. *Municipal Economy of Cities*, 1(161), 280–283. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-1-161-280-283>

7. Abu Bakar, S. N. H., Abu Hasan, H., Mohammad, A. W., Sheikh Abdullah, S. R., Haan, T. Y., Ngteni, R., & Yusof, K. M. M. (2018, January). A review of moving-bed biofilm reactor technology for palm oil mill effluent treatment. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1532–1545. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.100>

8. Steinberg, L. M., Kronyak, R. E., & House, C. H. (2017, November). Coupling of anaerobic waste treatment to produce protein- and lipid-rich bacterial biomass. *Life Sciences in Space Research*, 15, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2017.07.006>

9. Borja, R. (1995, May 1). Response of an anaerobic fluidized bed reactor treating ice-cream wastewater to organic, hydraulic, temperature and pH shocks. *Journal of Biotechnology*, 39(3), 251–259. [https://doi.org/10.1016/0168-1656\(95\)00021-h](https://doi.org/10.1016/0168-1656(95)00021-h)

10. Chae, K., Jang, A., Yim, S., & Kim, I. S. (2008, January). The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure. *Bioresource Technology*, 99(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.063>

11. Shved, O. et al. (2021). Термодинамічні та кінетичні аспекти хімічних реакцій: навч. посіб. / Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 144 с.

INTERACTION OF MICROBIOLOGICAL AND MEMBRANE TECHNOLOGIES OF WASTEWATER TREATMENT

V. Mel'nyk, M. Shafarenko, Zh. Ostapenko, V. Kosova, L. Rhuzinska

Abstract. *The combination of microbiological and membrane technologies for wastewater treatment from organic substances of various origins is considered. An experimental installation of a membrane-distillation bioreactor is proposed. When carrying out the proposed wastewater treatment in one device, the process proceeds in two stages. The first stage is biological treatment under anaerobic conditions of biogas production, and the second stage is post-treatment using membrane distillation on ultrafiltration membranes. We analyze anaerobic wastewater treatment through horizontal channels by passing through media - thin-sheet filter loads (drains), which contain immobilized microorganisms that form a biofilm layer. Anaerobic digestion is accompanied by the production of biogas, which is collected and discharged into a special tank. Under the action of bacteria during the acetogenic phase, acetic acid is additionally produced from the substances formed in the previous phase, which is decomposed into methane, carbon dioxide and water during methanogenesis. It has been shown that ultrafiltration membranes are used as a wastewater treatment. It is proved that wastewater diffuses through the drainage under the influence of a pressure drop of 200 mmHg and at a temperature of 35-38 °C. It is determined that the treated water can have a high content of organic matter from 100 to 10⁴ mg of impurities/liter of water. As a result of the anaerobic process, the biogas yield was found to be from 0.1 to 6 m³ of biogas/(m²·day), depending on the content of organic matter in the wastewater. A continuous process of wastewater treatment in a closed technological cycle is proposed.*

Key words: *microbiological and membrane technologies, purification, wastewater, methane, biofilm, microorganisms*

УДК 574:591.5/(57.02+57.04)

**БІОТЕСТУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ДІЛЯНКИ
Р. РОСЬ ТА Р. ПРОТОКА ЗА ЖИТТЄЗДАТНІСТЮ ІКРИ
ТА ЛИЧИНОК КОРОПОВИХ РИБ****Ю. М. ХУДІЯШ**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник,
<https://orcid.org/0000-0002-8588-0371>

E-mail: yurahud@ukr.net

О. С. ПОТРОХОВ, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник,
завідувач відділу, <https://orcid.org/0000-0002-8274-6898>

E-mail: apotrokhov@gmail.com

О. Г. ЗІНКОВСЬКИЙ, кандидат біологічних наук, старший науковий
співробітник, провідний науковий співробітник,
<https://orcid.org/0000-0003-4135-5839>

E-mail: olzinkovskyi@gmail.com

В. М. ВОДЯНИЦЬКИЙ, кандидат біологічних наук, науковий співробітник,
<https://orcid.org/0000-0002-4912-689X>

E-mail: fishfarmeralex@ukr.net

К. КОФОНОВ, доктор філософії, молодший науковий співробітник,
<https://orcid.org/0000-0002-7859-5193>

E-mail: kirillkofonov16@gmail.com

Ю. М. КРАСЮК, кандидат біологічних наук, науковий співробітник,
<https://orcid.org/0000-0002-8148-3168>

E-mail: j-krasyuk@ukr.net

Інститут гідробіології НАН України[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.003](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.003)

Анотація. Наведено результати досліджень гідрохімічного стану дослідних водойм, які в повній мірі відповідають характеру забруднення. Відмічено істотне підвищення концентрації амонійного азоту у воді р. Рось в районі с. Городище, с. Пилипча та у воді р. Протока в районі с. Піщана порівняно з р. Рось поблизу дендропарку Олександрія. Також спостерігається перевищення норм концентрації нітрит-іонів у воді в р. Протока поблизу с. Піщана порівняно з іншими дослідними ділянками, що свідчить про свіже забруднення водойми. У воді р. Рось в районі с. Городище, с. Пилипча та у воді р. Протока в районі с. Піщана вміст нітрат-іонів був вище порівняно з р. Рось (біля дендропарку Олександрія), що є наслідком постійного потрапляння змивів з сільськогосподарських угідь, які є прилеглими територіями до цих ділянок.

Досліджено рівень забруднення деяких ділянок р. Рось та р. Протока за виживаністю (життєздатністю) ікри, що розвивається, та личинок коропа і білого товстолобика. Аналіз результатів біотестування ступеню токсичності води з цих водойм показав, що життєздатність ікри у воді з ділянок, які

Худіяш Ю. М., Потрохов О. С., Зінковський О. Г., Водяницький В. М., Кофонов К., Красюк Ю. М.

знаходились біля с. Пилипча і с. Піщана була децю більшою, ніж у ікри, яка інкубувалась у воді з району біля с. Городище та дендропарку Олександрія.

Зниження виживаності ембріонів риб (с. Городище і дендропарку Олександрія) опосередковано пов'язане з вищою концентрацією фосфат-іонів у воді відібраний на цих ділянках. За таких умов можливе зростання чисельності бактеріоплактону, яке порушує кисневий режим у середовищі і призводить до негативних наслідків.

У найбільш забрудненій воді біля с. Піщана та с. Городище виживаність личинки коропа була нижчою, ніж у воді біля дендропарку Олександрія та с. Пилипча. Це свідчить про те, що на личинкових стадіях розвитку риби найбільш вразливі до токсичного середовища. Відмічено, що концентрація фосфору фосфатів ділянки р. Протока біля с. Піщана була мінімальна відносно інших дослідних точок відбору проб. Тому особлива роль в токсичному впливі на життєздатність личинок риб відводиться присутності у воді неорганічного азоту. Надмірне надходження сполук азоту, особливо амонійного та нітритного, істотно знижує життєздатність личинок коропа, які залишили оболонку.

Встановлено, що більш чітким індикатором токсичності середовища є показники виживаності обох видів риб, що знаходяться на ранньому постембріональному етапі розвитку.

Ключові слова: біотестування, виживання, ікра і личинки риб, амонійний азот, нітрити, нітрати, фосфати, токсичність середовища

Актуальність. Через посилення антропогенного навантаження практично всі водойми інтенсивно забруднюються. Господарська діяльність з порушенням допустимих меж освоєння територій, надмірна інтенсивність використання природних ресурсів, замулення, забруднення та заростання річок, а також недотримання режиму обмеженого господарювання на прибережних захисних смугах призводить до загального погіршення екологічного стану водних екосистем (Левківський С. С. Падун М. М., 2006).

Вважається, що забруднення водного середовища відбувається через скиди шкідливих речовин

промисловими підприємствами, інтенсивним внесенням добрив та використанням засобів захисту рослин сільським господарством. Потрапляння комунально-побутових стоків також відіграє значну роль у формуванні якісного і кількісного складу поверхневих вод (Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р., Кравчинський Р.Л., 2016).

Таким чином, неухильне зростання антропогенного навантаження на екосистеми та пов'язане з ним забруднення навколишнього, зокрема водного середовища, обумовлює гостру актуальність проблеми індикації стану довкілля (Васенко О. Г. та ін., 2015).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Зазвичай, для встановлення екологічного стану водойм проводять його моніторинг. Основні задачі моніторингу полягають в оцінці та прогнозуванні стану природного середовища з метою виявлення негативних змін і надання рекомендацій з їх усунення або мінімізації (Моніторинг довкілля: навч. посіб., 2000; Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля: навч. посіб., 2000). Зокрема, з 1 січня 2019 року набрав чинності новий порядок здійснення державного моніторингу вод, який відповідає вимогам європейського законодавства, в першу чергу, Водної Рамкової Директиви. Суть його полягає у проведенні діагностичного моніторингу з ціллю виявлення найбільш вразливих і проблемних ділянок водойми (EU Water Framework Directive 2000/60/EC. *Official Journal of the European Communities*, 2000).

Один із засобів моніторингу є біотестування, за допомогою якого проводять експериментальне визначення та оцінку дослідним шляхом впливу факторів (фізичних, хімічних, фізико-хімічних) або групи шкідливих факторів на живі організми. На основі змін того чи іншого показника (фізіологічного, біохімічного, цитогенетичного тощо), що спостерігається з піддослідним

тест-об'єктом (індикатори) у порівнянні з контрольним у чітко заданих (тобто, стандартних лабораторних) умовах, встановлюють рівень забруднення досліджуваних водних ділянок (Чухрій Ю.П., 2014; Лисиця А.В., 2018; Крайнюков О.М., Стріян К.О., Крайнюков О.О., 2018). Біотестування також виявляє реакцію організму на певний вид забруднення. Воно допомагає коригувати розрахунки ГДК забруднювачів у стічних водах тоді, коли їх розбавлення у водному об'єкті не забезпечує допустимого рівня. На основі літературних (Гідроекологічний стан басейну річки Рось, 2009) даних і отриманих нами гідрохімічних показників було досліджено деякі ділянки р. Рось та р. Протока з різним рівнем забруднення.

Мета дослідження. Метою досліджень було встановлення ступеню токсичності води у водоймах за виживаністю ікри та личинок коропа *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) і білого товстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844), як індикаторів токсичності середовища.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом досліджень була руслова частина річки р. Рось та р. Протока з різним ступенем антропогенного навантаження (рис. 1).

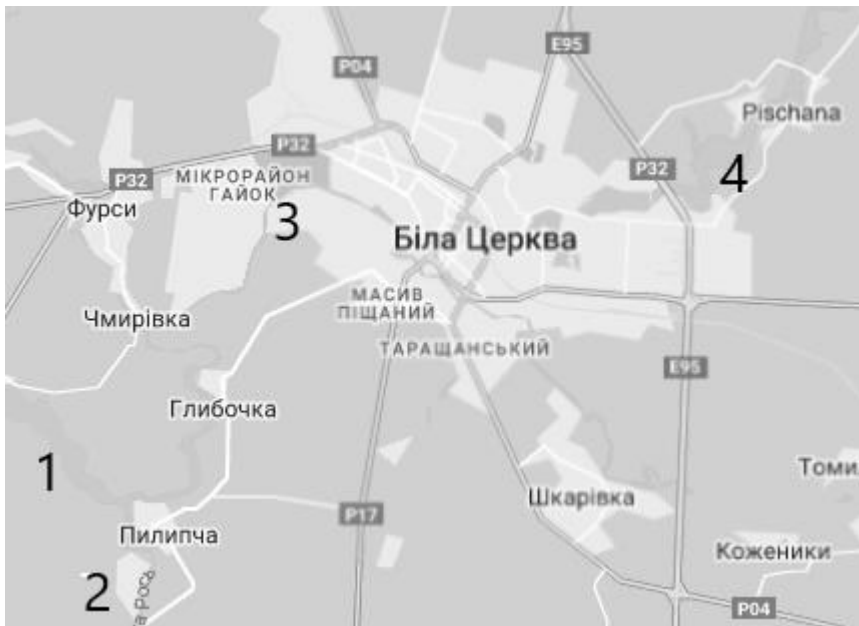


Рис. 1. Район досліджень.

Примітка: 1 – р. Рось, с. Городище, 2 – р. Рось, с. Пилипча, 3 – р. Рось, дендропарк Олександрія, 4 – р. Протока, с. Піщана.

Це ділянки р. Рось біля с. Городище, де забруднення відбувається за рахунок комунально-побутових вод і сільськогосподарських змивів, та с. Пилипча – забруднення води з сільськогосподарських угідь. Крім того, досліджена ділянка на р. Протока у районі с. Піщана, а саме – територія з безпосередньо прилеглими до річки сільськогосподарськими полями. Контролем була ділянка біля дендропарку Олександрія (р. Рось, Середнє Білоцерківське водосховище вище м. Біла Церква).

Тест-об'єктами (індикаторами) слугувала ікра та личинки коропа і білого товстолобика, які були отриманні заводським методом на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту

гідробіології НАН України. Слід відмітити, що для більш кращого визначення діапазону дії токсичного середовища нами був обраний саме ембріональний і ранній постембріональний етап розвитку видів риби, які є найбільш чутливими до певних змін навколишнього середовища. Також, задля кращого розуміння ступеню впливу середовища, нами вибрані види риби з різною чутливістю до дії негативних чинників. Так, вважається, що короп значно витриваліший до несприятливих умов, ніж білий товстолобик (Шевченко П.Г. та ін., 2022).

Біотестування проводили в чашках Петрі об'ємом 50 мл. В кожену чашку під час тестування було поміщено по 50 ікринок коропа, 30 ікринок білого товстолобика і 30

Худіяш Ю. М., Потрохов О. С., Зінковський О. Г., Водяницький В. М., Кофонов К., Красюк Ю. М.

личинок коропа. Всього було проведено по 6 серій експериментів на ікрі та личинках риб для кожної дослідної води зі всіх точок її відбору. Для зменшення впливу метаболітів риб проводили заміну води у чашках Петрі тричі на добу водою з дослідних ділянок.

Проведено статистичну обробку отриманих даних з застосуванням програми Statistica 10.0.

Результати дослідження та їх обговорення. Результати досліджень

1. Гідрохімічні показники водних дослідних ділянок

Точка забору води	Нітрати, мг N/дм ³ , NO ₃ ⁻	Нітрити, мг N/дм ³ , NO ₂ ⁻	Амоній, мг N/дм ³ , NH ₄ ⁺	Фосфати, мг P/дм ³ , P/PO ₄ ³⁺
с. Городище, р. Рось	9,0	0,02	0,41	0,60
с. Пилипча, р. Рось	3,0	0,01	0,41	0,49
с. Піщана, р. Протока	4,0	0,06	0,85	0,39
Дендропарк Олександрія, р. Рось, вище за течією від м. Біла Церква	≤0,65	0,01	0,21	0,67

Воднчас виявлено більш інтенсивне забруднення азотними сполуками водного середовища у районі с. Піщана, р. Протока, про що говорить вища концентрація нітрит-іонів у воді порівняно з іншими дослідними ділянками. Слід відмітити, що значна концентрація їх у воді зазвичай свідчить про свіже забруднення, оскільки вони є не стійкими і відносно за короткий проміжок часу перетворюються в нітрити та нітрати (Hayatsu M., Tago K. & Saito M., 2008).

Також, досліджено, що вміст нітрат-іонів у воді р. Рось в районі с. Городище і с. Пилипча був вище у

показали, що гідрохімічні показники біогенних сполук в дослідних водоймах в повній мірі відповідають характеру забруднення. Зокрема, вміст сполук неорганічного азоту на різних водних дослідних ділянках дещо відрізнявся. Так, відмічено вищі концентрації амонійного азоту у воді р. Рось в районі с. Городище та с. Пилипча (у 2 рази), і у воді р. Протока в районі с. Піщана (у 4,1 рази) в порівнянні з водою р. Рось поблизу дендропарку Олександрія (табл. 1).

13,8 і 4,6 разів, а у воді р. Протока в районі с. Піщана – у 6,2 рази порівняно з вмістом у воді р. Рось (біля дендропарку Олександрія) (табл.1). Вірогідніше за все, це свідчить про постійне потрапляння змивів з сільськогосподарських угідь, які є прилеглими територіями до цих ділянок. Як відомо, в ході взаємозалежних процесів відбувається трансформація азотовмісних сполук. Так, в процесі мінералізації органічних азотовмісних речовин утворюється аміак, який окислюється до нітритів і потім до нітратів (нітрифікація). В подальшому, певна частка нітратів

Худіяш Ю. М., Потрохов О. С., Зінковський О. Г., Водяницький В. М., Кофонов К., Красюк Ю. М.

відновлюються завдяки денітрифікуючим бактеріям до вільного азоту, інша частина накопичується у водоймах (Садовська І. В., 2010; Henze M., Harremoës P., Jansen G., Arwin E., 2002).

При дослідженні присутності фосфору фосфатів у воді дослідних ділянок виявлено, що у воді біля с. Городище і дендропарку Олександрія його вміст був більшим у 1,5 та 1,7 рази, ніж у воді з інших ділянок. Відносно висока концентрація фосфору фосфатів у воді може свідчити про потрапляння у водойму побутово-комунальних стоків, які в більшості випадків характеризуються

високим вмістом фосфору, як компоненту миючих засобів.

Встановлення ступеню токсичності води з дослідних ділянок водойм проводили за допомогою дослідження виживаності (життєздатності) ікри, що розвивається, та личинок коропа і білого товстолобика, як індикатору токсичності середовища. Так, життєздатність ікри, що розвивається, у воді з ділянок, які знаходились біля с. Пилипча і с. Піщана протягом майже всього ембріонального розвитку була дещо більшою, ніж у ікри, яка інкубувалась у воді з району біля с. Городище та дендропарку Олександрія (рис. 2).

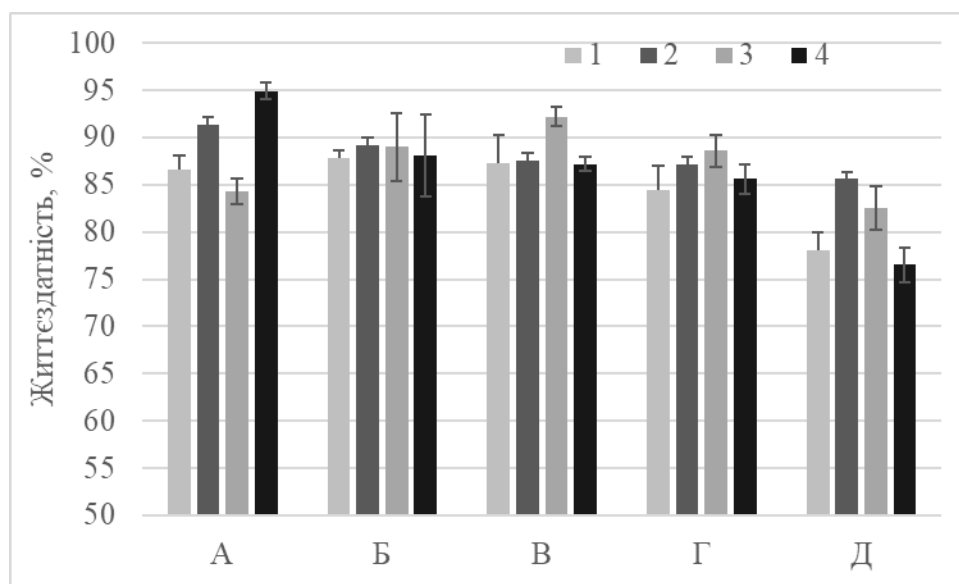


Рис. 2. Життєздатність ікри коропа за дії забруднення води з дослідних ділянок.

Примітки: 1 – р. Рось, с. Городище, 2 – р. Рось, с. Пилипча, 3 – р. Протока, с. Піщана, 4 – р. Рось, дендропарк Олександрія; А – дрібноклітинна морула, Б – кінець гастрюляції, В – очні бокали, Г – рухливий ембріон, Д – вилуплення личинок.

На останньому етапі (вилуплення личинок з оболонки) ембріонального розвитку виживаність ікри коропа з точок

відбору води с. Пилипча і с. Піщана в середньому була на 8,5 % більше, ніж з ділянок біля с. Городище і дендропарку Олександрія.

Відмінності у життєздатності ікри, можливо, пов'язані з вмістом фосфат-іонів у воді. Так, їх концентрація у воді біля с. Городище і дендропарку Олександрія була вищою (в 1,5 та 1,7 рази), ніж у воді з інших ділянок.

Звичайно, що про безпосередню токсичність фосфат-іонів, яка б призвела до зниження життєздатності ікри, мова не йде, оскільки ці концентрації у дослідній воді є далеко не критичними. Гранично допустимі концентрації фосфору фосфатів для рибогосподарських водойм становлять 0,5 мг Р/дм³. В нашому випадку вони не перевищують 0,67 мг Р/дм³. Слід відмітити, що фосфор фосфатів, як біогенна сполука, у водоймах зазвичай знаходиться в недостатній кількості. Як правило він міститься у поверхневих водах у вигляді ортофосфатів, поліфосфатів та органічних сполук. Збільшення вмісту у воді сполук ортофосфатів відбувається внаслідок надходження неочищених або частково очищених стічних промислових скидів та потрапляння з сільськогосподарських угідь. Це може викликати дисбаланс водного середовища і призвести до вибухового розвитку процесів евтрофікації, що в подальшому призводить до дефіциту кисню і, як

наслідок, загибелі риби (Клименко М.О., 2006).

У нашому випадку, очевидно, підвищені концентрації фосфат-іонів у воді призводять до істотного зростання чисельності бактеріоплактону, яке порушує кисневий режим у середовищі. В результаті чого відбувається незначне зниження життєздатності ікри коропа. Відомо, що надмірна евтрофікація водойм починається при концентрації 0,2–0,3 мг N/дм³ та 0,01–0,02 мг Р/дм³ (Авраменко Н. І., 2013).

У випадку з ікрою білого товстолобика наше припущення про те, що іони фосфатів є значущими у життєздатності ембріонів риб, було підтверджено. Як і у випадку з ікрою коропа, інкубування ікри білого товстолобика у воді з ділянок річок біля с. Пилипча та с. Піщана було більш сприятливим, ніж у воді біля с. Городище і дендропарку Олександрія (рис. 3).

Так, на останній стадії ембріонального розвитку (вилуплення личинок з оболонки) виживаність ікри риб, які інкубувалися у воді відібраної біля с. Пилипча та с. Піщана, була більшою на 6,7 та 36,2 %, відповідно, порівняно з ікрою, яка перебувала у воді з с. Городище і дендропарку Олександрія. Це підтверджує наше припущення щодо опосередкованого впливу підвищеної концентрації фосфору фосфатів на життєздатність ікри риб.

Дещо інша картина ембріонів з оболонки на личинкових спостерігається при звільненні стадіях розвитку риб. (рис. 4).

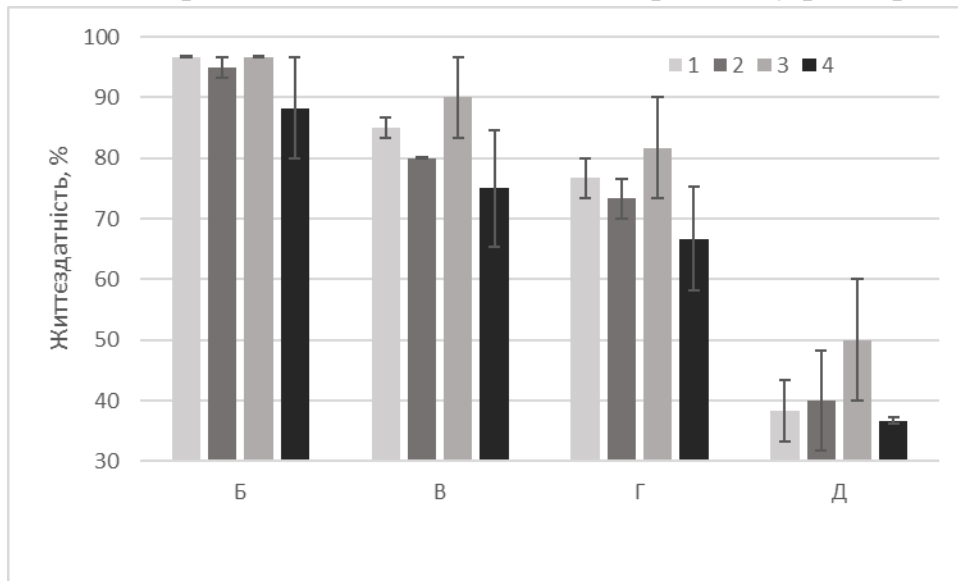


Рис. 3. Життєздатність ікри білого товстолобика за дії забруднення води з дослідних ділянок.

Примітки: 1 – р. Рось, с. Городище, 2 – р. Рось, с. Пилипча, 3 – р. Протока, с. Піщана, 4 – р. Рось, дендропарк Олександрія; Б – кінець гастрюляції, В – очні бокали, Г – рухливий ембріон, Д – вилуплення личинок.

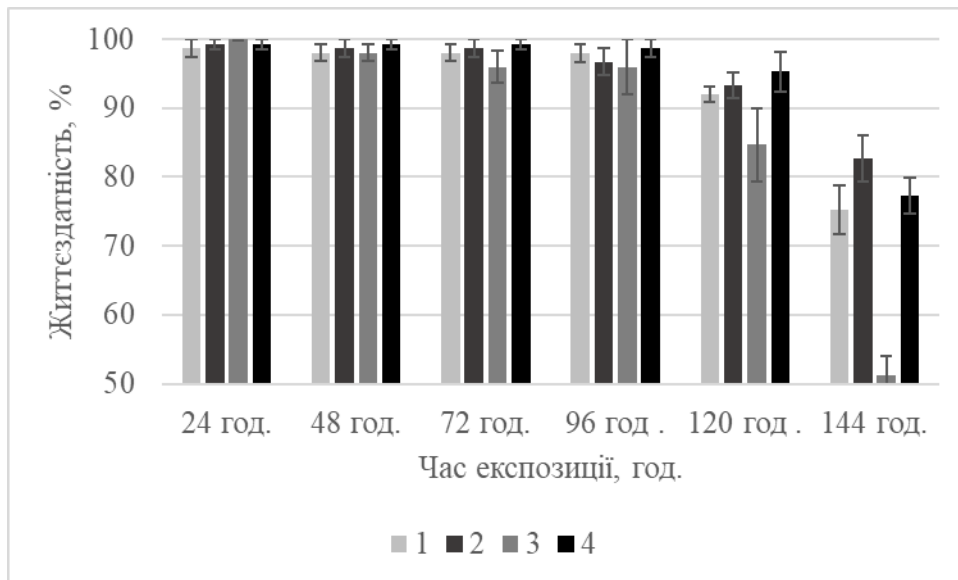


Рис. 4. Життєздатність личинок коропа за дії забруднення води з дослідних ділянок.

Примітка: 1 – р. Рось, с. Городище, 2 – р. Рось, с. Пилипча, 3 – р. Протока, с. Піщана, 4 – р. Рось, дендропарк Олександрія.

Досліджено, що у найбільш забрудненій воді біля с. Городище виживаність личинки була нижчою на 6,3 %, а с. Піщана – на 55,9 %, ніж у

Худіяш Ю. М., Потрохов О. С., Зінковський О. Г., Водяницький В. М., Кофонов К., Красюк Ю. М.

воді біля дендропарку Олександрія та с. Пилипча. Це свідчить про те, що на личинкових стадіях розвитку риби найбільш вразливі до токсичного середовища. Відмічено, що концентрація фосфору фосфатів ділянки р. Протоки біля с. Піщана була мінімальна відносно інших дослідних точок відбору проб. Тому особлива роль в токсичному впливі на життєздатність личинок риб відводиться присутності у воді азотистих сполук. Так, концентрація іонів амонію і, особливо, нітритів, істотно була вищою (у 2,1–4,0 та 3,0–6,0 разів, відповідно) порівняно з іншими ділянками р. Рось. Саме ці сполуки свідчать про свіже забруднення водного середовища змивами з полів та комунально-побутових стоків. Не можливо не припустити, що з цими стоками у воду надходять і надлишки гербіцидів та пестицидів, які широко застосовуються при вирощуванні рослин, що культивуються, особливо сої, поля якої розташовані поблизу з місцем відбору проб води.

Висновки і перспективи. За результатами проведених досліджень встановлено, що ікра коропа та білого товстолобика не підлягає негативному впливу комунально-побутових стоків та змивів з

Список використаних джерел

1. Левківський С. С., Падун М. М. Рациональне використання і охорона водних ресурсів. Київ: Либідь, 2006. 280 с.
2. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р., Кравчинський Р.Л. Екологічна стандартизація та запобігання впливу

агропромислових полів при концентрації фосфору фосфатів до 0,67 мг Р/дм³, іонів амонію до 0,85 мг N/дм³ та нітритів до 0,06 мг N/дм³.

Наявна опосередкована дія фосфору фосфатів – підвищення його концентрації до 0,60–0,67 мг Р/дм³ негативно впливає на життєздатність ікри, що розвивається. Це пояснюється надмірним розвитком бактеріопланктону та погіршенням кисневого режиму.

Надмірне надходження сполук азоту, особливо амонійного та нітритного, вище за 0,85 мг N/ дм³ та 0,06 мг N/дм³, відповідно, істотно знижує життєздатність личинок коропа, які залишили оболонку. У найбільш забрудненої ділянці р. Протока їх життєздатність знижувалася на 55,9 %.

Біотестування якості водного середовища доцільно проводити лише на личинкових стадіях розвитку риб.

На основі отриманих даних можна стверджувати, що змиви з полів агропромислового комплексу та комунально-побутових стоків наносять значну шкоду чисельності рибного населення. Відтворення риб зазнає істотної негативної дії зі сторони антропогенного забруднення.

відходів на довкілля. Київ: ВПЦ Київський університет, 2016. 192 с.

3. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / О.Г. Васенко та ін. Харків: НУГЗУ, 2015. 419 с.

Худіяш Ю. М., Потрохов О. С., Зінковський О. Г., Водяницький В. М., Кофонов К., Красюк Ю. М.

4. Моніторинг довкілля : навч. посіб. / за ред. Петренко О. В., Павленко В. О. Київ: Київський ун-т, 2015. 303 с.

5. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля : навч. посіб. / за ред. А. І. Мацнев та ін.. Рівненський держ. технічний ун-т. Рівне : ВАТ Рівненська друкарня, 2000. 504 с.

6. EU Water Framework Directive 2000/60/EC. *Official Journal of the European Communities*, 22.12.2000. L 327/1. 118 p.

7. Чухрій Ю.П. Біоіндикація. Біотестування. Біомоніторинг / Конспект лекцій. Одеса: ОНАХТ, 2014. 41 с.

8. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Дока-центр, 2018. 94 с.

9. Крайнюков О.М., Стріян К.О., Крайнюков О.О. Встановлення метрологічних характеристик методики біотестування з визначення гострої летальної токсичності води на рибах *Brachydanio rerio hamilton-buchanan* / Біологічні науки *Young Scientist*, 2018. 9(61). С. 279–281.

10. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / за ред. В.К. Хільчевського. Київ: Ніка-Центр, 2009. 116 с.

11. Практикум з іхтіології (загальної і спеціальної). [навчальний посібник]. Шевченко П.Г. та ін. Херсон : Олді-Плюс, 2022. 583 с.

12. Hayatsu M., Tago K. & Saito M. Various players in the nitrogen cycle: Diversity and functions of the microorganisms involved in nitrification and denitrification. *Soil Science and Plant Nutrition*. Vol. 54. 2008.

13. Садовська І.В. Аналіз і розрахунок процесу нітрифікації при очистці стічних вод. Екологічна безпека та природокористування. Зб. наук. праць. Київ, 2010. Вип. 6. С. 129–139.

14. Henze M., Harremoës P., Jansen G., Arwin E. *Wastewater Treatment*. Berlin, New York, 2002. 430 p.

15. Клименко М.О. Моніторинг довкілля. Київ: Академія, 2006. С. 124–136.

16. Авраменко Н. І. Види водоростей у річці Ворскла, що викликають "цвітіння"

води. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. 1. С. 158–162.

References

1. Levkivskiy S. S. Padun M. M. (2006). *Ratsionalne vykorystannia i okhrona vodnykh resursiv*. Kyiv: Lybid. 280.

2. Khilchevskiy V.K., Zabokrytska M.R., Kravchynskiy R.L. (2016). *Ekolohichna standartyzatsiia ta zapobihannia vplyvu vidkhodiv na dovkillia*. Kyiv: VPTs Kyivskiy universytet. 192.

3. Intehralni ta kompleksni otsinky stanu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha (2015). *Monohrafiia* / О.Н. Vasenko ta yin. Kharkiv: NUHZU. 419.

4. *Monitorynh dovkillia* (2015). *Navch. posib.* / Za red. Petrenko O. V., Pavlenko V. O. Kyiv: Kyivskiy un-t. 303.

5. *Monitorynh ta inzhenerni metody okhrony dovkillia* (2000). *Navch. posib.* / Za red. A. I. Matsniev ta in.. Rivnenskyi derzh. tekhnichnyi un-t. Rivne : VAT Rivnenska drukarnia. 504.

6. EU Water Framework Directive 2000/60/EC. *Official Journal of the European Communities*, 22.12.2000. L 327/1. 118 p.

7. Chukhrii Yu.P. *Bioindykatsiia. Biotestuvannia. Biomonitorynh* (2014). *Konspekt leksii*. Odesa: ONAKHT. 41.

8. Lysytsia A.V. *Bioindykatsiia i biotestuvannia zabrudnenykh terytorii* (2018). *Metodychni rekomendatsii do samostiinoho vyvchennia dystsypliny*. Rivne: Doka-tsentr. 94.

9. Krainiukov O.M., Striian K.O., Krainiukov O.O. (2018). *Vstanovlennia metrolohichnykh kharakterystyk metodyky biotestuvannia z vyznachennia hostroi letalnoi toksychnosti vody na rybakh Brachydanio rerio hamilton-buchanan* / *Biolohichni nauky Young Scientist*. 9(61). 279–281.

10. *Hidroekolohichni stan baseinu richky Ros* (2009). *Za red. V.K. Khilchevskoho*. Kyiv: Nika-Tsentr. 116.

11. *Praktykum z ikhtiologii (zahalnoi i spetsialnoi)*. (2022). [navchalnyi posibnyk]. Shevchenko P.H. ta yin. Kherson : Oldi-Plus. 583.

12. Hayatsu M., Tago K. & Saito M. Various players in the nitrogen cycle: Diversity and functions of the microorganisms involved

in nitrification and denitrification. *Soil Science and Plant Nutrition*. Vol. 54. 2008.

13. Sadvoska I.B. (2010). Analiz i rozrakhunok protsesu nityfikatsii pry ochysttsi stichnykh vod. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*. Zb. nauk. prats. Kyiv. Vyp. 6.129–139.

14. Henze M., Harremoes P., Jansen G., Arwin E. (2002). *Wastewater Treatment*. Berlin, New York. 430 p.

15. Klymenko M.O. (2006). *Monitorynh dovkillia*. Kyiv: Akademiia. 124–136.

16. Avramenko N. I. (2013). Vydy vodorostei u richtsi Vorskla, shcho vyklykaiut "tsvitinnia" vody. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 1. 158–162.

BIOTESTING OF THE ANTHROPOGENIC IMPACT ON AREAS OF THE R. ROS AND R. PROTOKA ON THE VIABILITY OF CARP FISH EGGS AND LARVAE

**Yu. Khudiiash, O. Potrokhov, O. Zinkovskyi, O. Vodianskyi, K. Kofonov,
Yu. M. Krasiuk**

Abstract. *The results of research into the hydrochemical state of experimental reservoirs, which fully correspond to the nature of pollution, are presented. A significant increase in the concentration of ammonium nitrogen in the water of the Ros River in the area of the villages Horodishche, Pylypcha and of the Protoka River near the village of Pishchana was noted by compared to the Ros River near the Oleksandria Arboretum. There is also an excess of the concentration of nitrite ions in the water in the Protoka river near the village Pishchana compared to other experimental sites, which indicates fresh pollution of the reservoir. In the water of the Ros river in the area of the villages Horodishche, Pylypcha and in the water of the Protoka River near the village Pishchana content of nitrate ions was higher compared to the Ros River (near the Oleksandria Arboretum), which is a consequence of the constant inflow of leachate from agricultural lands, which are adjacent territories to these areas.*

The level of pollution of some areas of the Ros River and the Protoka River was studied in terms of survival (viability) of developing eggs and larvae of carp and white carp. The analysis of the results of biotesting of the degree of toxicity of water from these reservoirs showed that the viability of eggs in water from areas located near the villages Pylypcha and Pishchana was slightly larger than that of the eggs, which was incubated in water from the area near the village Horodishche and Arboretum of Oleksandria.

The decrease in the survival rate of fish embryos (the village of Gorodishche and Oleksandria Arboretum) is indirectly related to the higher concentration of phosphate ions in the water sampled at these sites. Under such conditions, an increase in the number of bacterioplankton is possible, which disrupts the oxygen regime in the environment and leads to negative consequences.

In the most polluted water near the villages Pishchana and Horodishche, the survival rate of carp larvae was lower than in the water near the Oleksandria Arboretum and the village Pylypcha. This indicates that in the larval stages of development, fish are most vulnerable to a toxic environment. It was noted that the concentration of phosphorus and phosphates in the section of the Protoka River near the village Pishchana was minimal compared to other experimental sampling points.

Худіяш Ю. М., Потрохов О. С., Зінковський О. Г., Водяницький В. М., Кофонов К., Красюк Ю. М.

Therefore, a special role in the toxic effect on the viability of fish larvae is assigned to the presence of inorganic nitrogen in the water. An excessive intake of nitrogen compounds, especially ammonium and nitrite, significantly reduces the viability of carp larvae that have left the shell.

It was established that a clearer indicator of the toxicity of the environment is the survival rate of both species of fish, which are at the early post-embryonic stage of development.

Key words: *biotesting, survival, fish eggs and larvae, ammonium nitrogen, nitrites, nitrates, phosphates, environmental toxicity*

УДК 631.51:631.582

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА АГРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ В СІВОЗМІНІ**М. В. ВОЙТОВИК**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<https://orcid.org/0000-0002-6943-3213>**О. Б. ПАНЧЕНКО**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<https://orcid.org/0009-0008-5087-5311>**І. Д. ПРИМАК**, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри землеробства, агрохімії та ґрунтознавства<https://orcid.org/0000-0002-0094-3469>*Білоцерківський національний аграрний університет***О. А. ЦЮК**, доктор сільськогосподарських наук, професор,<https://orcid.org/0000-0001-8789-522x>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: zemlerobstvo_@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.004](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.004)

***Анотація.** Світовий та вітчизняний досвід застосування технологій зумовили потребу у перегляді підходів до обробітку ґрунту, спрямування стосуються у першу чергу на його мінімізацію. Мета досліджень порівняти і обґрунтувати вплив різних технологій обробітку ґрунту в трьох пільній сівозміні на фізичні властивості чорнозему типового. Застосовані матеріали і методи: результати досліджень у польовому досліді; аналіз, узагальнення і статистична обробка даних фондових і сучасних літературних матеріалів. Подано результати вивчення застосування технологій обробітку ґрунту на щільність і твердість ґрунту, урожайність сої центрального Лісостепу України. Встановлено, щільність ґрунту за «No-till» технології і мінімального обробітку призводить до зростання щільності ґрунту порівняно з оранкою. Підвищення її найбільше відбулося в 20-30 см шарі чорнозему типового за мінімального обробітку ґрунту.*

Заміна полицевого нульовим та мінімальним обробітками зростав опір ґрунту. Твердість в шарі ґрунту 0-30 см після дискового обробітку була вищою від оранки на 5,5 кг/см², після «No-till» технології – на 8,2 кг/см². Урожайність сої за дискування ґрунту знизилась на 5,4 % порівняно з оранкою. За «No-till» технології і оранки урожайність зерна сої одержана на одному рівні, що становить відповідно 2,19 і 2,2 т/га. Перспективним напрямком для подальших досліджень є вивчення структурно-агрегатного складу та запасів доступної вологи у метровій товщі ґрунту

***Ключові слова:** щільність, твердість, «No-till» технологія, оранка, соя*

Актуальність. Кінцевим традиційних до ґрунтозахисних і проявом тенденції переходу від мінімальних технологій є технологія

Войтовик М. В., Панченко О. Б., Примак І. Д., Цюк О. А.

нульового обробітку ґрунту, за якої ґрунт піддається механічному впливу лише в зоні роботи сошника сівалки, який робить щілину в посівному шарі ґрунту і кладе в неї насіння. Решта чинників, що можуть впливати на фізичні показники ґрунтів, наявні в цій технології, як і в інших – це ходові системи тракторів і сільськогосподарських машин [8, 15].

Аналіз досліджень і публікацій з досліджуваної теми. В сучасних умовах господарювання пріоритетними напрямками розвитку землеробства в Україні є освоєння консервативних (мінімальних, нульових) систем обробітку ґрунту, широке використання побічної продукції сільськогосподарських культур, запровадження інтегрованих систем захисту рослин від шкідливих об'єктів. Ці тенденції зумовлені, насамперед, необхідністю підвищення родючості орних земель, кліматичними змінами, екологічними чинниками, дефіцитом трудових та енергетичних ресурсів [7, 9, 12, 14].

Англійський вчений – аграрій Х. П. Аллен, один із теоретиків мінімального обробітку ґрунту, до переваг такої технології відніс те, що вона забезпечує: економію часу, робочої сили, паливно-мастильних матеріалів і грошових ресурсів; зведення до мінімуму непродуктивних втрат ґрунтової вологи; збереження гумусу у верхньому шарі та зменшення

можливостей прояву вітрової та водної ерозії [1].

Значний вклад у розробку теоретичних основ мінімізації обробітку ґрунту за рахунок no-till технологій внесли вчені США, які позитивно оцінили дану технологію. Вона сільськогосподарському виробництву несе наступні вигоди [2].

- Підвищується вміст органічних речовин, краще зберігається структура ґрунту, інтенсивніше протікає оструктурування ґрунту, зберігається корисна ґрунтова фауна, поліпшується аерація ґрунту, покращується вологозабезпеченість рослин, попереджається ерозія ґрунту, помітно знижується собівартість продукції, економиться біля 70 % пального, затрати робочого часу зменшуються у три – п'ять разів.

Недоліки технологій без механічного обробітку ґрунту за результатами аналізу сучасної літератури і власного досвіду наводять В. Ф. Сайко і А. М. Малієнко [11]. До нього вони відносять, що:

- За наявності на поверхні поля великої кількості рослинних решток температура ґрунту навесні знижується на 3-5 0С і на три – чотири дні затримується досягання ґрунту, це шкодить ярим культурам, призводить до перенесення сівби на пізніше;

- За no-till технології у «блюдцях» затримується тала вода на

Войтовик М. В., Панченко О. Б., Примак І. Д., Цюк О. А.

тривалий час, це шкодить пшениці озимій і багаторічних трав;

- Через застій води на слабокислотних ґрунтах знижується їх біологічна активність;

- Значно зростає вартість контролювання бур'янів порівняно з традиційною технологією;

- Доводиться збільшувати норми гуртових гербіцидів, частина яких фіксується рослинами рештками;

- За тривалої ґрунтової посухи внесені у верхній шар добрива стають недоступними для рослин.

Мета досліджень порівняти і обґрунтувати вплив різних технологій обробітку ґрунту в трьох пільній сівозміні на фізичні властивості чорнозему типового.

Методика та вихідний матеріал. Дослідження проводились упродовж 2012-2021 рр. в ТОВ «Мрія» Білоцерківського району Київської області, в трьох пільній сівозміні з наступним чергуванням культур: пшениця озима – соя – соняшник. Об'єктом досліджень обраний агроценоз сої, ґрунт. Предметами досліджень стали щільність і твердість ґрунту, урожайність сої. Визначення показника щільності ґрунту проводилося за методом Качинського в шарах 0-10, 10-20 і 20-30 см до промерзання ґрунту, на час сівби, у фазу бутонізації та збирання сої. Твердість ґрунту визначали пінітрометр SkokAgro S600. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий

середньосуглинковий. Потужність орного шару – 20-25 см; вміст гумусу – 4,41%; сума увібраних основ – 19,30 мг. екв/100 г ґрунту; рН – 5,81; азот, що легко гідролізується – 189,0 мг/кг; рухомі сполуки фосфору і калію – 151,9 і 102,1 мг/кг.

У досліді вивчалися технології обробітку ґрунту з різним ступенем інтенсивності. В якості контролю слугувала традиційна технологія на базі оранки ПОН 3-35 під сою і пшеницю озиму на глибину 20-22 см, соняшник – 25-27 см (контроль). Варіант 2 передбачав використання дискової борони АГ – 2,1–20 на 10-12 см під всі культури сівозміни. Варіант 3 – «No-till» технології сівба в необроблений ґрунт сівалкою Kinze 3600.

Повторність в досліді триразова, площа посівної ділянки – 380 м², облікової – 230 м².

Під час експерименту використовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи та загальновізані в Україні методики і методичні рекомендації [9].

Результати досліджень та їх обговорення. Проведені дослідження показали, що на щільність ґрунту істотно впливає спосіб його обробітку і умов, що складуються в осінньо-зимовий період і упродовж вегетації. Так, у середньому у роки досліджень

Войтовик М. В., Панченко О. Б., Примак І. Д., Цюк О. А.

щільність ґрунту в шарі 0-10 см в технологій обробітку ґрунту найбільш критичну фази росту і знаходилась в оптимальних межах від розвитку сої (початок вегетації) за 1,04 до 1,15 г/см³ (табл. 1). досліджуваними варіантами

1. Зміни щільності ґрунту за вирощування сої залежно від технологій обробітку чорнозему типового

Варіанти технологій обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Щільність ґрунту, г/см ³			
		до промерзання ґрунту	перед сівбою	у фазу бутонізації	перед збиранням
Оранка ПОН-3-35 на 20-22 см (контроль)	0-10	0,85	1,04	1,16	1,21
	10-20	0,93	1,16	1,19	1,25
	20-30	1,14	1,22	1,23	1,28
Дискування АГ-2,1-20 на 10-12 см	0-10	1,00	1,08	1,18	1,20
	10-20	1,07	1,16	1,21	1,23
	20-30	1,18	1,18	1,24	1,29
Технології «No-till»	0-10	1,10	1,15	1,23	1,24
	10-20	1,17	1,17	1,19	1,19
	20-30	1,19	1,18	1,21	1,31
НІР ₀₅		0,07	0,05	0,06	0,09

Аналіз щільності в нижніх шарах ґрунту показав, що на варіанті, де проводилося дискування, в 10-20 см за рахунок дії дискових знарядь ґрунт переущільнювався. За оранки зростання щільності ґрунту спостерігалось в шарі 20-30 см.

У середині вегетації за дискування і оранки відбулось значне зростання щільності ґрунту по всьому профілю орного шару. За технології No-till ця тенденція була виражена значно менше.

Перед збиранням щільність ґрунту зросла і виходила за межі оптимальних значень для рослин сої. Істотних різниць між варіантами дослідів за ці періоди не відмічено.

Використання будь-якого суцільного обробітку сприяло підтриманню щільності в 0-10 см шарі на рівні з контролем. Зменшення

кількості та глибини обробітків призводила до підвищення її у порівнянні з полицевим обробітком в нижніх шарах, які не оброблялись.

На думку В. В. Медведєва [6], системний в сівозміні у середньостроковій перспективі (через 4-5 років) має сприяти розущільненню верхніх шарів ґрунту до оптимального рівня (1,15–1,25 г/см³) внаслідок локалізації в обмеженому ґрунтовому середовищі значної кількості органічного субстрату. При цьому очікується зниження щільності будови і опору ґрунту не тільки в орному шарі, але й у підорному прошарку, що призведе до поступового руйнування «плужної підшви».

Твердість ґрунту чинить механічний опір росту і розвитку кореневої системи рослин, нерідко

Войтовик М. В., Панченко О. Б., Примак І. Д., Цюк О. А.

зумовлює зниження схожості насіння, впливає на водний, повітряний і тепловий режими ґрунту і знярядь [13].

Наразі тривають гострі дискусії між прихильниками традиційних та енергозберігаючих заходів обробітку ґрунту. Дослідження показали, що ефективність ресурсозберігаючого мінімального обробітку в різних зонах неоднакова і залежить від ступеня окультурення ґрунту, погодних умов механічного складу, засміченості полів [5].

У результатів дослідів, проведених Н. Є. Борис [3] встановлено, що оранка сприяла зниженню твердості чорнозему типового.

Дослідження показали, що твердість ґрунту залежала від способів обробітку ґрунту (табл. 2). На контролі твердість 0-10 см шару була найменшою за варіантами досліду – 3,4 кг/см², у той же час за

дискування і нульового обробітку вона була істотно вище – на 1,3 і 4,6 кг/см² відповідно.

У глибших шарах чорнозему типового відбулось зростання твердості ґрунту на всіх досліджуваних варіантах обробітку. Так, за оранки в 10-20 см шарі вона збільшилась на 13,3, а в шарі 20-30 см – на 19,9 кг/см² відповідно верхнього 0-10 см шару. Застосування дискування на 10-12 см і технології No-till обробітку істотно збільшувало відповідний показник відповідно контролю.

Варто відмітити, що застосування дискування на 10-12 см і технології обробітку No-till відмічена достовірна різниця в напрямку збільшення твердості ґрунту за відсутності його обробітку за всіма дослідженими шарам. Відповідно, зменшення інтенсивності обробітку ґрунту істотно збільшувало його твердість.

2. Зміни твердості ґрунту за вирощування сої залежно від технології його обробітку, кг/см²

Варіанти технологій обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см			
	0-10	10-20	20-30	0-30
Оранка ПОН-3-35 на 20-22 см (контроль)	3,4	16,7	23,3	14,5
Дискування АГ-2,1-20 на 10-12 см	4,7	22,4	33,0	20,0
Технології «No-till»	8,0	25,4	34,6	22,7
НІР ₀₅	0,54	0,72	3,2	1,91

Центилю Л. В., Цюк О. А. [13] встановили, що застосування мілкового безполицевого обробітку викликає збільшення твердості в нижній частині орного шару ґрунту. Відмінності за твердістю найбільш

виражені восени, відразу після проведення основного обробітку, а у весняно-літній період вони згладжуються і, як правило, не досягають критичних значень для вирощування культур.

Войтовик М. В., Панченко О. Б., Примак І. Д., Цюк О. А.

Виявлено рівень ущільненого прошарку, що значно перешкоджає проходженню кореневої системи рослин та вологи. Глибина розташування плужної підшови за оранки була на рівні 20-24 см, за дискування – 12-14 см. За такої глибини відмічено значне підвищення по шарах ґрунту його твердості із величиною до 9-10 кг/см², це становило третини загальної величини даного показника.

Переваги технології No-till за вирощування сої, нами не встановлено чіткого характерного ущільненого прошарку. Стійка тенденція до підвищення сили опору

ґрунту після технології No-till обробітку викликали негативні зміни стану чорнозему типового порівняно з оранкою і дискуванням.

Урожайні дані залежно від різних технологій обробітку ґрунту під сою за вирощування її в короткоротаційній сівозміні (табл. 3).

Урожайність сої у середньому упродовж років досліджень істотно за технологіями обробітку ґрунту не відрізнялась. Так, за застосування дискування урожайність сої неістотно знизилась на 5,4 % порівняно з оранкою. За технології No-till урожайність одержана на одному рівні із оранкою.

3. Урожайність насіння сої залежно від технологій обробітку ґрунту, т/га

Варіант технологій обробітку ґрунту	Урожайність	Приріст урожайності до контролю	
		т/га	± % відхилення до контролю
Оранка ПОН-3-35 на 20-22 см (контроль)	2,2	0,0	0,0
Дискування АГ-2,1-20 на 10-12 см	2,08	-0,12	-5,4
Технології «No-till»	2,19	-0,01	-0,45
НІР ₀₅	0,29		13,4

Низка науковців Р. А. Вожегова, та ін. [4] зазначили, що за системи диференційованого, різноглибинного безполицевого та мілкового одноглибинного обробітку формується продуктивність сої на одному рівні, а використання нульового обробітку зменшує врожайність на 0,75 т/га, або на 20,1%.

Висновки. Застосування «No-till» технології та мінімального

обробітку призводить до зростання щільності ґрунту порівняно з оранкою. Найбільше підвищення щільності спостерігали в 20-30 см шарі ґрунту за мінімальних обробітків. Заміна полицевого нульовим та мінімальним обробітками зростав опір ґрунту. Твердість в шарі ґрунту 0-30 см після дискового обробітку була вищою від оранки на 5,5 кг/см², після «No-till» технології – на 8,2 кг/см².

Войтовик М. В., Панченко О. Б., Примак І. Д., Цюк О. А.

Урожайність сої за дискування ґрунту знизилась на 5,4 % порівняно з оранкою. За технології «No-till» і

оранки урожайність зерна сої одержана на одному рівні.

Список використаних джерел

1. Аллен Х. П. Прямой посев и минимальная обработка почвы. М.: Агропромиздат, 1985. 79 с.

2. Бейкер С. Д., Сэкстон К.Е. Природа риска в no-till // Посев по технологии no-till в рамках почвозащитного земледелия : Перев. с англ. Днепропетровск, 2007. С. 33-47.

3. Борис Н. Є. Регулювання та оптимізація агрофізичних властивостей ґрунту. Пропозиція. 2019. № 11. Propozitsiya.com/ua/regnlirivania-i-optimizaciya-agrofizicheskikh-svoystvpochvy.

4. Вожегова Р. А., Малярчук А. С., Котельников Д. І., Резніченко Н. Д. Вплив основної обробки ґрунту та сидерації на урожайність сої в сівозміні на зрошенні півдня України. Таврійський науковий вісник. 2021. №118. С. 66-73. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.8>.

5. Медведев В. В. Твердость почв. Харьков : Изд-во КП «Городская типография», 2009. 152 с.

6. Медведев В. В. Нульовий обробіток ґрунту в Європейських країнах. Харків : ТОВ «Едена», 2010. 212 с.

7. Пабат І. А., Шевченко М. С., Горбатенко А. І., Горобець А. Г. Мінімізація обробки ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур. Вісник аграрної науки. 2004. № 1. С. 11–14.

8. Петриченко В. Ф., Колісник С. І., Панасюк О. Я., Єрмолаєв М. М., Хахула В. С. Вплив нульового обробки ґрунту на його фізичні властивості в правобережному Лісостепу України. Агробіологія, 2013. №11 (104). С. 183-186.

9. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення в сучасному землеробстві : монографія. Рівне : Волинські обереги, 2007. 320 с.

10. Сайко В. Ф. Наукові основи стійкого землеробства в Україні. Вісник аграрної науки. 2011. № 1. С. 5–12.

11. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Мінімальний та нульовий обробки ґрунту, стан і перспективи їх запровадження в Україні. Посібник українського хлібороба. Науково-виробничий щорічник. К.: Урожай, 2009. С. 178-188.

12. Танчик С. П. No-till і не тільки. Сучасні системи землеробства. К.: Тов. Юнівест Медіа, 2009. 160 с.

13. Центилю Л. В., Цюк О. А. Динаміка змін твердості ґрунту залежно від його основної обробки. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. № 1. С. 147-153.

14. Циков В. С. Состояние и перспективы развития системы обработки почвы. Днепропетровск.: ООО ЭНЕМ, 2008. 168 с.

15. Qiuyue Liu, Zhengrong Kan, Cong He and Hailin Zhang. Effects of Strategic Tillage on Soil Physicochemical Properties and Grain Yield in the North China Plain. *Agronomy*. 2020, 10(8), 1167. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081167>

Reference

1. Allen Kh. P. (1985). Direct sowing and minimal tillage of the soil. М.: Ahropromyzdat, 1985. 79 s. (in Russian)

2. Beiker S. D., Sækston K.E. (2007). The nature of risk in no-till. Posev po tekhnolohyy no-till v ramkakh pochvozashchytneho zemledelyia : Perev. s anhl. Dnepropetrovsk, 33-47. (in Ukrainian)

3. Borys N. Ye. (2019). Regulation and optimization of agrophysical soil properties. *Propozytsiia*. № 11. Propozitsiya.com/ua/regnlirivania-i-optimizaciya-agrofizicheskikh-svoystvpochvy. (in Ukrainian)

4. Vozhehova R. A., Maliarchuk A. S., Kotelnykov D. I., Reznichenko N. D. (2021). The influence of the main tillage and sideration on soybean yield in crop rotation in the irrigated south of Ukraine. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 118. 66-73. DOI:

<https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.8>. (in Ukrainian)

5. Medvedev V. V. (2009). Hardness of soils. Kharkov : Yzd-vo KP «Horodskaia typhrpfyia», 152 s. (in Ukrainian)

6. Medvediev V. V. (2010). No-tillage in European countries. Kharkiv : TOV «Edena», 212 s. (in Ukrainian)

7. Pabat I. A., Shevchenko M. S., Horbatenko A. I., Horobets A. H. (2004). Minimization of soil tillage during cultivation of agricultural crops. Visnyk ahrarnoi nauky. 1. 11–14. (in Ukrainian)

8. Petrychenko V. F., Kolisnyk S. I., Panasiuk O. Ya., Yermolaiev M. M., Khakhula V. S. (2013). The effect of zero tillage on its physical properties in the right-bank forest-steppe of Ukraine. Ahrobiolohiia, 11 (104). 183-186. (in Ukrainian)

9. Polovyi V. M. (2007). Optimization of fertilization systems in modern agriculture: monohrafiia. Rivne : Volynski oberehy, 2007. 320. (in Ukrainian)

10. Saiko V. F. (2011). Scientific basis of sustainable agriculture in Ukraine. Visnyk ahrarnoi nauky. 1. 5–12. (in Ukrainian)

11. Saiko V. F., Maliienko A. M. (2009). Minimal and No-tillage, status and prospects of their implementation in Ukraine. Posibnyk ukrainskoho khliboroba. Naukovo-vyrobnychy shchorichnyk. K.: Urozhai, 178-188. (in Ukrainian)

12. Tanchyk S. P. (2009). No-till and beyond. Modern farming systems. K.: Tov. Yunivest Media, 160. (in Ukrainian)

13. Tsentylo L. V., Tsiuk O. A. (2019). Dynamics of soil hardness changes depending on its main cultivation. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii. 1. 147-153. (in Ukrainian)

14. Tsykov V. S. (2008). Status and prospects of the development of the soil processing system. Dnepropetrovsk.: OOO ENEM, 168. (in Ukrainian)

15. Qiuyue Liu, Zhengrong Kan, Cong He and Hailin Zhang. Effects of Strategic Tillage on Soil Physicochemical Properties and Grain Yield in the North China Plain. *Agronomy*. 2020, 10(8), 1167. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081167>

COMPARATIVE ASSESSMENT OF AGROPHYSICAL PROPERTIES UNDER DIFFERENT TECHNOLOGIES OF SOIL PROCESSING IN CROP ROTATION

M. Voitovyk, O. Panchenko, I. Prymak, O. Tsyuk

Abstract. *World and domestic experience in the use of technologies has led to the need to revise approaches to soil cultivation, directions are primarily concerned with its minimization. The purpose of the research is to compare and substantiate the impact of different tillage technologies in a three-field crop rotation on the physical properties of typical chernozem. Applied materials and methods research results in a field experiment, analysis, generalization and statistical processing of data from stock and modern literary materials. The results of the study of the application of soil tillage technologies on the density and hardness of the soil, the productivity of soybeans of the central forest-steppe of Ukraine are presented. It was established that the density of the soil under "No-till" technology and minimal tillage leads to an increase in the density of the soil compared to plowing. Its increase occurred most in the 20-30 cm layer of typical chernozem with minimal tillage. Replacing the shelf with zero and minimal tillage increased soil resistance. The hardness in the soil layer 0-30 cm after disk tillage was higher than plowing by 5.5 kg/cm², after "No-till" technology – by 8.2 kg/cm². Soybean productivity with soil discing decreased by 5.4 % compared to*

Войтовик М. В., Панченко О. Б., Примак І. Д., Цюк О. А.

plowing. According to the "No-till" technology and plowing the yield of soybean grain was obtained at the same level, which is 2,19 and t/ha, respectively. A promising direction for further research is the study of the structural and aggregate composition and reserves of available moisture in the meter-thick soil layer.

Key words: *density, hardness, "No-till" technology, plowing, soybean*

UDC 631.8: 629.7

USE OF NEURAL NETWORKS FOR PLANNING THE CORRECT SELECTION OF PLANT AND SOIL SAMPLES IN PRECISION AGRICULTURE TECHNOLOGIES**N. A. PASICHNYK**, candidate of agricultural science, associate professor,
<https://orcid.org/0000-0002-2120-1552>**A. O. DUDNYK**, candidate of technical science, associate professor,
<https://orcid.org/0000-0001-9797-3551>**O. O. OPRYSHKO**, candidate of technical science, associate professor,
<https://orcid.org/0000-0001-6433-3566>**N. A. KIKTEV**, candidate of technical science, associate professor,
<https://orcid.org/0000-0001-7682-280X>**M. M. PETRENKO**, 4th year student of the agrobiolology faculty
National university of life and environmental sciences of Ukraine

E-mail: N.Pasichnyk@nubip.edu.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.005](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.005)

Abstract. *The article is devoted to the study of the use of neural networks to optimize the selection of plant stands in precision agriculture technologies. The study takes into account the complex aspects of sample selection, such as the speed of image acquisition, the effectiveness of assessing the state of mineral nutrition and soil moisture, etc. This data is a necessary component for precision farming technologies and, in particular, crop management. Research was conducted on production fields in 2019-2020 in Boryspil district of Kyiv region. Spectral studies were performed using the Slantrange 3p complex installed on the UAV. Data processing was performed both with the specialized software for spectral data Slantview and with the mathematical package MathCad. The assessment of the nature of the distribution of both individual spectral channels and their combination in the form of vegetation indices turned out to be unprepared for the identification of uneven water supply of areas. The red channel and its derivatives turned out to be the most promising in the direction of identifying the water supply of wheat. The use of neural networks made it possible to identify probable areas with increased water supply on the maps of the distribution of vegetation indices in the field. The duration of identification using neural networks will not interfere with the sampling procedure, so that such a procedure can be effectively implemented in agronomic practices. Therefore, the use of neural networks allows you to automate and increase the accuracy of selection, improving the quality of the analysis of plant stands, subject to compliance with soil sample evaluation technologies. The obtained results indicate the prospects of implementing this approach in modern agriculture..*

Key words: *selection of plant samples, precision agriculture, remote monitoring, vegetation indices, UAV, neural networks*

Пасічник Н. А., Дудник А. О., Опришко О. О., Кіктев М. О., Петренко М. М.

Introduction. The conditions of crop production are becoming more and more complex, taking into account climate changes, divergence and instability of the cost of resources, means and products. Precision agriculture, also known as precision agriculture or precision agriculture, is an approach that uses modern technological solutions – remote sensing, sensors, geographic information system (GIS) and others - to collect and analyze data about soil, plants, factors. The main goal is to optimize the use of resources and maximize the harvest, while simultaneously reducing the negative impact on the environment. Implementation of the concept of precision agricultural production requires solving many organizational and methodical issues and fundamentally improving the culture of production in the agricultural sector in general and in crop production in particular. Yes, it is necessary to ensure the accumulation and processing of large data sets, that is, to implement information technologies at a new level within the limits of not a separate field, but an economy or even an industry, as shown in D. Yuniarto et al (2020) in [1]. For Ukraine, it is necessary to increase the number of sensor equipment for monitoring by several orders of magnitude, for which it is advisable to develop universal description languages, an example of which can be Verilog, applied in India by the group of J. Patidar et al (2019) in [2]. The implementation

of Internet of Things technologies is promising, the experience of using them specifically for crop production is shown in T. Wiangtong and P. Sirisuk (2018) in [3] and U. A. Bhat et al (2022) in [4]. Significant progress has been made primarily in indoor technologies, as shown by P. Patil et al (2022) in [5], but there the environmental impact is fundamentally lower than in the open air. For the industrial scale of traditional fields, it is necessary to implement fundamentally more complex technologies, which will involve not only obtaining experimental data, but also filtering them for unreliable results, which can be achieved in multi-agent systems, described in M. Zaryouli et al (2020) in [6].

In Ukraine, Smart Farming technologies for plant nutrition are most often implemented according to the following algorithm: survey using UAVs, identification of characteristic areas, ground sampling and their subsequent laboratory analysis to create maps, in particular, of nitrogen nutrition. But the state of plants can be determined not only by the state of mineral nutrition, but also, in particular, by the state of water supply and, accordingly, neglecting this indicator leads to significant errors. The process of sampling is time-consuming and it is impractical to complicate it with additional determinations of soil moisture at different depths. Accordingly, the purpose of the work is to develop methodical approaches to

Пасічник Н. А., Дудник А. О., Опришко О. О., Кіктев М. О., Петренко М. М.

determine the optimal places for sampling plant samples under conditions of different soil moisture conditions.

Status of the issue. Sampling should be carried out using robots, since accurate positioning means are necessary in any case, because visual positioning by landmarks in the field is not always possible, as confirmed by O. M. Vechera et al (2018) in [7]. For the European market, which has fields with an area of up to several tens of hectares, it is possible to use special multispectral sensors capable of immediately issuing maps of the distribution of vegetation indices. Such sensors as Mapir Survey3W, as shown by Z. Zhang et al (2022) in [8] or Sentera Double 4K, shown by N. u. Sabah et al (2022) in [9], developed for small UAVs of the mini class and require constant radio communication with the operator, which is not always possible for the fields of Ukraine with an area of 50-100 hectares. Based on the experience of using experimental hospitals (V. Lysenko et al., 2019 in [10]), the order of 6 gradations and the corresponding number of repetitions are required to study the fertilizer application system. Therefore, the amount of ground work is considerable and the use of robots is quite appropriate. The expediency and effectiveness of such an unconventional tool was studied in the work of M. Edmonds and J. Yi (2021) in [11], where the problems and prospects of such solutions are shown.

In general, considerable attention has been paid to the use of robots in agricultural production. Thus, the methods of choosing routes according to various optimality criteria were developed in the works of Y. Gunchenko et al (2019) in [12], A. N. Voronin et al (2003) in [13] in the presence of obstacles, J. Pak et al (2022) in [14] and A.N. Voronin et al (2002) in [15] for minimal mileage. These tools can be effectively used in crop production, taking into account the topography of the area, the presence of known obstacles, and the energy efficiency of the devices. With regard to operational data, the work of S. A. Shvorov et al (2019) in [16] describes the experience of choosing the optimal route on the basis of data obtained from UAVs with the Slantrange complex. The work shows that with the Slantrange multispectral complex and the SlantView software, maps of the distribution of vegetation indices, on the basis of which the state of vegetation is determined, can be obtained for a field of 60-70 hectares within one to two hours. Calculations do not require cloud services and, accordingly, access to the Internet, and therefore, it is appropriate for conditions of changes in the state of vegetation.

For the most common unmanned aerial vehicles with electric motors, which are easier to control due to the absence of electromagnetic interference generated by internal combustion engines, the issue of power supply is also well studied. These are the optimal

Пасічник Н. А., Дудник А. О., Опришко О. О., Кіктев М. О., Петренко М. М.

routes in the conditions of limited storage batteries, described in the work of D. S. Komarchuk et al (2021) in [17], and alternative energy supply from solar galvanic cells, shown in R. S. Krishnan (2022) in [18]. That is, the main methodological issues regarding the selection of samples are not in the technical side regarding the possibility of selection or the organizational area regarding the availability of such places, but in the identification of areas with different plant conditions.

The issue of remote soil moisture assessment is extremely important for crop production, and a review by M. J. Pandian and D. Karthik (2022) in [18] describes the existing experience with UAVs, which involves the use of thermal imagers. When taking samples, it is technically possible to measure soil moisture, but reliable consideration of the dynamics of changes in the moisture supply of plants, especially in drought conditions, has doubtful prospects. A

possible option for remote establishment of the state of plants is the assessment of the parameters of the distribution of indices on the site, shown in the work of N. Pasichnyk et al (2021) [20].

Organization of research.

Research was carried out on production fields in 2019-2020 in Boryspil district of Kyiv region with coordinates 50°16' N, 30°58'E 50.0347. The Slantrane 3p system mounted on the base of the DJI Matrice 600 Pro UAV was used for spectral research. Data on separate spectral channels and vegetation indices calculated by the SlantView program were considered. Maximum detail (GSD 0.04 m/pixel) is possible from the SlantView image window (available NDVI options - Green, Red and RedEdge). Monochrome images were used in the studies of results for individual spectral channels (picture windows), which were stored in bmp format to ensure completeness of information (Fig. 1).

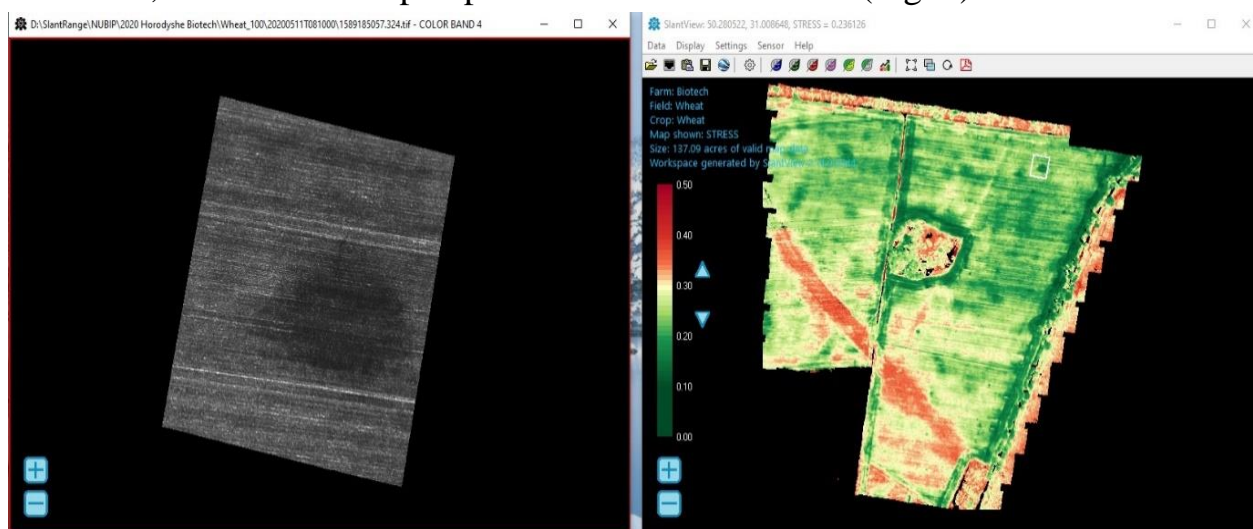


Figure 1. A picture in the IR spectrum of a field with a lowland (left) and the Stress map in the SlantView software (right)

Пасічник Н. А., Дудник А. О., Опришко О. О., Кіктев М. О., Петренко М. М.

Obtained results and discussion.

Assessment of the nature of the distribution. To approximate the experimental data, the amplitude version of the modified Gaussian function (hereinafter GaussAmp) was adopted, without a shift along the ordinate axis. The choice of the

Amplitude version of Gaussian peak function is due to the fact that, compared to the classical Gaussian function, it better describes the peak values and, as a result, it is easier to adapt it to the variable size of the experimental area, which is important for the industrial implementation of solutions (1):

$$N = A \times \exp \frac{-(X-x_c)^2}{2w^2}, \quad (1)$$

where: N is the number of measurements (in our case, the number of pixels); X is the intensity of the color component, A is the amplitude; x_c – average value; w is the standard deviation (corresponds to the value of $A/2$).

The results obtained for individual spectral channels are shown in Table 1, where 1 is a normal wheat plot, and water is an improved state of water supply due to the accumulation of water in the lowlands.

1. Results of approximation of experimental data using GaussAmp distribution for plots of winter wheat. Research date 2020.04.27

	Green		Red		RedEDGE		NIR	
	1	water	1	water	1	water	1	water
x_c	98	88	89	79	65,3	65	42	48,5
w	22	23	22,2	18,6	15	15,7	10,7	11,3
A	107	105	101	121	153	149	217	202

For individual spectral channels, the use of a promising parameter - the standard deviation, shown in N.Pasichnyk et al (2021) in [20] for identifying the best state of water supply turned out to be ineffective. The difference in this parameter was recorded only in the red channel. With regard to the average value, the difference was recorded in the Red Green and NIR channels, while in the visible range the areas in the lowlands are darker, and for the infrared channel -

the opposite. This is probably explained by the difference in the dimensions of the plants, which was also recorded visually during ground observations. Therefore, it was not possible to find a convincing identification of uneven wetting, based on the values and indicators of the distribution, so the issue needs additional study. Identification by source channels is probably possible, but its practical implementation in relation to sampling needs raises some doubts, based on the required time for calculations. Available

Пасічник Н. А., Дудник А. О., Опришко О. О., Кіктев М. О., Петренко М. М.

serial Slanrange software and hardware provides rapid retrieval of distribution maps within an hour, but does not include a vegetation index calculator. The data can be calculated with other software, but it takes time. According to the available experience, more than 5 hours were spent using the alternative Agisoft software installed on the graphics station (Core_i5-9400F_2.90GHz_16.0GB_250SSD_2T_GeForce GTX1050Ti). Given the amount of raw data of 9 GB and the bandwidth of the mobile Internet, the time to build the maps is too long for production use. In our opinion, it is advisable to use the possibility of the

Slanrange complex and its standard vegetation indices, since for them the calculations with the Slantview proprietary software for a field of 60 hectares took 40-50 minutes. The Slantview program interface provides access to standard vegetation indices, such as various variations of the most common NDVI index, as well as several proprietary indices such as Stress, Veg. fraction, etc., whose calculation formulas are not disclosed by the manufacturing company. The GreenNDVI and RedNDVI indices were selected for research. The results are presented in Figure 2.

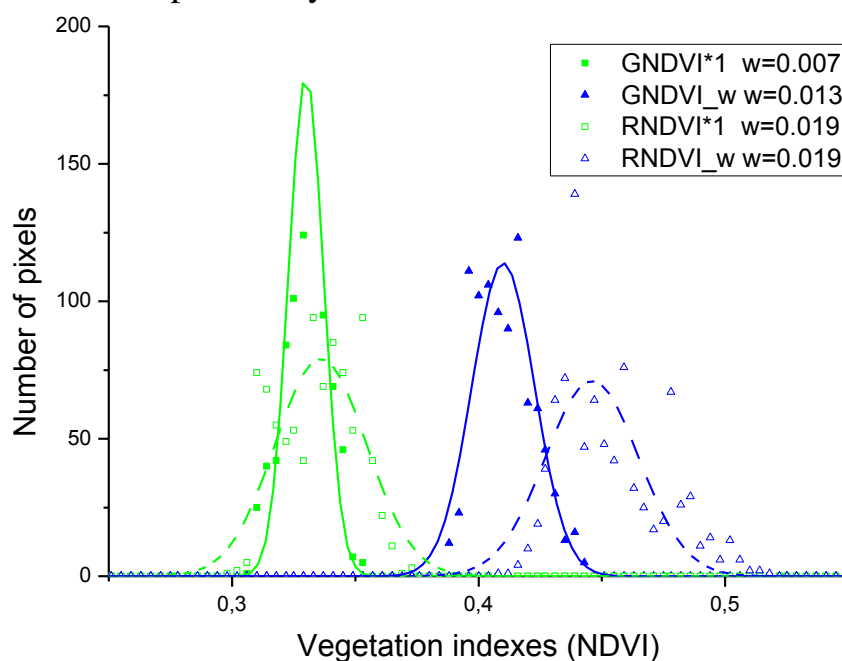


Figure 2. Dependence of the number of pixels on the value of the vegetation index GNDVI and RNDVI: where _1 is a normal state, _w is an increased state of water supply

Based on the results of the research, it can be stated that the characteristics of the Gaussian distribution for the pixels of the map of the distribution of the NDVI vegetation index are significantly

different from those obtained directly from the spectral channels. Thus, for NDVI indices, the standard deviation of the distribution in normal plants was equal to or even smaller than in those

Пасічник Н. А., Дудник А. О., Опришко О. О., Кіктев М. О., Петренко М. М.

with a better water supply regime, in contrast to the results obtained directly based on the use of spectral channels. At the same time, the coefficient of determination for the distribution of NDVI indices was 0.85-0.95, which is significantly less than the distribution based on the results of using green and red spectral channels, where this indicator was 0.98 and higher. The red spectral channel and its derivatives in the form of indices turned out to be the most promising for identifying increased water supply. In our opinion, consideration of individual spectral channels or their combination in vegetation indices is insufficient for confident and correct identification of areas for sampling for laboratory analysis.

To solve this problem, we proposed the use of neural networks to analyze the distribution of plots on the field. For example, relief depressions in the form of puddles are mostly round in shape, which can be recognized on the field. In this case, there are no restrictions on the nomenclature of available indexes that can be used for analysis.

$$S(i, j) = (I * K)(i, j) = \sum_m \sum_n I(i - m, j - n) * K(m, n), \quad (2)$$

where: I is the input data, K is the kernel (filter), S is the output data.

To achieve greater instability to various displacements in images, convolutional neural networks often use stride and padding operations. Stride defines the step at which the filter moves over the input data, while padding adds extra pixels around the input data to help

Neural networks. Convolutional Neural Networks (CNNs) are a powerful class of deep neural networks specially designed for processing grid-structured data such as images and videos. They are capable of automatically learning various levels of abstraction in data and are used with great success in computer vision tasks, image processing, object recognition, and other applications related to the perception of visual information.

Convolutional neural networks are based on two main concepts: convolutions and pooling. Convolution is a linear mixed sum operation between the input data and a small filter (called a kernel) to produce a new processed output value. This operation allows you to detect various features in the data, such as boundaries, textures, and other local details. Pooling is the process of reducing the dimensionality of data by taking the maximum, mean, or other statistical value from a certain area.

Mathematically, convolution for 2D data can be defined as follows:

preserve dimensionality after convolution.

Convolutional neural networks are often combined with fully connected layers to perform classification, regression, and other tasks. The results of the convolutional layers are concatenated and fed to the input of the fully connected layer.

Пасічник Н. А., Дудник А. О., Опришко О. О., Кіктев М. О., Петренко М. М.

Convolutional neural networks have shown significant achievements in many areas where it is important to analyze large volumes of visual data. Their success is due not only to the power of the model, but also to the ability to learn abstract levels of representation of the hierarchical structure of input data, which makes them an indispensable tool for many tasks of analyzing and processing objects in large data sets, which allows considering this tool in the question of determining the optimal sampling point soil samples.

Learning convolutional neural networks includes two main processes: forward propagation and backpropagation. These processes help the network learn the optimal weights and parameters to solve a particular task.

The forward propagation process occurs from the input data to the output layer of the network. The data passes through successive layers, which include convolutional layers, activation functions, and possibly pooling layers. In each convolutional layer, the kernel performs a convolution with the input data that learns various features in the data.

After forward propagation, the output of the network is compared with the desired results, and the error backpropagation phase occurs. The basic

idea is to estimate how much the weights and parameters affect the error, and then adjust them to reduce that error.

Error backpropagation is based on gradient descent, where the loss gradient (a function that measures the difference between predicted and actual results) is calculated with respect to the network weights and parameters. This gradient shows how the weights and parameters should be changed to reduce the error.

After calculating the gradient, the network applies an optimization algorithm (eg, stochastic gradient descent) to make corrective changes to the weights and parameters. This process is repeated for many data packages (mini-batches) during several training epochs.

An important component of training convolutional neural networks is the use of a loss function, which measures the amount of error between predicted and actual results.

In summary, training convolutional neural networks involves passing data through the network, calculating the error, calculating the gradient, and adjusting the weights and parameters to minimize the error during training.

Training of a convolutional neural network in Python for recognizing circles (puddles) in images was carried out on the fields obtained as a result of UAV surveying (Fig. 4).

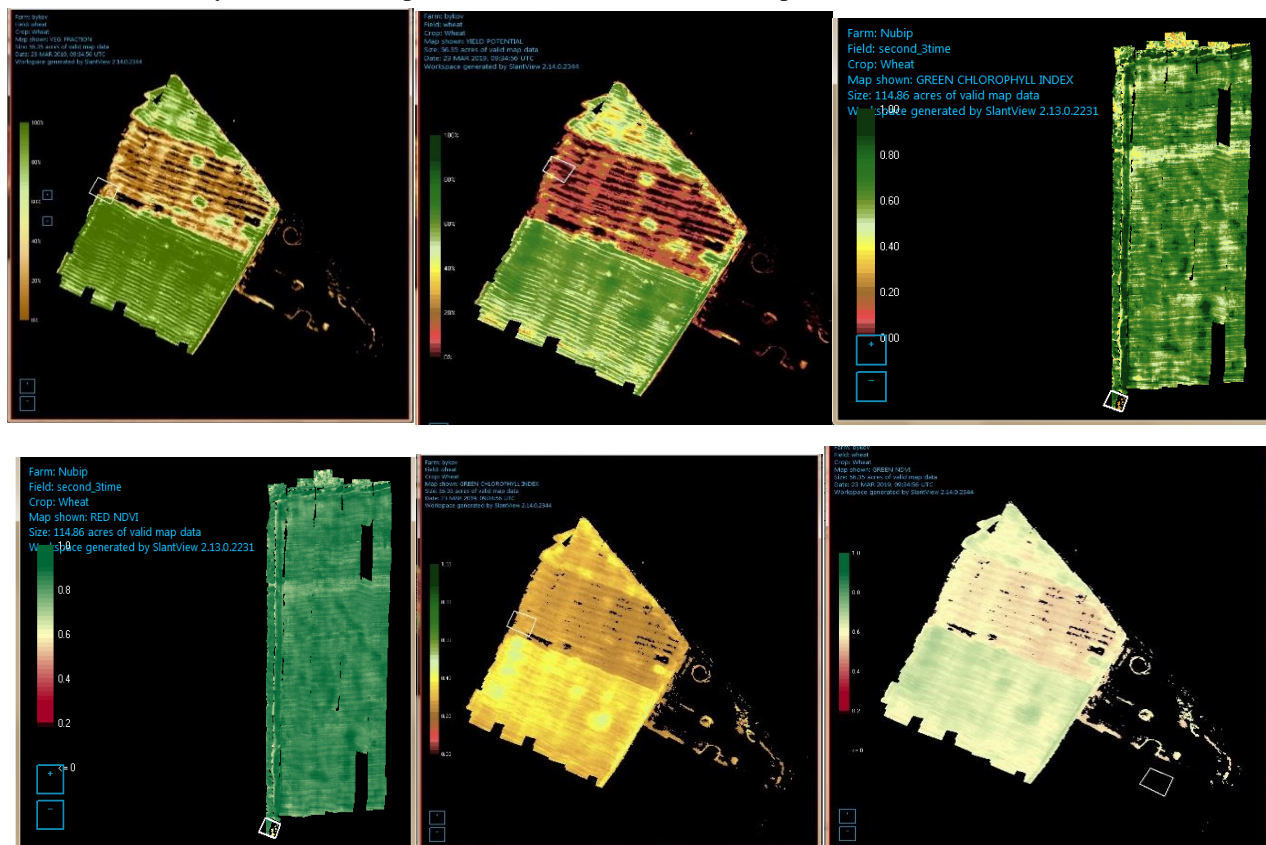


Figure 4. Field images obtained by the Slantrane 3p system (DJI Matrice 600 Pro UAV platform, calculated by the SlantView program)

For this, the TensorFlow library was used, which allows you to easily build and train neural networks. Part of the network training code is shown in Figer 5.

A convolutional architecture with three convolutional layers and pooling followed by a fully connected layer for classification was used. To train the model on the task of binary

classification, the binary loss function `binary_crossentropy` was used.

The testing of the network was carried out in order to identify areas with increased moisture supply, which were located in the fields and had a shape close to circles and differed in color.

Accuracy metrics: The worst and most important metric is accuracy. The created network demonstrated high accuracy on test data: `acc: 0.91422765`.

Пасічник Н. А., Дудник А. О., Опришко О. О., Кіктев М. О., Петренко М. М.

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Conv2D, MaxPooling2D, Flatten, Dense
from tensorflow.keras.optimizers import Adam
from tensorflow.keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator

# Data loading and preparation
train_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1.0/255.0) # Normalization of pixel values
train_generator = train_datagen.flow_from_directory(
    'path/to/training_data',
    target_size=(1270, 840), # Image size
    batch_size=32,
    class_mode='binary') #Binary classification

# building a convolutional neural network
model = Sequential([
    Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(1270, 840, 3)),
    MaxPooling2D((2, 2)),
    Conv2D(1270, (3, 3), activation='relu'),
    MaxPooling2D((2, 2)),
    Conv2D(2540, (3, 3), activation='relu'),
    MaxPooling2D((2, 2)),
    Flatten(),
    Dense(2540, activation='relu'),
    Dense(1, activation='sigmoid')
])

# Compilation
model.compile(optimizer=Adam(learning_rate=0.001),
              loss='binary_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])
```

Figure 5. Convolutional neural network learning code listing

Conclusions.

1. The assessment of the nature of the distribution of both individual spectral channels and their combination in the form of vegetation indices turned out to be unprepared for the identification of uneven water supply of areas.

2. The red channel and its derivatives turned out to be the most promising in the direction of identifying the water supply of wheat.

References

1. Yuniarto D., Herdiana D. and Junaedi D. Indra (2020). Smart Farming Precision Agriculture Project Success based on Information Technology Capability. 2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), Pangkal, Indonesia., 1-6. doi: 10.1109/CITSM50537.2020.9268807.
2. Patidar J., Khatri R. and Gurjar R. C.. (2019). Precision Agriculture System Using

3. The use of neural networks made it possible to identify probable areas with increased water supply on the maps of the distribution of vegetation indices in the field.

4. The duration of the identification using neural networks will not interfere with the sampling procedure, thanks to which such a procedure can be effectively implemented in agronomic practices.

Verilog Hardware Description Language to Design an ASIC. 2019 3rd International Conference on Electronics, Materials Engineering & Nano-Technology (IEMENTech), Kolkata, India, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEMENTech48150.2019.8981128.

3. Wiangtong T. and Sirisuk P. (2018). IoT-based Versatile Platform for Precision Farming. 2018 18th International Symposium on Communications and Information

- Пасічник Н. А., Дудник А. О., Опришко О. О., Кіктев М. О., Петренко М. М. Technologies (ISCIT), Bangkok, Thailand, pp. 438-441, doi: 10.1109/ISCIT.2018.8587989.
4. Bhat U. A., Thirunavukarasan M. and Rajesh E. (2022). Research on Improving Productivity of Crop & Enriching Farmers Using IoT Based Smart Farming. 2022 4th International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N), Greater Noida, India, pp. 1403-1407, doi: 10.1109/ICAC3N56670.2022.10074418.
5. P. Patil, R. Kestur, M. Rao and A. C†, (2023). IoT based Data Sensing System for AutoGrow, an Autonomous greenhouse System for Precision Agriculture. 2023 IEEE Applied Sensing Conference (APSCON), Bengaluru, India, pp. 1-3, doi: 10.1109/APSCON56343.2023.10101100.
6. Zaryouli M., Fathi M. T. and Ezziyyani M. (2020). Data collection based on multi-agent modeling for intelligent and precision farming in lokoss region morocco. 2020 1st International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET), Meknes, Morocco, pp. 1-6, doi: 10.1109/IRASET48871.2020.9092214.
7. Vechera O. M., Rogovskii I. & Pastushenko S. I. (2018). Navigation systems in precision farming. Machinery & Energetics, 9(2), 133-138.
8. Zhang Z., Shen S. and Lai Q. (2022). Early-Stage Diagnosis of Panax Notoginseng Plant Blight Disease by Multispectral Imaging. 2022 International Conference on Intelligent Systems and Computational Intelligence (ICISCI), Changsha, China, pp. 86-92, doi: 10.1109/ICISCI53188.2022.9941455.
9. Sabah N. U., Usama M., Zafar Z., Shahzad M., Fraz M. M. and Berns K. (2022). Analysis of Vegetation Indices in the Cotton Crop in South Asia region using UAV Imagery. 2022 17th International Conference on Emerging Technologies (ICET), Swabi, Pakistan, pp. 70-75, doi: 10.1109/ICET56601.2022.10004662.
10. Lysenko V., Shvorov S., Opryshko O., Komarchuk D., Lukin V. and Pasichnyk N. (2019). Methodological Solutions for the IoT Concept for Biogas Production Using the Local Resource. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, pp. 561-566, doi: 10.1109/PICST47496.2019.9061238.
11. Edmonds M. and Yi J. (2021). Efficient Multi-Robot Inspection of Row Crops via Kernel Estimation and Region-Based Task Allocation. 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Xi'an, China, pp. 8919-8926, doi: 10.1109/ICRA48506.2021.9560826.
12. Gunchenko Y., Shvorov S., Lukin V., Mezhuiev V. (2019). Intellectual control system for unmanned energy crop combine. CEUR Workshop Proceedings, 2683, pp. 21–24.
13. Voronin N., Mosorin, P.D., Tkachenko, M.V., Shvorov, S.A. (2003). Application of a Nonlinear Trade-off Scheme in the Problem of Structure Synthesis of the Data Transfer Systems. Journal of Automation and Information Sciences, 35(5-8), pp. 59–71.
14. Pak J., Kim J., Park Y. and Son H. I. (2022). Field Evaluation of Path-Planning Algorithms for Autonomous Mobile Robot in Smart Farms. in IEEE Access, vol. 10, pp. 60253-60266, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3181131.
15. Voronin A.N., Yasinsky, A.G., Shvorov, S.A., (2002). Synthesis of compromise-optimal trajectories of mobile objects in conflict environment. Journal of Automation and Information Sciences, 34(2), pp. 1–8.
16. Shvorov S. A., Pasichnyk N. A., Kuznichenko S. D., Tolok I. V., Lienkov S. V. and KomarovaL. A. (2019). Using UAV During Planned Harvesting by Unmanned Combines. 2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), Kiev, Ukraine, pp. 252-257, doi: 10.1109/APUAVD47061.2019.8943842.
17. Komarchuk D. S., Opryshko O. A., Shvorov S. A., Reshetiuk V., Pasichnyk N. A. and Lendiel T. (2021). Forecasting the State of Charging Batteries on Board the UAV on the Basis of Neuro-Fuzzy Network Using. 2021 IEEE 6th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Development (APUAVD), Kyiv. Ukraine. pp. 188-194, doi: 10.1109/APUAVD53804.2021.9615413.

Пасічник Н. А., Дудник А. О., Опришко О. О., Кіктев М. О., Петренко М. М.

18. Krishnan R. S., Narayanan K. L., Julie E. G., Boopesh V. A., Marimuthu Prashad K. and Sundararajan S. (2022). Solar Powered Mobile Controlled Agrobot. 2022 Second International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (ICAIS), Coimbatore, India. pp. 787-792, doi: 10.1109/ICAIS53314.2022.9742856.

19. Pandian M. J. and Karthik D. (2022). Crop Water Stress Identification and Estimation: A Review. 3rd International Conference on Electronics and Sustainable

Communication Systems (ICESC). Coimbatore. India. pp. 1376-1379, doi: 10.1109/ICESC54411.2022.9885418.

20. Pasichnyk N., Komarchuk D., Korenkova H., Shvorov S., Opryshko O., Kikteva N. (2021). Spectral-Spatial Analysis of Data of Images of Plantings for Identification of Stresses of Technological Character. 2nd International Conference on Intellectual Systems and Information Technologies (ISIT 2021) CEUR Workshop Proceedings. 312. pp. 305-312.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ КОРЕКТНОГО ВІДБОРУ ЗРАЗКІВ РОСЛИННИХ НАСАДЖЕНЬ В ТЕХНОЛОГІЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Н. А. Пасічник, А. О. Дудник, О. О. Опришко, М. О. Кіктев,
М. М. Петренко

***Анотація.** Стаття присвячена дослідженню використання нейронних мереж для оптимізації вибору насаджень у технологіях точного землеробства. Дослідження враховує такі комплексні аспекти відбору зразків, як швидкість отримання зображення, ефективність оцінки стану мінерального живлення та вологості ґрунту тощо. Ці дані є необхідною складовою для технологій точного землеробства і, зокрема, управління посівами. Дослідження проводили на виробничих полях у 2019-2020 роках у Бориспільському районі Київської області. Спектральні дослідження проводились за допомогою встановленого на БПЛА комплексу Slantrange Зр. Обробку даних проводили як за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення для спектральних даних Slantview, так і за допомогою математичного пакету MathCad.*

Оцінка характеру розподілу як окремих спектральних каналів, так і їх поєднання у вигляді вегетаційних індексів виявилася непідготовленою для виявлення нерівномірного водозабезпечення територій. Червоний канал та його похідні виявилися найперспективнішими у напрямку виявлення водозабезпеченості пшениці. Застосування нейронних мереж дозволило виявити на картах розподілу вегетаційних індексів на місцях ймовірні ділянки підвищеної водності. Тривалість ідентифікації за допомогою нейронних мереж не заважатиме процедурі відбору проб, тому така процедура може бути ефективно реалізована в агрономічній практиці. Отже, використання нейронних мереж дозволяє автоматизувати та підвищити точність відбору, підвищити якість аналізу рослинних насаджень за умови дотримання технологій оцінки проб ґрунту. Отримані результати свідчать про перспективність впровадження даного підходу в сучасному сільському господарстві.

***Ключові слова:** відбір зразків рослин, точне землеробство, дистанційний моніторинг, вегетаційні індекси, БПЛА, нейронні мережі*

УДК 631.81:633.491:581.132

ОЦІНКА КОМПЛЕКСНОГО ВПЛИВУ БІОПРЕПАРАТІВ НА ПРОЦЕС ПРОХОДЖЕННЯ ІНДУКЦІЇ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ КАРТОПЛІ ЗА ОРГАНІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Т. О. ХОМЕНКО¹, аспірантО. Л. ТОНХА¹, доктор сільськогосподарських наук, професорО. М. ПУЗНЯК², кандидат біологічних наук, заступник директора з наукової роботи Волинської державної сільськогосподарської дослідної станціїО. С. ГАВРИЛЮК¹, доктор філософії (PhD), асистент¹Національний університет біоресурсів і природокористування України²Волинська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України

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

[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.006](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.006)

Анотація. Органічне виробництво набуває все більшої популярності, завдяки зростанню попиту на екологічно безпечну органічну продукцію. Але для вирощування високих та сталих врожаїв органічної продукції важливо застосовувати біологічні препарати. Біопрепарати характеризуються різними механізмами дії, які направлені на підвищення доступності та засвоєння елементів живлення, покращенні фізіологічних процесів, стимуляції росту та розвитку рослин, а також захист культур від хвороб та шкідників. Щоб оптимізувати технологію вирощування та коректно підібрати комплекс біопрепаратів, необхідно проводити дослідження, які демонструватимуть результати впливу біопрепарату на рослину на різних стадіях розвитку. Таким чином метою роботи було встановити комплексний вплив біологічних препаратів різної функціональності залежно від способів їх внесення на показники індукції флуоресценції хлорофілу у листках картоплі за органічної технології вирощування. Дослідження були закладені на Волинській державній сільськогосподарській дослідній станції НААН України. У двохфакторному досліді вивчали дію деструктора Екостерн у дозі 1,2 л/га та біопрепаратів Мікохелл, Агат, Регоплант, Фітохелл і Стимпо. Вимірювання показників індукції флуоресценції хлорофілу проводилися за допомогою портативного флуориметра «Флора-тест», що забезпечує експрес-діагностику стану рослин на ранніх стадіях їх розвитку. Комплексне застосування біодеструктора з біопрепаратами зумовило покращення проходження фотосинтетичних процесів. Встановлено зростання показників F_{max} , F_v , F_v/F_{max} , $(F_{max} - F_{st})/F_{st}$ відносно контролю. Відмічено найкращі результати щодо показника продуктивності фотосинтезу (F_v/F_{max}) від внесення біодеструктора Екостерн (1,2 л/га) в комплексі з внесенням в ґрунт Мікохелл 2,0 л/га та фоліарно Фітохелл – 1,0 л/га.

Ключові слова: біопрепарати, картопля, органічна технологія, індукція флуоресценції хлорофілу

Актуальність. Світовим трендом останнього десятиліття є активний розвиток органічного виробництва, що ґрунтується на принципах збереження природних ресурсів, відтворення ґрунтів, створення умов для формування екологічно стійких агроecosystem та отримання якісної продукції рослинництва [11].

Для досягнення ефективності і екологічної безпечності органічної технології вирощування стрімко впроваджуються інноваційні біологічні препарати, які сприяють відтворенню родючості ґрунтів та отриманню якісної продукції рослинництва [4]. За механізмом дії та їх складом такі препарати поділяють на певні групи: мікробні препарати для оптимізації живлення культурних рослин, стимулятори ростових процесів, біофунгіциди, біоінсектициди та ін. [6]. Біопрепарати на основі мікроорганізмів покращують мінеральне живлення рослини, прискорюють вегетаційний і генеративний розвиток рослини, стримують розвиток фітопатогенів, підвищують імунітет інокульованих рослин до збудників хвороб, а також відіграють роль антистресантів [5].

Від правильного вибору біопрепаратів і систематизованого їх комплексного застосування залежить

ефективність проходження фізіологічних процесів та отримання майбутнього врожаю. Вагомим регулюючим чинником фізіологічних процесів у рослин є біопрепарати, тому необхідна вчасна діагностика стану фотосинтетичного апарату.

Одним із сучасних та інформативних методів визначення впливу різних факторів на фізіологічний стан сільськогосподарських культур є застосування експресного методу індукції флуоресценції хлорофілу [13, 22, 23]. Оскільки біохімічні реакції зумовлюють фотосинтез та флуоресценцію хлорофілу і є основними каналами перетворення синтезованої енергії через поглинання світлової енергії і передавання її до реакційних центрів фотосинтезу, оперативна діагностика фізіологічного стану рослин дає можливість отримати важливу інформацію про стан фотосинтетичного апарату рослин, який впливатиме на майбутню врожайність культури [2, 3].

Таким чином **метою досліджень** було встановити комплексний вплив біологічних препаратів різної функціональності залежно від способів їх внесення на показники ІФХ картоплі за органічної технології вирощування.

Матеріали і методи досліджень.

Дослідження проводились у 2021–2023 рр. у досліді, який закладено в умовах Західного Полісся на Волинській державній сільськогосподарській дослідній станції Інституту картоплярства НААН України на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті. Сорт картоплі – Партнер. Це середньоранній сорт столового

призначення української селекції, у якого вегетаційний період складає 107 днів. Досліди закладені в короткоротаційній сівозміні вико-вівсяна суміш – гірчиця біла на сидерат – картопля. Попередник картоплі гірчиця біла на сидерат.

Польові дослідження проводили у двохфакторному стаціонарному польовому досліді за органічної технології вирощування картоплі.

1. Схема досліді

Фактор А	Фактор Б:
1. Без біодеструктора (контроль)	1. Без внесення біопрепарату (контроль);
	2. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Агат 25К – 100 мл/га;
	3. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Регоплант – 50 мл/га
	4. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Фітохелп – 1,0 л/га
	5. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Стимпо – 15 мл/га.
2. Біодеструктор Екостерн (1,2 л/га).	1. Без внесення біопрепарату (контроль);
	2. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Агат 25К – 100 мл/га;
	3. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Регоплант – 50 мл/га
	4. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Фітохелп – 1,0 л/га
	5. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Стимпо – 15 мл/га.

Біодеструктор вносили по сидерату (гірчиця біла) з наступною його заробкою у ґрунт. Фоліарне застосування біопрепаратів під час вегетації рослин картоплі було 3-разове.

Всі препарати використані в досліді дозволені в органічному землеробстві.

Екостерн® класичний – це концентрований препарат, який призначений для розкладання післяжнивних решток сільськогосподарських культур, оздоровлення ґрунту та попередження його деградації. До

складу входять мікроорганізми: *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, гриби *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*. Загальне число життєздатних клітин в препараті $2,5 \times 10^9$ КУО/см³ [7].

Мікохелп® біофункцид – багатофункціональний, багатокомпонентний мікробний препарат призначений для: лікування та профілактики грибкових захворювань. Його застосовують для: обробки ґрунту; передпосівної обробки насіння; обробки розсади овочевих культур перед

Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М., Гаврилюк О. С.

висаджуванням в ґрунт; кореневе та позакореневе підживлення рослин. В наших дослідженнях Мікохелп вносили в ґрунт під культивацію перед висадкою картоплі. Склад препарату: сапрофітні гриби-антагоністи роду *Trichoderma*, живі клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, біологічно-активні продукти життєдіяльності мікроорганізмів-продуцентів.

Загальне число життєздатних клітин не менше $1,0 \times 10^9$ КУО/см³ [12].

Фітохелп® біофунгіцид – біопрепарат із антимікробною та рістстимулюючою дією. Призначений для захисту сільськогосподарських культур від широкого спектру збудників бактеріальних та грибних хвороб. Його застосовують для передпосівної обробки насіння, обробки розсади овочевих культур перед висаджуванням, обприскування в період вегетації. До складу препарату включено: концентрат бактерій роду *Bacillus* найбільш активних проти грибкових та бактеріальних хвороб, титр не менше ніж 4×10^9 КУО/см³ [17].

Препарат *Агат* - 25К є біофунгіцидом і стимулятором росту. Створений на основі ґрунтових бактерій *Pseudomonas aureofaciens* Н-16 та продуктів їх життєдіяльності збагачені природними індукторами імунітету рослин. Препарат імунізує рослину шляхом формування

неспецифічної системної стійкості до збудників хвороб та до ряду несприятливих факторів оточуючого середовища, таких як засуха, низькі і високі температури. Препарат володіє також безпосередніми фунгіцидними діями проти патогенів, активізує ростові процеси у рослин, сприяє покращенню їх мінерального живлення. Склад препарату: культуральна речовина інактивованих бактерій (титр $5-8 \times 10^{10}$ до інактивації), біоактивні речовини з проростків рослин, збалансований набір стартових доз основних мікро-та макроелементів, флавоноїдні речовини та активні фракції хвойного екстракту [18]

Регоплант – біостимулятор рослин в основу якого покладено синергічний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів із кореневої системи женьшеню і аверсектинів. Препарат широкого спектру дії, застосовується для передпосівної обробки насіння, обробки рослин в період вегетації, використовується в промисловому вирощуванні грибів, овочевих та ягідних культур, лісівництві та біотехнологіях. До його складу входить: комплекс біологічно-активних сполук – продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів – 0,3 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C14-C28), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової

Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М., Гаврилюк О. С.

природи), комплекс біогенних мікроелементів – 1,75 г/л, калієва сіль альфа-натилуксусної кислоти – 1 мг/л, Аверсектин С [14].

Стимпо є біостимулятор рослин в основу якого покладено синергічний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів із кореневої системи женьшеню і аверсектинів. Препарат широкого спектру дії, застосовується передпосівної обробки насіння, обробці рослин в період вегетації, застосовується в промисловому вирощуванні грибів, овочевих та ягідних культур, лісівництві та біотехнологіях. В препараті міститься: комплекс біологічно-активних сполук – продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів - 1 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C14-C28), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової

природи), комплекс біогенних мікроелементів - 0,014 г/л, Аверсектин С [16].

Вивчення функціональних характеристик фотосинтетичного апарату рослин картоплі за впливу на них біопрепаратів здійснювали згідно методу індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) [21, 20]. Параметри індукції флуоресценції хлорофілу визначали в польових умовах (*in vivo*) за допомогою портативного хронофлуорометра «Флоратест» (Рис 1.), розробленого державним науково-інженерним центром мікроелектроніки Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова, не порушуючи цілісності досліджуваних рослин. Даний прилад реєструє «криву Каутського» (індукційні зміни флуоресценції), форма якої повністю віддзеркалює перебіг процесів фотосинтезу в хлоропластах листків [1, 2].



Рис. 1. Хронофлуорометр- Флоратест

Вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу здійснювали на рослинах картоплі у фазі цвітіння на сформованих листках верхнього ярусу у 3-ох разовій повторюваності з попередньою темною адаптацією. Листки картоплі розташовували між пластинами сенсору та впродовж 4 хвилин реєстрували зміни флуоресценції хлорофілу з відповідним відображенням графіку отриманих даних. Для оцінки стану фотосинтетичного апарату використовують комплекс параметрів, серед яких основними є: F_0 - “фоновий” рівень флуоресценції, F_{max} - максимальне значення флуоресценції, F_{st} - стаціонарний рівень флуоресценції, $F_v = F_{max} - F_0$ - варіабельна флуоресценція, F_v / F_{max} - показник, який залежить від ефективності фотохімічних реакцій фотосистеми 2 (ФС 2), $(F_{max} - F_{st}) / F_{st}$ - величина гасіння флуоресценції [1, 9, 15].

Статистичну обробку проводили в Microsoft Excel у поєднанні з XLSTAT.

Результати дослідження. Згідно результатів аналізу кривих Каутського листків картоплі сорту Партнер за комплексного впливу біопрепаратів було визначено ряд показників ІФХ та коефіцієнтів, які дають змогу оцінити вплив препаратів на стан рослин та надати детальний аналіз показників, які характеризують перебіг світлових фаз

фотосинтезу і ефективність фотохімічних процесів для темнових фаз засвоєння енергії світла [8].

Показник фонові флуоресценції (F_0) – характеризує кількість неактивного хлорофілу, який не має функціонального зв'язку з реакційними центрами, тобто виступає початковим рівнем ІФХ. Він залежить від втрат енергії збудження під час міграції пігментною матрицею. Застосування біодеструктора в органічній технології вирощування стимулювало зростання показника F_0 у рослин картоплі, такі дані можна пояснити структурною зміною пігментного комплексу рослин за дії біодеструктора Екостерн класичний (табл. 2).

Встановлено значне зростання показника максимального значення флуоресценції хлорофілу (F_{max}) у листках картоплі за застосування біодеструктора. В контрольному значенні без внесення біодеструктора та біопрепаратів даний показник становив 1394,33 у.о., тоді як з внесенням біодеструктора він зріс до 1786,67 у.о. (Рис. 2). В середньому в листках рослин за комплексного внесення біопрепаратів та деструктора F_{max} перевищувало значення показника у варіантах з біопрепаратами без деструктора на 29%. Такі дані свідчать про адаптивні зміни у структурі пігментного комплексу за дії біопрепаратів.

2. Зміна параметрів індукції флуоресценції хлорофілу листків картоплі за комплексний вплив біологічних добрив (польовий дослід, 2021–2023рр., n=3)

Фактор А	Фактор Б	Показники ІФХ, у.о.					
		F ₀	F _{max}	F _{st}	(F _{max} -F _{st})/F _{st}	F _v	F _v /F _{max}
Без біодеструктора	1. Без біопрепаратів (контроль)	669,00	1394,33	1207,67	0,15	725,33	0,52
	2. Мікохелп + Агат 25К	645,00	1377,00	1109,00	0,24	732,00	0,53
	3. Мікохелп + Регоплант	832,00	1720,00	1424,00	0,21	888,00	0,52
	4. Мікохелп + Фітохелп	521,33	1296,00	1114,67	0,16	774,67	0,60
	5. Мікохелп + Стимпо	561,67	1472,00	1168,00	0,26	910,33	0,62
Біодеструктор Екостерн 1,2 л/га	1. Без біопрепаратів (контроль)	821,33	1786,67	1514,67	0,18	965,33	0,54
	2. Мікохелп + Агат 25 К	883,00	1859,00	1656,33	0,12	976,00	0,53
	3. Мікохелп + Регоплант	564,67	1492,67	1116,67	0,34	928,00	0,62
	4. Мікохелп + Фітохелп	568,33	1736,33	1290,33	0,35	1168,00	0,67
	5. Мікохелп + Стимпо	928,67	2480,67	2055,33	0,21	1552,00	0,63

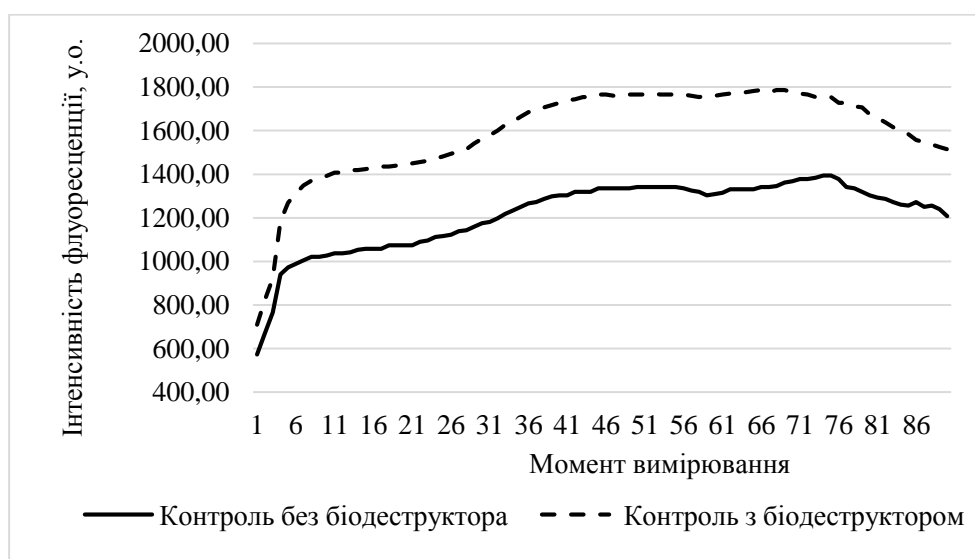


Рис. 2. Індукційні криві флуоресценції хлорофілу рослин картоплі за дії біодеструктора Екостерн класичний

Для оцінювання індукції флуоресценції хлорофілоносних тканин використовують розрахунковий параметр $F_v - F_0$ – змінну флуоресценції хлорофілу, що виражається як різниця показника найвищого рівня флуоресценції і фонові флуоресценції ($F_{\max} - F_0$), інформуючи про величину амплітуди змін кривої Каутського [10]. Виявлено, зростання даного показника за комплексного внесення біопрепаратів та біодеструктора Екостерн класичний, даний показник у середньому зріс на 59% порівняно з контролем без застосування біопрепаратів та деструктора, такі дані свідчать про позитивний вплив біопрепаратів та біодеструктора відносно функціонування фотосинтетичного апарату рослин картоплі.

Показники F_v/F_{\max} залежать від ефективності фотохімічних реакцій ФС 2 [1]. Цей коефіцієнт у темно-адаптованих рослин відображує потенційну квантову ефективність ФС 2, що використовують як

індикатор продуктивності фотосинтезу, оптимальне значення якого для більшості видів рослин, за умов насичуючої інтенсивності збуджуючого світла, не перевищує значення 0,83 [19]. У рослин картоплі він знаходився в межах 0,52–0,67 у.о., що говорить про відповідність оптимальним значенням (Рис. 3). За даними досліджень показник F_v/F_{\max} зростав за дії біопрепаратів, що демонструє стимулюючий ефект щодо продуктивності фотосинтезу у рослин картоплі. Відмічено, значне зростання даного показника за застосування деструктора Екостерн в комплексі з біопрепаратами порівняно з біопрепаратами без деструктора. Найвищий рівень $F_v/F_{\max} - 0,67$ у.о. продуктивності фотосинтезу відмічено за комплексного застосування біодеструктора Екостерн+Мікохелп+Фітохелп, тоді як у контрольному варіанті без біопрепаратів та деструктора він становив 0,52 у.о.

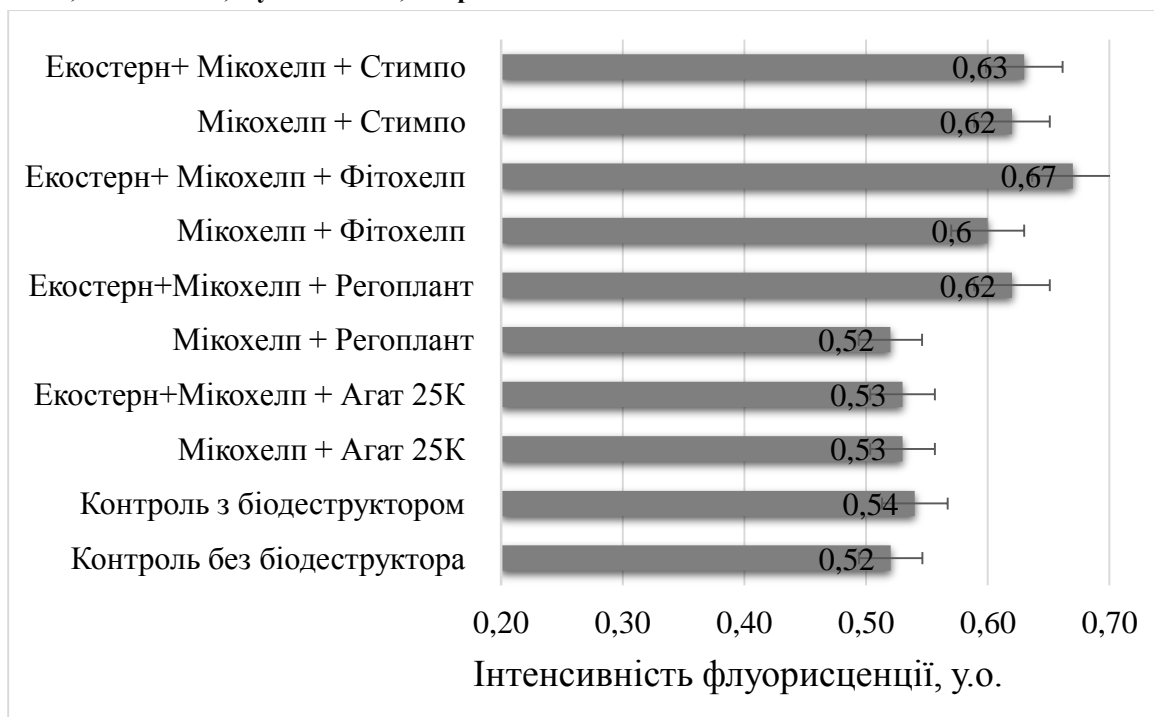


Рис. 3. Оцінка впливу біопрепаратів на показник F_v/F_{max} у листках рослин картоплі (польовий дослід, 2021–2023рр., $n=3$)

Ефективність фотохімічного перетворення енергії в ФС 2 розраховували за формулою $(F_{max}-F_{st})/F_{st}$, яка характеризує швидкість лінійного транспорту електронів і є інтегрованим показником процесу фотосинтезу [2]. Цей показник у досліджуваних рослин змінювався від 0,12 до 0,35 у.о., зростання показника було відмічена за застосування біопрепаратів Екостерн+ Мікохелп + Регоплант – 0,34 у.о., Екостерн+Мікохелп + Фітохелп 0,35 у.о., тоді як у контрольному варіанті без внесення біопрепаратів він становив – 0,15 у.о.

Список використаних джерел

1. Брайон, О. В., Корнєєв, Д. Ю., Снегур, О. О., Китаєв, О. І. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу. Методичні вказівки для студентів

Висновки і перспективи. Отже комплексне застосування біодеструктора з біопрепаратами зумовило покращення проходження фотосинтетичних процесів. Встановлено зростання показників F_{max} , F_v , F_v/F_{max} , $(F_{max}-F_{st})/F_{st}$ відносно контролю. Відмічено найкращі результати щодо показника продуктивності фотосинтезу (F_v/F_{max}) від внесення біодеструктор Екостерн (1,2 л/га) в комплексі з внесенням в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га та фоліарно Фітохелп – 1,0 л/га.

біологічного факультету. Київ. Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 2000. 15 с.

2. Гаврилюк, О., Кондратенко, Т., & Китаєв, О. Діагностика функціонального стану рослин колоноподібних сортів яблуні. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019,

Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М., Гаврилюк О. С.

10(2). 70–80.

doi.org/10.31548/agr2019.02.070

3. Гаврилюк, О., & Кондратенко, Т. (2020). Структурно-функціональний стан колоноподібних сортів яблуні в умовах Київщини. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. 9(2) (84).

<http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.013>

4. Гончар, А. М., Патица, М. В. Вплив бактерій *Bacillus subtilis* на стан і активність фотосинтетичного апарату рослин пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2022. Вип. 36. С. 28–35.

<https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.28-35>

5. Дегодюк, С. Е., Дегодюк, Е. Г., Проненко, М. М., Ігнатенко, Ю. О., Пипчук, Н. М., Мулярчук, А. О. Ефективність застосування відновлюваних місцевих ресурсів за органічного землеробства: науково-методичні рекомендації. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2020. 48 с.

6. Домарацький, Є. О., Домарацький, О. О., Козлова О. П. Стимулятори росту та комбіновані препарати біологічного походження як невід'ємний елемент екологізації технології вирощування технічних культур. Сучасний рух науки: тези доп. V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 7–8 лютого 2019 р. Дніпро. 2019. С. 202-206.

7. Екостерн класичний – деструктор стерні. БТУ-Центр : веб сайт. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-odestruktori/ekostern/>

8. Ковалишина, І. Б., Пінчук, А. П., Таран, М. В., Швець, Р. Л. Індукція флуоресценції хлорофілу листків у представників роду *Clematis* L. в умовах Києва. *Науковий вісник НУБіП України. Серія : Лісівництво та декоративне садівництво*. 2016. Вип. 238. С. 176–184.

9. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофила. Київ. Альтерпрес, 2002. 188 с.

10. Корсун, С. Г., Груша, В. В., Довбаш, Н. І. Індукція флуоресценції хлорофілу в листках кукурудзи за умов забруднення важкими металами. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 2. С. 36–

41. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LIN&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_m eta&C21COM=S&S21P03=FILA=&S21STR=agrog_2015_2_8

11. Мельничук, Д. А., Гурська, Л. Л. Сучасні реалії розвитку органічного виробництва в Україні. *Органічне агровиробництво: освіта і наука : збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції, 25 жовтня 2022 р.*, Науково-методичний центр ВФПО. Київ. 2022. 168 с.

12. Мікохелп біофунгіцид. БТУ-Центр : веб сайт. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-ofung-tsidi/mikokhelp/>

13. Патица, М. В., Груша, В. В., Гордієнко, Т. І. Моніторинг ростових процесів рослин в агрофітоценозах експрес – методом індукції флуоресценції хлорофілу. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ. 2014. Вип. 3. С. 49 – 55.

14. Регоплант. Агробіотех : веб сайт. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/regoplant>

15. Спосіб визначення фізіологічного стану рослин методом індукції флуоресценції хлорофілу. Декларційний патент України на корисну модель МПК А01Н 4/00 / В. О. Шерер, Є. В. Сарахан. – № u200612341; заявл. 24. 11. 2006; опубл. 25. 07. 2007, Бюл. № 11.

16. Стимпо. Агробіотех : веб сайт. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimpo>

17. Фітохелп біофунгіцид. БТУ-Центр : веб сайт. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-ofung-tsidi/fitokhelp/>

18. Шевчук, М. И., Кичук, С. В., Коломеець В.О. Агат – 25 К – біофунгіцид нового покоління. *Пропозиція*. 2003. №3. С. 70–71.

19. Genty, B., Briantais, J.-M., Baker, N. R. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1989. Vol. 990, Issue 1. P. 87–92.

[https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(89\)80016-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(89)80016-9)

20. Kytaiev, O. I., Skryaga, V. A., Matvienko, N. V., Dolid, A. V. Assessment of compatibility of pear variety-rootstock combinations. *Mater. Int. Symposium "Modern Agriculture – Achievements and Prospects. 2008.* 21–23.

21. Kytaiev, O., Klochan, P., Romanov, V. Proceedings of conference reports on the integrated program of fundamental researches of NAS of Ukraine in the field of sensor systems and technologies (2-3 February 2005, Kyiv). Kyiv. 2005. 59 p.

22. Maxwell, K., Johnson, G.N. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of experimental botany.* 2000. 51(345). 659–668.
<https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>

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

References

1. Braion, O.V., Korneev, D.Y, Snegur, O.O., Kytaiev, O.I. (2000). Instrumentalne vuvchennia fotosyntetychnoho aparatu za dopomohoiu induktsii fluorestsentsii khlorofilu. *Metodychni vказivky dlia studentiv biolohichnoho fakultetu [Instrumental study of the photosynthetic apparatus using chlorophyll fluorescence induction. Methodical instructions for students of biological faculty].* Ukraine: Kyiv University Publishing and Printing Center, 15 pp.

2. Havryliuk, O.S., Kondratenko, T.E. Kytaiev, O. I. (2019). Diahnostyka funktsionalnoho stanu roslyn kolonopodibnykh sortiv yabluni [Diagnostics of the functional state of plants of colonial varieties of apple]. *Plant and Soil Science*, 10(2), 70–80.
<http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.02.070>

3. Havryliuk, O.S. & Kondratenko T.E. (2020). Strukturno-funktsionalnyĭ stan kolonopodibnykh sortiv yabluni v umovakh Kyivshchyny [The intensity of photosynthesis of the surface of columnar apple-tree in the conditions of Kyiv]. *Scientific reports of*

NULES of Ukraine, 2(84).
<http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.013>

4. Honchar, A. M., Patyka, M. V. (2022). Vplyv bakterii *Bacillus subtilis* na stan i aktyvnist fotosyntetychnoho aparatu roslyn pshenytsi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) [The impact of *Bacillus subtilis* bacteria on the condition and activity of the photosynthetic apparatus of winter wheat plants (*Triticum aestivum* L.)]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia*, 36, P. 28–35.
<https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.28-35>

5. Dehodiuk, S. E., Dehodiuk, E. H., Pronenko, M. M., Ihnatenko, Yu. O., Pypchuk, N. M., Muliarchuk, A. O. (2020). Efektyvnist zastosuvannia vidnovliuvanykh mistsevykh resursiv za orhanichnoho zemlerobstva: naukovo-metodychni rekomendatsii [Efficiency of using renewable local resources for organic farming: scientific and methodological recommendations]. Vinnytsia: TOV «TVORY». 48 p.

6. Domaratskyi, Ye. O., Domaratskyi, O. O., Kozlova O. P. (2019). Stymuliatory rostu ta kombinovani preparaty biolohichnoho pokhodzhennia yak nevidiemnyi element ekolohizatsii tekhnolohii vyroshchuvannia tekhnichnykh kultur [Biological growth stimulators and combined preparations of biological origin as an integral element of eco-friendly technology for cultivating industrial crops]. The current trend in science: abstracts of the V International Scientific and Practical Internet Conference. Dnipro. P. 202–206.

7. Classic EcoStern – Stern destructor. BTU-Center. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnistvo/b-odestruktori/ekostern/>

8. Kovalyshyna, I. B., Pinchuk, A. P., Taran, M. V., Shvets, R. L. (2016). Induktsiia fluorestsentsii khlorofilu lystkiv u predstavnykiv rodu *Clematis* L. v umovakh Kyieva [Fluorescence Induction of Chlorophyll in Leaves of *Clematis* L. Genus Representatives under the Conditions of Kiev]. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and Ornamental Horticulture*, 238, P. 176–184.

Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М., Гаврилюк О. С.

9. Korneev, D. (2002). Information possibilities of the method of chlorophyll fluorescence induction. 188 p.
10. Korsun, S. H., Hrusha, V. V., Dovbash, N. I. (2015). Induktsiia fluorestsentsii khlorofilu v lystkakh kukurudzy za umov zabrudnennia vazhkymy metalamy [Fluorescence induction of chlorophyll in corn leaves under conditions of heavy metal contamination]. *Ahroekolohichniy zhurnal*, № 2. P. 36–41. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LIN&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_m eta&C21COM=S&2_S21P03=FILEA=&2_S21STR=agrog_2015_2_8
11. Melnychuk, D. A., Hurska, L. L. (2022). Suchasni realii rozvytku orhanichnoho vyrobnytstva v Ukraini [Current Realities of Organic Production Development in Ukraine]. *Organic Agriculture: Education and Science: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference*. Kyiv. 168 p.
12. Mycohelph biofungicide. BTU-Center URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-ofung-tsidi/mikokhelp/>
13. Patyka, M. V., Hrusha, V. V., Hordiienko, T. I. (2014). Monitorynh rostovykh protsesiv roslyn v ahrofitotsenozakh ekspres – metodom induktsii fluorestsentsii khlorofilu [Monitoring of plant growth processes in agrophytocenoses using the express method of chlorophyll fluorescence induction]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. Kyiv. 3, P. 49–55.
14. Regoplant. Agrobiotech. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/regoplant>
15. Method for determining the physiological state of plants using the chlorophyll fluorescence induction method [Sposib vyznachennia fiziolohichnoho stanu roslyn metodom induktsii fluorestsentsii khlorofilu] Utility model declaration patent of Ukraine IPC A01N 4/00 / V. O. Sherer, Ye. V. Sarakhan. – No. u200612341; filed on 24.11.2006; published on 25.07.2007, Bulletin No. 11.
16. Stimpo. Agrobiotech. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimpo>
17. Phytohelp biofungicide. BTU-Center URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-ofung-tsidi/fitokhelp/>
18. Shevchuk, M. Y., Kychuk, S. V., Kolomeets V. O. (2003). Ahat – 25 K – biofunhitsyd novoho pokolinnia [Agat-25K is a next-generation biofungicide]. *Propozytsiia*, №3, P. 70–71.
19. Genty, B., Briantais, J.-M., Baker, N. R. (1989). The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, Vol. 990, Issue 1. P. 87–92. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(89\)80016-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(89)80016-9)
20. Kytaiev, O.I., Skryaga, V.A., Matvienko, N.V., & Dolid, A.V. (2008). Assessment of compatibility of pear variety-rootstock combinations. *Mater. Int. Symposium “Modern Agriculture – Achievements and Prospects*, 21–23.
21. Kytaiev, O., Klochan, P., Romanov, V. (2005). Proceedings of conference reports on the integrated program of fundamental researches of NAS of Ukraine in the field of sensor systems and technologies (2–3 February 2005, Kyiv). Kyiv, 59 pp.
22. Maxwell, K., & Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of experimental botany*, 51(345), 659–668. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>
23. Vasylenko, O., Kondratenko, T., Havryliuk, O., Andrusyk, Y., Kutovenko, V., Dmytrenko, Y., Grevtseva, N., & Marchyshyna, Y. (2021). The study of the productivity potential of grape varieties according to the indicators of functional activity of leaves. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 639–647. <https://doi.org/10.5219/1638>

ASSESSMENT OF THE COMPLEX INFLUENCE OF BIOPREPARATIONS ON THE PROCESS OF CHLOROPHYLL FLUORESCENCE INDUCTION IN POTATO LEAVES BY ORGANIC CULTIVATION TECHNOLOGY

T. O. Khomenko, O. L. Tonkha, O. M. Puzniak, O. S. Havryliuk

Abstract. *Organic farming is gaining increasing popularity due to growing demand for environmentally friendly organic produce. However, to cultivate high and sustainable yields of organic products, it is important to use biological preparations. Biological preparations have different mechanisms of action aimed at improving nutrient availability and absorption, enhancing physiological processes, stimulating plant growth and development, as well as protecting crops from diseases and pests. To optimize the cultivation technology and select the right combination of biological preparations, research is necessary to demonstrate the impact of these preparations on plants at different stages of development. The aim of this study was to determine the comprehensive effect of biological preparations with different functionalities depending on the methods of application on the induction of chlorophyll fluorescence in potato leaves under organic cultivation technology. The research was conducted at the Volyn State Agricultural Research Station of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.*

In a two-factor study, the effects of the EcoStern destructor at a dose of 1.2 liters/hectare and the biological preparations Mikohelp, Agat, Regoplant, Fitohelp, and Stimp were investigated. Measurements of chlorophyll fluorescence induction parameters were carried out using the portable fluorometer "Flora-test," which provides express diagnostics of the plant's condition at early stages of its development.

The comprehensive application of the biodestructor with biological preparations resulted in the improvement of photosynthetic processes. An increase in the parameters F_{max} , F_v , F_v/F_{max} , $(F_{max} - F_{st})/F_{st}$ relative to the control was established. The best results in terms of photosynthesis productivity (F_v/F_{max}) were observed with the application of the biodestructor EcoStern (1.2 liters/hectare) in combination with the application of Mikohelp in the soil at 2.0 liters/hectare and foliar application of Fitohelp at 1.0 liter/hectare.

Keywords. *biological preparations, potatoes, organic technology, chlorophyll fluorescence induction*

ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ НА ПОЛЬОВУ СХОЖІСТЬ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

В. В. ПОЛІЩУК, доктор, сільськогосподарських наук, професор
Уманський національний університет садівництва МОН України
E-mail: valentyn7613@gmail.com

Д. В. КОНОВАЛОВ, кандидат сільськогосподарських наук, молодший науковий співробітник лабораторії оригінального насінництва
Інститут фізіології рослин і генетики НАН України
E-mail: david-konovалov@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.007](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.007)

***Анотація.** У статті висвітлені питання польової схожості насіння пшениці озимої залежно від сортових особливостей та погодних умов в період сівби та отримання сходів культури, що і було метою дослідження. З'ясовано, що на польову схожість насіння пшениці озимої, крім лабораторної схожості, висіяного насіння та якості передпосівної підготовки ґрунту впливають погодні умови на період сівби та отримання сходів. Встановлено, що сума активних температур на рівні 117,5 °С, середньо добова температура повітря з показником +11,8 °С та дефіцит вологи призвели до зниження відсотку польової схожості насіння до 76 %. Період сівби та отримання сходів у 2018 р. характеризувався достатньою забезпеченістю вологою, опадів випало на 28,2 % більше за середнє багаторічне значення, що забезпечило польову схожість на рівні 82 %. Найсприятливіші періоди сівби та отримання сходів були у 2019 та 2020 рр., які забезпечили отримання польової схожості насіння на рівні 86% та 83%, відповідно. З'ясовано, що польова схожість насіння за однакової лабораторної схожості, висіяного насіння, не залежала від сортових особливостей. У середньому за п'ять років у середньоранньостиглих та середньостиглих сортів вона становила 81 % з коливаннями по сортах від 80 % до 83 %.*

***Ключові слова:** температура повітря, сума активних температур, опади, дефіцит вологи, продуктивна волога*

Актуальність. Пшениця озима є головною зерновою культурою в Україні, однак, за останні роки її врожайність скорочується, а якість зерна погіршується [1]. Значна кількість зерна пшениці озимої не відповідає вимогам, що ставляться до продовольчого зерна, що, в свою, чергу впливає на якість борошна та

хліба [2]. Основним фактором для отримання високопродуктивних посівів пшениці озимої є поліпшення їх структури, яка залежить від строків сівби, норми висіву, польової схожості насіння, виживання рослин в зимовий період тощо [3]. Урожай і якість насіння пшениці озимої формується в період його

Поліщук В. В., Коновалов Д. В.

вирощування, де важливу роль відіграють як генетичний потенціал сорту, так і ґрунтово-кліматичні та агротехнічні умови [4]. Тому, створення сприятливих умов для отримання високої польової схожості насіння є одним з пріоритетних завдань при вирощуванні зернових культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Польова схожість насіння залежить від лабораторну схожість на яку значний вплив мають погодні умови, зокрема надмірні опади та низькі температури в період формування та дозрівання насіння. Тривала дощова погода часто є причиною проростання насіння в колосі, а перемінна волога і жарка – посилює інтенсивність дихання та процес фотосинтезу органічних речовин у зерні і, як наслідок, відтік продуктів фотосинтезу, сприяючи його “стіканню”, тому одержують фізіологічно недозріле насіння з низькими показниками його посівних якостей [5]. Але, польова схожість насіння пшениці озимої залежить не лише від лабораторної, а від комплексу факторів – якості насіння, що формується за його вирощування, ґрунтово-кліматичних умов та агротехнологічних заходів вирощування культури [6]. Польова схожість насіння є важливим показником біологічного контролю в агротехнологіях вирощування будь-якої культури [7]. Період сівби – отримання сходів відноситься до

критичного так як проросток не має органів живлення і дуже чутливий до різного роду стресів. Чим менша польова схожість насіння, тим не рівномірніше розміщення рослини на площі і, відповідно – посилюватиметься диференціація індивідуального розвитку рослин, їх перезимівля та стан посівів в цілому [8]. У виробничих умовах на сьогодні забезпечується високий рівень польової схожості, але досягнути до 95–98 % є непростим завданням [9], 30–40 % висіяного насіння не дає сходів [10].

Мета дослідження - з'ясування впливу погодних чинників на польову схожість насіння пшениці озимої.

Матеріали та методика досліджень. Програмою досліджень передбачено визначення впливу погодних умов – середньодобових температур, суми активних температур, кількості опадів на період сівби та отримання сходів та запаси продуктивної вологи в ґрунті на глибині 0-10 см на польову схожість насіння пшениці озимої. Лабораторні та польові дослідження проводили в дослідному господарстві Інституту фізіології рослин і генетики упродовж 2016-2020 рр. Для дослідження використовували сорти різних груп стиглості – середньо ранньостиглі та середньостиглі. Польову схожість обчислювали, як відношення кількості сходів до загальної кількості висіяного схожого насіння.

Поліщук В. В., Коновалов Д. В.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного аналізу за методом Фішера з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0 від StatSoft [11, 12].

Результати дослідження та їх обговорення. Досліджуваннями впливу погодних умов на польову схожість насіння сортів пшениці озимої встановлено, що у 2016 р.

температурний режим даного періоду був нижчим, сума активних температур була 117,5 °С, середня добова температура становила 11,8 °С, а сума опадів за три декади складала лише 5,4 мм, дефіцит вологи становив на 88,0 %. Такі умови не сприяли накопиченню продуктивної вологи ґрунту та її збереженню, що призвело до зниження відсотку польової схожості насіння до 76 % (табл.1).

1. Вплив метеорологічних показників на польову схожість насіння пшениці озимої (за 2015-2019 рр.)

Рік	Температура (вересень, декада), °С		Сума активних температур (вище 5 °С)	Кількість опадів за декадами вересня, мм				Продуктивна вологість ґрунту (0-10 см), мм	Польова схожість насіння, %
	III	середнє багаторічне значення		I	II	III	середнє багаторічне значення		
2016	11,8	13,8	117,5	0	0	5,4	45	20	76
2017	14,1		141,1	1,9	40,2	0,7		23	77
2018	12,5		124,8	36,5	0	21,2		34	82
2019	11,5		114,9	0	2,6	19,5		37	86
2020	16,6		166,0	4,2	24,6	2,6		35	83
Середнє	13,3		132,9	7,7	12,0	11,1		29,6	81

Відомо, що вологозабезпеченість пшениці озимої зумовлена запасами продуктивної вологи після збирання попередника та накопиченням її за осінньо-зимовий період [13]. За високої суми активних температур впродовж третьої декади вересня 2017 р. 141,1 °С та меншої кількості опадів на 2,2 мм, яка випала у вересні продуктивна вологість посівного шару ґрунту (0–10 см) становила 23 мм, що нижче оптимальної (30 мм), середній показник польової схожості

насіння сортів був на рівні 77 %. У період сівби та отримання сходів у 2018 р. характеризувався достатньою забезпеченістю вологою, опадів випало на рівні середнього багаторічного значення – 57,7 мм (в I декаді 36,5 мм і III – 21,2 мм вересня), що перевищувало на 28,2% середнє багаторічне значення, продуктивна вологість ґрунту була 34 мм, що забезпечило польову схожість на рівні 82 %.

Періоди сівби та отримання

Поліщук В. В., Коновалов Д. В.

сходів 2019 та 2020 рр. були також сприятливими для схожості насіння. За середньої добової температури повітря, яка була на рівні багаторічного показника в 2019 р. і більшою на 2,8 °С середнього багаторічного показника в 2020 р. та достатньою кількістю опадів, що сприяло накопиченню продуктивної вологи в ґрунті (37 мм в 2019 р. та 35 мм в 2020 р., що на 7-5 мм більше оптимальної) забезпечило отримання польової схожості насіння на рівні, відповідно – 86 % та 83 %.

Отже, на польову схожість насіння пшениці озимої, крім лабораторної схожості, висіяного насіння та якості

передпосівної підготовки ґрунту впливають погодні умови на період сівби та отримання сходів – середні добові температури повітря, сума активних температур (більше 5 °С), кількість опадів та кількість продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-10 см.

За вивченням впливу сортових особливостей на польову схожість насіння виявлено, що за майже однакової лабораторної схожості, висіяного насіння, достовірної різниці між сортами з польової схожості як середньо ранньостиглих, так і середньостиглих не було (табл. 2).

2. Польова схожість насіння пшениці озимої різних груп стиглості залежно від сортових особливостей та погодних умов (за 2015–2019 рр.)

Сорт	Польова схожість, % за роками					Середнє
	2016	2017	2018	2019	2020	
Середньоранньостиглі						
Подольанка	79	81	76	85	84	81
Почайна	80	81	78	87	85	82
Борія	80	81	78	86	85	82
Новосмуглянка	-	-	78	85	81	81
Слпвна	79	80	76	84	81	80
Наталка	79	80	78	85	85	81
Середнє за сортами	80	81	78	85	83	81
Середньостиглі						
Городниця	-	-	77	85	81	81
Астарта	-	-	79	86	84	82
Богдана	79	81	77	85	83	81
Малинівка	81	84	79	87	83	83
Фаворитка	79	81	76	84	80	80
Середнє за сортами	80	82	78	85	82	81
НІР _{0,05}	2,0	2,5	2,8	2,2	2,9	2,5

У середньому по середньоранньостиглих сортах польова схожість насіння становили за п'ять років становила 81 % з

коливаннями по сортах від 80 до 82 %, а по середньостиглих також 81 % з коливанням по сортах від 80 до 83 % (НІР_{0,05} = 2,5 %). За роками

Поліщук В. В., Коновалов Д. В.

досліджень також не виявлено достовірної різниці з польової схожості насіння залежно від сортових особливостей, вона змінювалася лише залежно від погодних умов в період сівби та отримання сходів.

Висновки і перспективи. Одним з основних завдань за вирощування пшениці озимої є створення сприятливих умов для отримання високої польової схожості насіння, яка залежить як від антропогенних чинників, так і від абіотичних і, в першу чергу, від погодних умов періоду сівби та отримання сходів. Самим сприятливим для польової схожості насіння були 2019 р. та 2020 р., коли середня добова

температура повітря була на рівні середнього багаторічного показника та достатня кількість опадів, що сприяло накопиченню продуктивної вологи в ґрунті (37 мм в 2019 р. та 35 мм в 2020 р., що на 7-5 мм більше оптимальної) забезпечило отримання польової схожості насіння на рівні, відповідно – 86 % та 83 %. З'ясовано, що польова схожість насіння за однакової лабораторної схожості, висіяного насіння, не залежала від сортових особливостей. У середньому за п'ять років у середньо ранньостиглих та середньостиглих сортів вона становила 81 % з коливаннями по сортах від 80 % до 83 %.

Список використаних джерел

1. Моргун В.В., Санін Є.Ю., Швартау В.В. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та системи живлення і захисту озимої пшениці. Київ: Логос, 2014. 148 с.

2. Жемела Г. П., Шакалій, С. М. Вплив попередників на врожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 20-22.

3. Білітюк А.П., Гарбар Л.А., Циганчук С.М. Вплив технологічних процесів вирощування на урожайність та якість пшениці озимої в умовах Західного Полісся України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 68–71. DOI: <https://www.doi.org/10.31210/visnyk2012.03.13>

4. Уліч, Л. І. Вдосконалення дослідження сортів озимої пшениці. *Plant varieties studying and protection*. 2006. № 3. С. 83-90.

5. Буняк О. І. Матрикальна різноякісність зерен сортів голозерного вівса та їх значення для насінництва. *Миронівський вісник*. 2017. Вип. 5. С. 6–19.

6. Волощук І. С., Волощук О. П., Глива В. В., Герешко Г. С., Случак О. М. Фракційний склад сортів пшениці м'якої озимої залежно від сформованої маси 1000 насінин. *Передгірне і гірське землеробство і тваринництво*. 2019. вип. 65. С. 12–21. DOI: [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2019-\(65\)-2](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2019-(65)-2)

7. Волощук І. С., Стасів О. Ф., Волощук О. П., Глива В. В., Запісоцька М. С. Біологічні та технологічні основи інтенсифікації виробництва високоякісного насіння пшениці озимої в Західному Лісостепу України. *Монографія*. Львів: Сполом, 2021. 306 с.

8. Каленська С. М. Насіннезнавство та методи вивчення якості насіння сільськогосподарських культур. Вінниця: ФООП Данилюк, 2011. 320 с.

9. Тогащинська О. В., Тимошук Т. М. Оцінка технології вирощування пшениці озимої за еколого-агрохімічними показниками темно-сірого опідзоленого ґрунту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 1/2. С. 56–63.

10. Молоцький М. Я., Васильківський С. П., Князюк В. І., Власенко В. А. Селекція

Поліщук В. В., Коновалов Д. В.

і насінництво сільськогосподарських рослин. Київ: Вища освіта, 2006. 463 с.

11. Fisher R.A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.

12. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6. Методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.

13. Чумак В.С. Наукове обґрунтування ефективності сівозмін і добрив у Північному Степу України: автореф. дис... доктора с.-г. наук: спец. 06.01.01. «Загальне землеробство». Дніпропетровськ, 2000. 32 с.

References

1. Morgun, V. V., & Sanin, E. Yu. (2014). Modern varieties and systems of nutrition and protection of winter wheat. Kyiv: Logos. 148 p. (in Ukrainian)

2. Zhemela, G. P., & Shakaliy, S. M. (2012). Influence of predecessors on the yield and quality of winter wheat grain. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 20-22. (in Ukrainian)

3. Biliutiuk, A. P., Garbar, L. A., & Tsyganchuk, S. M. (2012). Influence of technological processes of cultivation on the yield and quality of winter wheat in the conditions of Western Polissya of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 68-71. DOI: <https://www.doi.org/10.31210/visnyk2012.03.13> (in Ukrainian)

4. Ulich, L. I. (2006). Improving the study of winter wheat varieties. *Plant varieties studying and protection*, 3, 83-90. (in Ukrainian)

5. Buniak, O. I. (2017). Matrix grain quality of naked oat varieties and their importance for seed production. *Myronivskyi Visnyk*, 5, 6-19. (in Ukrainian)

6. Voloshchuk, I. S., Voloshchuk, O. P., Hlyva, V. V., Gereshko, G. S., & Sluchak, O.

M. (2019). Fractional composition of soft winter wheat varieties depending on the formed mass of 1000 seeds. *Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*, 65, 12-21. DOI: [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2019-\(65\)-2](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2019-(65)-2) (in Ukrainian)

7. Voloshchuk, I. S., Stasiv, O. F., Voloshchuk, O. P., Hlyva, V. V., & Zapisotska, M. S. (2021). Biological and technological bases of intensification of production of high-quality winter wheat seeds in the Western Forest-Steppe of Ukraine. Monograph. Lviv: Spolom. 306 p. (in Ukrainian)

8. Kalenska, S. M. (2011). Seed science and methods of studying the quality of crop seeds. Vinnytsia: FOP Danilyuk. 320 p. (in Ukrainian)

9. Togachynska, O. V., & Tymoshchuk, T. M. (2017). Evaluation of winter wheat cultivation technology by ecological and agrochemical indicators of dark grey podzolic soil. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1/2, 56-63. (in Ukrainian)

10. Molotskyi, M. Y., Vasylykivskyi S. P., Knyaziuk V. I., & Vlasenko V. A. (2006). Selection and seed production of agricultural plants. Kyiv: Higher Education, 463 p. (in Ukrainian)

11. Fisher, R. A. (2006). Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 354 p.

12. Ehrmantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). Statistical analysis of agronomic experimental data in STATISTICA 6. Methodological instructions. Kyiv, 55 p. (in Ukrainian)

13. Chumak, V. S. (2000). Scientific substantiation of the effectiveness of crop rotation and fertilisers in the Northern Steppe of Ukraine: PhD thesis... Doctor of Agricultural Sciences: speciality 06.01.01. Dnipropetrovs'k, 32 p. (in Ukrainian)

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON FIELD GERMINATION OF WINTER WHEAT SEEDS

V. V. Polishchuk, D. V. Konovalov

Abstract. *Winter wheat is the main grain crop in Ukraine, but in recent years its yields have been declining and grain quality has been deteriorating. A significant amount of winter wheat grain does not meet the requirements for food grain, which in*

Поліщук В. В., Коновалов Д. В.

turn affects the quality of flour and bread. The main factor for obtaining highly productive winter wheat crops is to improve their structure, which depends on the sowing time, seeding rate, field germination of seeds, plant survival in winter, etc. The yield and quality of winter wheat seeds are formed during the period of their cultivation, where both the genetic potential of the variety and soil, climatic and agronomic conditions play an important role [4]. Therefore, creating favourable conditions for high field germination of seeds is one of the priority tasks in growing grain crops.

The aim of the study is to determine the influence of weather factors on the field germination of winter wheat seeds.

The research programme envisages determining the impact of weather conditions - average daily temperatures, the sum of active temperatures, precipitation during sowing and germination, and productive soil moisture reserves at a depth of 0-10 cm - on the field germination of winter wheat seeds. Laboratory and field studies were conducted at the experimental farm of the Institute of Plant Physiology and Genetics during 2016-2020. Varieties of different maturity groups - medium early and medium early - were used for the study. Field germination was calculated as the ratio of the number of seedlings to the total number of sown germinating seeds.

Studies of the influence of weather conditions on the field germination of winter wheat seeds have shown that in 2016 the temperature regime of this period was lower, the sum of active temperatures was 117,5 °C, the average daily temperature was 11,8 °C, and the amount of precipitation for three decades was only 5,4 mm, with a moisture deficit of 88,0 %. Such conditions did not contribute to the accumulation of productive soil moisture and its preservation, which led to a decrease in the percentage of field germination of seeds to 76 %.

With a high sum of active temperatures during the third decade of September 2017 of 141,1 oC and 2,2 mm less precipitation in September, the productive moisture content of the sowing soil layer (0-10 cm) was 23 mm, which is below the optimal level (30 mm), and the average field germination rate of the varieties' seeds was 77 %. The period of sowing and germination in 2018 was characterised by sufficient moisture supply, with precipitation at the level of the long-term average of 57,7 mm (36,5 mm in the first decade and 21,2 mm in September), which was 28,2 % higher than the long-term average, and productive soil moisture of 34 mm, which ensured field germination at 82%.

The periods of sowing and germination in 2019 and 2020 were also favourable for seed germination. The average daily air temperature, which was at the level of the long-term average in 2019 and 2,8 °C higher than the long-term average in 2020, and sufficient precipitation, which contributed to the accumulation of productive moisture in the soil (37 mm in 2019 and 35 mm in 2020, which is 7-5 mm more than optimal), ensured field germination of seeds at the level of 86 % and 83 %, respectively.

The study of the influence of varietal characteristics on the field germination of seeds revealed that with almost the same laboratory germination of sown seeds, there was no significant difference between varieties in field germination of both medium early and medium early varieties.

Поліщук В. В., Коновалов Д. В.

On average, for medium-early ripening varieties, the field germination of seeds over five years was 81 % with variation by variety from 80 to 82 %, and for medium-ripening varieties also 81 % with variation by variety from 80 to 83 %. Over the years of research, there was also no significant difference in field germination of seeds depending on varietal characteristics, it changed only depending on weather conditions during sowing and germination.

Keywords: *air temperature, sum of active temperatures, precipitation, moisture deficit, productive moisture*

УДК 635.646; 631.87

ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ГУМІНОВИХ ДОБРИВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ БАКЛАЖАНА В ПЛІВКОВИХ ТЕПЛИЦЯХ

О. В. КУЦ, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий
співробітник

О. І. ОНИЩЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий
співробітник

О. О. ЧАЮК, кандидат сільськогосподарських наук

К. М. КОНОВАЛЕНКО, науковий співробітник

Є. М. ІЛЬІНОВА, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий
співробітник

Інститут овочівництва і багтанництва НААН України

E-mail: *job.vchena@gmail.com*

[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.008](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.008)

Анотація. Перспективним напрямом сучасного овочівництва за органічних підходів вирощування є застосування мікробних препаратів та гумінових добрив для оптимізації живлення рослин, стимуляції ростових процесів та підвищення урожайності високої нормованої якості. **Мета дослідження** – встановити вплив використання мікробних препаратів та гумінових добрив за вирощування баклажана в умовах плівкових теплиць без додаткового обігріву. **Методи.** Польові, розрахунково-статистичні. **Результати.** Досліджено вплив мікробних препаратів різного спрямування та гумінових добрив на біометричні параметри рослин, чисту продуктивність та урожайність баклажану за його вирощування в умовах плівкових теплиць. Відмічено істотне збільшення площі листків як в фазу масового цвітіння, так і в фазу масового плодоношення за використання всіх мікробних препаратів Фосфоентерин, Екобацил, Бактопасльон та АБТ. Найбільше зростання чистоти продуктивності фотосинтезу рослин баклажану забезпечує використання препаратів Екобацил та Бактопасльон (7,14-7,79 г/м² за добу). **Висновки.** За вирощування баклажана в плівкових теплицях без обігріву ефективним є використання мікробних препаратів Фосфоентерин, Екобацил, Бактопасльон та АБТ, що забезпечує зростання площі листків на 17,5-48,6 %, чистоти продуктивності фотосинтезу на 31,4-56,2 % та урожайності на 0,98-3,26 кг/м² або 16,1-47,7 % в залежності від фону мінерального живлення. Використання гумінових добрив («Нановерм», «Гуміфренд», «Гуміфілд») за позакореневих підживлень в 4 строки зумовлювало істотне зростання висоти рослин на 32,4-49,0 %, середньої маси плоду на 4,3-9,5 % та урожайності на 0,87-1,73 кг/м² або на 11,8-23,4 % відносно контролю. Високий рівень урожайності зазначено за використання добрив «Гуміфренд» та «Гуміфілд».

Ключові слова: баклажан, плівкова теплиця, мікробні препарати, гумінові добрива, продуктивність фотосинтезу

Актуальність. Сучасні технологічні підходи вирощування овочевих рослин вимагають використання великої кількості синтетичних фітофармакологічних засобів та добрив, що часто активізує процеси забруднення овочевих агроценозів та овочевої продукції різними контамінатами (залишки пестицидів, важкі метали, нітрати). Вирішення даної проблема цілком полягає в біологізації галузі овочівництва, що включає часткову або повну заміну мінеральних добрив на органічні та сидеральні, залучення до технологічних схем вирощування мікробних препаратів різного спрямування (захист від шкочинних організмів, оптимізація живлення рослин, стимуляція ростовий процесів) та нових видів органічних добрив.

Аналіз досліджень і публікацій з досліджуваної теми. Баклажан перспективна овочева рослина, особливо за актуальності розширення площ його вирощування в умовах закритого ґрунту, де переважають огірок (68 %) та помідор (30 %). Плоди баклажану характеризуються високим вмістом сухої речовини (6–13,5 %), загального цукру (2–5 %), сирого білка (до 1,5 %), пектину, клітковини, а також аскорбінової та нікотинової кислот, каротину, тіаміну, рибофлавіну, солей калію, дубильних речовин (Болотских А.С., 2001). У плодах міститься також велика кількість антиоксидантів,

особливо антоціаніну, споживання яких запобігає пошкодженню клітин і факторам ризику, що викликають серцеві захворювання та рак (Gürbüz N. et al., 2018; Naeem M.Y., Ugur S., 2019).

Використання мінеральних добрив є одним з дієвих факторів підвищення врожайності овочевих рослин, але часто їх застосування має ряд негативних екологічних наслідків. Зазначено, що внесення добрив впливає на мікробну біомасу ґрунту, активність та склад різних груп мікроорганізмів через зміни фізико-хімічних властивостей ґрунту (Da Costa P.V. et al., 2013). Використання часто завищених норм мінеральних добрив посилює утворення парникових газів, токсичність ґрунту та марнотратство невідновлюємих ресурсів (Li D.-P., Wu Z.-J., 2008; Simpson, R.J. et al., 2011; Bouhia Y. et al., 2022), що призводить до проблеми безпеки овочевої продукції та зниження її якості (Savci S., 2012; Luo P., et al., 2023).

Практики інтегрованої системи оптимізації живлення рослин з використанням мінеральних і органічних добрив (та біодобрив) є трудомісткими завданнями для відновлення здоров'я ґрунту та поживних цінностей сільськогосподарських рослин. Такий підхід в оптимізації живлення рослин позитивно впливає на продуктивність сільськогосподарських культур,

Куц О. В., Онищенко О. І., Чаюк О. О., Коноваленко К. М., Гльїнова Є. М.

фізико-хімічні властивості та мікробну біомасу ґрунту (Rashid M.I. et al., 2016; Rahman M.T. et al., 2017), не має негативного впливу на фізіологічні процеси рослин (Singh J.S. et al., 2011; Saini I. et al., 2020).

Ефективність використання мікробних препаратів в технологічних схемах вирощування сільськогосподарських культур доведена в багатьох дослідженнях. Так, застосування бактерій стимулює ріст рослин (Singh M. et al., 2019; Billah M. et al., 2019), підвищує ефективність використання поживних речовин (Hayat R. et al., 2010; Kalayu G., 2019).

За використання мікробних препаратів та біодобрив з мікроорганізмами може замінити внесення 23-53 % азотних добрив без втрат врожайності (Rose M.T. et al., 2014). В технології вирощування баклажана ефективним є зменшення норм мінеральних добрив на 20 % з додатковим використанням біодобрив з мікроорганізмами, що не зумовлює зниження рівня урожайності (Zhang J. et al., 2023). За іншими даними використання 75 % від норми мінеральних добрив в поєднанні з біодобривами Silitech зумовлює врожайності товарних плодів баклажана, сухої біомаси рослин та вмісту в рослинах N, P і K приблизно на 26,9–32,8 % порівняно з контролем. Крім того, за внесення біодобрив знижується рівень вмісту важких металів Hg, Pb і Cd на 29,5–

47,5 % (Riyanto D. et al., 2021). Ефективним є також використання в технологічних схемах вирощування баклажана комбінації 75% мінеральних добрив + 20 т/га гною + 10–20 мл/л мікробного препарату (EM/PGPR), що забезпечує продуктивність рослин на рівні 1,86–2,35 кг/рослини, урожайність 40,9–53,2 т/га (Maghfoer M. D. et al., 2022).

За низької забезпеченості рослин баклажана мінеральними добривами високу ефективність забезпечує використання біодобрив, що містять мікроорганізми групи *Azotobacter* (Sharma M. et al., 2022) та *Azospirillum lipoferum* (Al-Rishawi N.H.O. et al., 2022). Внесення відповідних біодобрив мало позитивний вплив на висоту рослини, довжину та ширину листя, кількість плодів на рослину з кращою морфологією, загальну врожайність та загальну кількість сухих розчинних речовин в плодах.

Також за органічних підходів вирощування баклажана можна досягти високого рівня урожайності. За внесення органічного добрива з кокосового лушпиння (21 т/га) урожайність баклажана в ґрунтово-кліматичних умовах Словачії сягала 69,9 т/га (Purnamasari R.T. et al., 2023).

Одним з шляхів впливу на продуктивність рослин баклажана є використання гумінових добрив для стимуляції ростових процесів та підвищення продуктивності рослин. За даними китайських дослідників використання гумінових добрив

Куц О. В., Онищенко О. І., Чаюк О. О., Коноваленко К. М., Гльїнова Є. М.

забезпечує зменшення на 20% кількості води та мінеральних добрив без негативного впливу на продуктивність рослин баклажану за їх вирощування в умовах закритого ґрунту (Xu S. et al., 2023).

Отже, використання мікробних препаратів та гумінових добрив забезпечують стимуляцію широкого ростових процесів рослин, сприяють збільшенню урожайності та покращанню якості продукції. В той час зі збільшенням асортименту препаратів та добрив постає питання визначити їх ефективність за органічних підходів вирощування баклажану.

Мета дослідження – встановити вплив використання мікробних препаратів та гумінових добрив за вирощування баклажана в умовах плівкових теплиць без додаткового обігріву.

Методика та вихідний матеріал. Дослідження проводились впродовж 2011–2014, 2020, 2021, 2023 рр. в плівкових теплицях (без додаткового обігріву) Інституті овочівництва і баштанництва НААН (Харківська обл.) відповідно до методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві (Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І., 2001; Рожков А.О., 2016). Для визначення середньої за роки найменшої істотної різниці як повторення використовували значення показників за роки досліджень.

Дослідження включало два етапи: 1) визначення ефективності мікробних препаратів для оптимізації живлення та посилення ростових процесів рослин баклажану; 2) встановлення ефективності гумінових добрив.

Схема досліджень за першим етапом (2011–2014 рр.) включала проведення двофакторного дослід. Фактором А виступали різні системи удобрення: 1) $N_{130}P_{80}K_{270}$ (рекомендований для зони Лісостепу України); 2) $N_{100}P_{50}K_{110}$ (знижений фон); 3) $N_{100}P_{50}K_{110}$ + мульчування ґрунту соломкою. Фактор В – внесення різних видів мікробних препаратів: 1) контроль (вода); 2) ФМБ; 3) БСП; 4) Екобацил; 5) Бактопасльон; 6) АБТ. Мікробні препарати застосовувалися шляхом дворазової бактеризації: за передпосівної обробки насіння з розведенням 1:30 та для обробки коренів рослин перед висадкою на постійне місце з розведенням 1:50.

Мікробні препарати, що були залучені до експерименту надані Інститутом сільськогосподарської мікробіології НААН:

Фосфоенетрин (ФМБ) – препарат, на основі штаму бактерій *Enterobacter nimipressuralis* (mump 8-22 $\times 10^9$ КУО/мл), призначений для покращання фосфорного живлення рослин з ґрунту, збільшення коефіцієнта використання мінеральних фосфорних добрив, покращання росту і розвитку рослин.

Куц О. В., Онищенко О. І., Чаюк О. О., Коноваленко К. М., Ільїнова Є. М.

Біополіцид (БСП) – препарат, на основі штаму бактерій *Raenibacillus polytuxa* (титр $0,5-1,0 \times 10^9$ КУО/мл), який має високу антагоністичну активність до широкого спектру фітопатогенних грибів, та продукує ростостимулюючі речовини.

Екобацил – препарат, виготовлений на основі бактерій роду *Azospirillum* та *Azotobacter*. Сприяє накопиченню атмосферного азоту в рослинних організмах, підвищує біологічну активність кореневмісного середовища, як ростостимулюючий фактор.

Бактопасльон – бактеріальний препарат, виготовлений на основі консорціума штамів *Azotobacter vinelandi* та *Azotobacter chroococcum*. (титр $10,0 \times 10^9$ КУО/мл), що стимулює органогенез та сприяє накопиченню азоту.

АБТ – бактеріальний препарат, виготовлений на основі бактерій роду *Azotobacter* (титр $1,0 \times 10^8$ КУО/мл) та фітогормональних добавок, які сприяють розвитку і росту рослин, пригнічують розвиток фітопатогенних грибів.

Схема досліджень за другим етапом (2020, 2021, 2023 рр.) включала проведення позакореневих підживлень в 4 строки гуміновими добривами (через 10 днів після висадки розсади, з послідовними обробками з інтервалом 15-16 днів) з нормою 1 л/га: 1) контроль (вода); 2) Нановерм (ТМ «Rich Soil», Україна); 3) Гуміфренд (ТОВ «БТУ-центр»,

Україна); 4) Гуміфілд (Humintech GmbH, Німеччина).

У дослідженні було використано наступні гумінові добрива:

Нановерм – комплексне гумінове добриво, що отримане за переробки вермікомпосту (виробник – ТМ «Rich Soil»).

Гуміфренд – комплексне добриво на основі гумату калію з додатковим вмістом корисних мікроорганізмів та продуктів їх метаболізму (виробник – ТОВ «БТУ-центр»).

Гуміфілд – комплексне добриво, що містить гумінові та фульвові кислоти, забезпечує підвищення родючості ґрунту, покращення росту рослин та збільшення врожайності (виробник – Humin Tech).

Технологія вирощування баклажану сорту Прем'єр (дослід 1) та Алмаз (дослід 2) загальноприйнята для плівкових теплиць з застосуванням краплинного зрошення.

Дослідження проведено за загальноприйнятими методиками. Визначено біометричні параметри рослин баклажану (висота рослин, кількість пагонів першого порядку, маса плоду), площу листової поверхні (за Ничипоровичем) та урожайність плодів. За статистичної обробки даних середні результати показників за роками виступали як повторення для визначення найменшої істотної різниці за роки досліджень (Бондаренко Г.Л.,

Куц О. В., Онищенко О. І., Чаюк О. О., Коноваленко К. М., Ільїнова Є. М.

Яковенко К.І., 2001; Рожкова А. О. та ін., 2016).

Результати досліджень та їх обговорення. Покращення умов мінерального живлення рослин баклажана за рахунок використання різних мікробних препаратів забезпечує позитивний вплив на формування маси листків та чистої продуктивності фотосинтезу (табл. 1). Відмічено істотне збільшення площі

листіків як в фазу масового цвітіння, так і в фазу масового плодоношення за використання всіх досліджуваних препаратів, окрім Біополіциду. Використання зазначених препаратів зумовлює зростання площі листків на 21,4-48,6 % в фазу масового цвітіння та на 17,5-40,7 % в фазу плодоношення в залежності від рівня мінерального живлення рослин баклажана.

1. Дія біопрепаратів на площі листкової поверхні та чисту продуктивність рослин баклажану (середнє за 2011–2014 рр.)

Мікробні препарати	Площа листової поверхні, м ² /м ²		Чиста продуктивність фотосинтезу за період цвітіння - плодоношення, г/м ² за добу
	Фаза масового цвітіння	Фаза масового плодоношення	
N ₁₃₀ P ₈₀ K ₂₇₀			
1. Контроль	1,57	2,03	4,89
2. ФМБ	2,02	2,63	6,64
3. Біополіцид	1,73	2,31	5,29
4. Екобацил	2,09	2,68	7,60
5. Бактопасльон	2,14	2,73	7,35
6. АБТ	1,92	2,51	6,87
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₁₀			
1. Контроль	1,46	1,89	5,03
2. ФМБ	1,93	2,44	6,90
3. Біополіцид	1,76	2,22	6,40
4. Екобацил	2,03	2,65	7,79
5. Бактопасльон	2,17	2,66	7,24
6. АБТ	1,91	2,44	6,61
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₁₀ + мульчування ґрунту			
1. Контроль	1,59	2,04	4,93
2. ФМБ	2,02	2,49	6,49
3. Біополіцид	1,74	2,46	6,17
4. Екобацил	2,06	2,71	7,70
5. Бактопасльон	2,15	2,75	7,14
6. АБТ	1,93	2,53	6,53
НІР _{0,95}	2,34	3,11	0,82

Високу ефективність щодо підвищення площі листкової поверхні рослин баклажану на усіх фонах мінерального живлення забезпечує

використання препаратів Екобацил та Бактопасльон. За використання вказаних препаратів відмічається максимальні значення площі

Куц О. В., Онищенко О. І., Чаюк О. О., Коноваленко К. М., Ільїнова Є. М.

листяної поверхні в фазу масового плодоношення рослин на рівні 2,65-2,75 м²/м².

Використання біопрепаратів забезпечує зростання чистої продуктивності фотосинтезу за період цвітіння – плодоношення в межах 31,4-56,2 % відносно контролю на різних фонах мінерального живлення. Найбільше зростання чистої продуктивності фотосинтезу рослин баклажану забезпечує використання препаратів Екобацил та Бактопасльон (7,14-7,79 г/м² за добу).

Зазначено, що максимальний рівень урожайності плодів баклажану на всіх фонах мінерального живлення забезпечує використання мікробного

препарату Бактопасльон (рис. 1). Прирости від його застосування складають 2,45-3,26 кг/м² або 40,2-47,7 %. Ефективним також є використання мікробних препаратів Фосфоентерин, Екобацил та АБТ, що підтверджується приростами урожайності баклажану на рівні 0,98-1,98 кг/м² або 16,1-29,0 %. Ефективність використання мікробного препарату Біополіцид доведена тільки на фоні застосування N₁₀₀P₅₀K₁₁₀ у поєднанні з мульчуванням ґрунту (0,96 кг/м² або 14,1 %), що свідчить про неефективність використання за вирощування баклажану препаратів з бактерією *Paenibacillus polymyxa*.

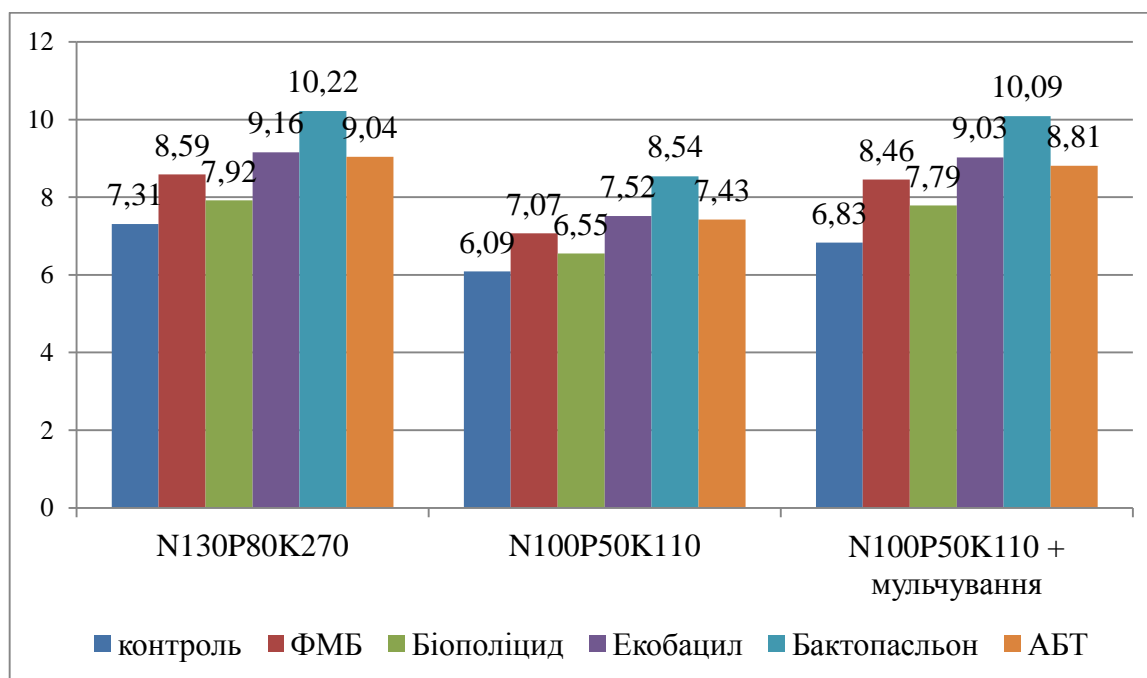


Рис. 1. Урожайність плодів баклажану залежно від використання мікробних препаратів на різних фонах мінерального живлення (середнє за 2011-2014 рр.), кг/м².

Куц О. В., Онищенко О. І., Чаюк О. О., Коноваленко К. М., Ільїнова Є. М.

Для стимуляції ростових процесів та оптимізації живлення рослин в органічному землеробстві можуть використовуватися добрива на основі гуматів. За нашими даними, використання гумінових добрив позитивно впливає на біометричні параметри рослин баклажану за його вирощування в плівкових теплицях (табл. 2).

2. Вплив гумінових добрив на біометричні параметри рослин баклажану в плівкових теплицях (середнє за 2020, 2021, 2023 рр.)

Гумінові добрива	Біометричні параметри рослин		
	Висота рослин, см	Кількість пагонів 1-го порядку, шт./рослину	Маса плоду, г
1. Контроль (вода)	73,2	2,2	211
2. НанOVERM	96,9	3,2	220
3. Гуміфренд	107,6	3,2	228
4. Гуміфілд	109,1	3,4	231
НІР _{0,95}	9,67	0,21	23,5

Визначено істотне зростання висоти рослин на 32,4-49,0 % та середньої маси плоду на 4,3-9,5 %. Кількість пагонів 1-го порядку істотно не змінювалася в залежності від використання гумінових добрив. Позитивний вплив гумінових добрив на біометричні параметри рослин зумовлювали істотне підвищення урожайності баклажану (табл. 3).

3. Вплив гумінових добрив на урожайність баклажану в плівкових теплицях (середнє за 2020, 2021, 2023 рр.)

Гумінові добрива	Урожайність кг/м ²	Приріст до контролю		Товарність, %
		кг/м ²	%	
1. Контроль (вода)	7,39	-	-	95,6
2. НанOVERM	8,26	0,87	11,8	96,2
3. Гуміфренд	8,85	1,46	19,8	96,0
4. Гуміфілд	9,12	1,73	23,4	95,4
НІР _{0,95}	0,74			

Від використання гумінових добрив («НанOVERM», «Гуміфренд», «Гуміфілд») урожайність плодів баклажану зростає на 0,87-1,73 кг/м² або на 11,8-23,4 %. Високий рівень урожайності зазначено за використання добрив «Гуміфренд» та «Гуміфілд». Товарність продукції

істотно від добрив не змінювалася і коливалася в межах 95,4-96,2 %.

Висновки. За вирощування баклажана в плівкових теплицях без обігріву ефективним є використання мікробних препаратів Фосфоентерин, Екобацил, Бактопасльон та АБТ, що забезпечує зростання площі листків

Куц О. В., Онищенко О. І., Чаюк О. О., Коноваленко К. М., Ільїнова Є. М.

на 17,5-48,6 %, чистої продуктивності фотосинтезу на 31,4-56,2 % та урожайності на 0,98-3,26 кг/м² або 16,1-47,7 % в залежності від фону мінерального живлення.

Використання гумінових добрив («Нановерм», «Гуміфренд», «Гуміфілд») за позакореневих підживлень в 4 строки зумовлювало

Список використаних джерел

1. Болотских А.С. Овощи Украины. Харьков: Орбита, 2001. 1088 с.

2. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 316 с.

3. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. За ред. К.І. Яковенко та Г.Л. Бондаренка. Харків: Основа, 2001. 369 с.

4. Gürbüz N., Uluişik S., Frary A., Frary A., Doğanlar S. Health Benefits and Bioactive Compounds of Eggplant. *Food Chem.* 2018. Vol. 268. P. 602–610.

5. Naeem M.Y., Ugur, S. Nutritional Content and Health Benefits of Eggplant. *Turk. J. Agric.-Food Sci. Technol.* 2019. Vol. 7. P. 31–36. doi: 10.24925/turjaf.v7isp3.31-36.3146.

6. Da Costa P.B., Beneduzi A., de Souza, R., Schoenfeld R., Vargas L.K., Passaglia L.M. The Effects of Different Fertilization Conditions on Bacterial Plant Growth Promoting Traits: Guidelines for Directed Bacterial Prospection and Testing. *Plant Soil.* 2013. Vol. 368. P. 267–280.

7. Simpson R.J., Oberson A., Culvenor R.A., Ryan M.H., Veneklaas E.J., Lambers H., Lynch J.P., Ryan P.R., Delhaize E., Smith F.A. Strategies and Agronomic Interventions to Improve the Phosphorus-Use Efficiency of Farming Systems. *Plant Soil.* 2011. Vol. 349. P. 89–120.

8. Bouhia Y., Hafidi, M., Ouhdouch Y., Boukhari M.E., Mphatso C., Zeroual Y., Lyamlouli K. Conversion of Waste into Organo-Mineral Fertilizers: Current Technological Trends and Prospects. *Rev.*

істотне зростання висоти рослин на 32,4-49,0 %, середньої маси плоду на 4,3-9,5 % та урожайності на 0,87-1,73 кг/м² або на 11,8-23,4 % відносно контролю. Високий рівень урожайності зазначено за використання добрив «Гуміфренд» та «Гуміфілд».

Environ. Sci. Bio/Technol. 2022. Vol. 21. P. 425–446.

9. Li D.-P., Wu Z.-J. Impact of Chemical Fertilizers Application on Soil Ecological Environment. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao J. Appl. Ecol.* 2008. Vol. 19. P. 1158–1165.

10. Savci S. An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *Int. J. Environ. Sci. Dev.* 2012. Vol. 3. P. 73.

11. Rahman, M.T., Zhu, Q.H., Zhang, Z.B., Zhou, H., Peng, X. The Roles of Organic Amendments and Microbial Community in the Improvement of Soil Structure of a Vertisol. *Appl. Soil Ecol.* 2017. Vol. 111 P.84–93.

12. Sumbul, A., Ansari, R.A., Rizvi, R., Mahmood, I. Azotobacter: A Potential Bio-Fertilizer for Soil and Plant Health Management. *Saudi J. Biol. Sci.* 2020. Vol. 27. P. 3634–3640.

13. Saini I., Yadav V.K., Aggarwal A., Kaushik P. Others Effect of Superphosphate, Urea and Bioinoculants on Zinnia Elegans Jacq. *Indian J. Exp. Biol. (IJEB).* 2020. Vol. 58. P. 730–737.

14. Singh J.S., Pandey V.C., Singh D.P. Efficient Soil Microorganisms: A New Dimension for Sustainable Agriculture and Environmental Development. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2011. Vol. 140. P. 339–353

15. Rahman M.T., Zhu Q.H., Zhang Z.B., Zhou H., Peng X. The Roles of Organic Amendments and Microbial Community in the Improvement of Soil Structure of a Vertisol. *Appl. Soil Ecol.* 2017. Vol. 111. P. 84–93.

16. Rashid M.I., Mujawar L.H., Shahzad T., Almeelbi T., Ismail I.M., Oves, M. Bacteria and Fungi Can Contribute to Nutrients Bioavailability and Aggregate Formation in

Куц О. В., Онищенко О. І., Чаюк О. О., Коноваленко К. М., Ільїнова Є. М.

Degraded Soils. *Microbiol. Res.* 2016. Vol. 183. P. 26–41.

17. Saini I., Yadav V.K., Aggarwal A., Kaushik P. Others Effect of Superphosphate, Urea and Bioinoculants on *Zinnia Elegans* Jacq. *Indian J. Exp. Biol. (IJEBS)*. 2020. Vol. 58. P. 730–737.

18. Singh J.S., Pandey V.C., Singh D.P. Efficient Soil Microorganisms: A New Dimension for Sustainable Agriculture and Environmental Development. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2011. Vol. 140. P. 339–353.

19. Hayat R., Ali S., Amara U., Khalid R., Ahmed I. Soil Beneficial Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion: A Review. *Ann. Microbiol.* 2010. Vol. 60. P. 579–598.

20. Singh M., Singh D., Gupta A., Pandey K.D., Singh P.K., Kumar A. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Application in Biofertilizers and Biocontrol of Phytopathogens. In *PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019. P. 41–66.

21. Billah M., Khan M., Bano A., Hassan T.U., Munir, A., Gurmani A.R. Phosphorus and Phosphate Solubilizing Bacteria: Keys for Sustainable Agriculture. *Geomicrobiol. J.* 2019. Vol. 36. P. 904–916.

22. Kalayu G. Phosphate Solubilizing Microorganisms: Promising Approach as Biofertilizers. *Int. J. Agron.* 2019. Vol. 2019, Article ID 4917256. 7 p.

23. Rose M.T., Phuong T.L., Nhan D.K., Cong P.T., Hien N.T., Kennedy I.R. Up to 52% N Fertilizer Replaced by Biofertilizer in Lowland Rice via Farmer Participatory Research. *Agron. Sustain. Dev.* 2014. Vol. 34. P. 857–868.

24. Luo P., Xin, C., Zhu Y., Liu Y., Ling J., Wang T., Huang J., Khu S.-T. Effect of Rational Fertilizer for Eggplants on Nitrogen and Phosphorus Pollutants in Agricultural Water Bodies. *Processes.* 2023. Vol. 11. Is. 2. doi: 10.3390/pr11020579.

25. Zhang J., Wang Y., Jin J., Chen Y., Sui Y., Sui Y., Jiao X. Effects of Different Irrigation and Fertilization Practices on Nitrogen Balance and Yield on Greenhouse Eggplant (*Solanum melongena* L.) in Mollisols. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 2023. Vol. 54. Is. 16. P. 2234–2247. doi: 10.1080/00103624.2023.2211623.

26. Purnamasari R.T., Pratiwi S.H., Hidayanto F. Effect of coconut husk organic fertilizer from liquid organic fertilizer waste on growth and yield eggplant (*Solanum melongena* L.). *Acta Fytotechnica et Zootechnica.* 2023. Vol. 26. Is. 1. P. 61–66. doi: 10.15414/afz.2023.26.01.61–66.

27. Sharma M., Delta A.K., Brar N.S., Yadav A., Dhanda P.S., Baslam M., Kaushik P. *Rhizopagus irregularis* and *Azotobacter chroococcum* Uphold Eggplant Production and Quality under Low Fertilization. *Int. J. Plant Biol.* 2022. Vol. 13. P. 601–612. doi: 10.3390/ijpb13040048.

28. Al-Rishawi N.H.O., Noni G.B., Hadi, B.J. Effect of Applying Bio Fertilizers and Salicylic Acid Application on NPK in Soil and Fruits of Eggplant *Solanaum melongena* under Protected Conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 5th International Conference for Agricultural and Environment Sciences (24 November 2022).* Vol. 1158. P. 42023. doi: 10.1088/1755-1315/1158/4/042061.

29. Riyanto D., Afriani R., Srihartanto E. The effect of biological fertilizer application on soil fertility, heavy metals reduction and eggplant yield on the rice field of Bantul regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021. Vol. 672 (17). P. 012093. doi: 10.1088/1755-1315/672/1/012093.

30. Riyanto D., Afriani R., Srihartanto, E. The effect of biological fertilizer application on soil fertility, heavy metals reduction and eggplant yield on the rice field of Bantul regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021. Vol. 672. Is. 17. doi: 10.1088/1755-1315/672/1/012093.

31. Maghfoer M. D., Lehar L., Lestari M. W. Efficiency of Integrated Nutrient Management to Improve Eggplant Production in Intercropping Systems. *Journal of Ecological Engineering.* 2022. Vol. 23 (11). P. 217–227. doi: 10.12911/22998993/153603

32. Xu, S., Zhou, M., Chen, Y., Sui, Y., Jiao, X. Biochar Addition with Water and Fertilization Reduction Increases Soil Aggregate Stability of 0–60 cm Soil Layer on Greenhouse Eggplant in Mollisols. *Agronomy.* 2023. Vol. 13 (6), article number 1532. doi: 10.3390/agronomy13061532.

References

1. Bolotskih, A.S. (2001). *Vegetables of Ukraine*. Harkov: Orbita.
2. Rozhkov, A. O. (Ed.). (2016). *Research work in agronomy* (Vol. 1). Kh.: Maidan.
3. Bondarenko, G.L., Yakovenko, K.I. (Eds.). (2001). *Methodology of experimental work in vegetable- and melon-growing*. Kharkiv: Osnova
4. Gürbüz, N., Uluişik, S., Frary, A., Frary, A., Doğanlar, S. (2018). Health Benefits and Bioactive Compounds of Eggplant. *Food Chem*, 268, 602–610.
5. Naeem, M.Y., Ugur, S. (2019). Nutritional Content and Health Benefits of Eggplant. *Turk. J. Agric.-Food Sci. Technol*, 7, 31–36. doi: 10.24925/turjaf.v7isp3.31-36.3146.
6. Da Costa, P.B., Beneduzi, A., de Souza, R., Schoenfeld, R., Vargas, L.K., Passaglia, L.M. (2013). The Effects of Different Fertilization Conditions on Bacterial Plant Growth Promoting Traits: Guidelines for Directed Bacterial Prospection and Testing. *Plant Soil*, 368, 267–280.
7. Simpson, R.J., Oberson, A., Culvenor, R.A., Ryan, M.H., Veneklaas, E.J., Lambers, H., Lynch, J.P., Ryan, P.R., Delhaize, E., Smith, F.A. (2011). Strategies and Agronomic Interventions to Improve the Phosphorus-Use Efficiency of Farming Systems. *Plant Soil*, 349, 89–120.
8. Bouhia, Y., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., Boukhari, M.E.M.E., Mphatso, C., Zeroual, Y., Lyamlouli, K. (2022). Conversion of Waste into Organo-Mineral Fertilizers: Current Technological Trends and Prospects. *Rev. Environ. Sci. Bio/Technol*, 21, 425–446.
9. Li, D.-P., Wu, Z.-J. (2008). Impact of Chemical Fertilizers Application on Soil Ecological Environment. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao J. Appl. Ecol.*, 19, 1158–1165.
10. Savci, S. (2012). An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, 3, 73.
11. Rahman, M.T., Zhu, Q.H., Zhang, Z.B., Zhou, H., Peng, X. (2017). The Roles of Organic Amendments and Microbial Community in the Improvement of Soil Structure of a Vertisol. *Appl. Soil Ecol.*, 111, 84–93.
12. Sumbul, A., Ansari, R.A., Rizvi, R., Mahmood, I. (2020). Azotobacter: A Potential Bio-Fertilizer for Soil and Plant Health Management. *Saudi J. Biol. Sci.*, 27, 3634–3640.
13. Saini, I., Yadav, V.K., Aggarwal, A., Kaushik, P. (2020). Others Effect of Superphosphate, Urea and Bioinoculants on *Zinnia Elegans* Jacq. *Indian J. Exp. Biol. (IJEB)*, 58, 730–737.
14. Singh, J.S., Pandey, V.C., Singh, D.P. (2011). Efficient Soil Microorganisms: A New Dimension for Sustainable Agriculture and Environmental Development. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 140, 339–353
15. Rahman, M.T., Zhu, Q.H., Zhang, Z.B., Zhou, H., Peng, X. (2017). The Roles of Organic Amendments and Microbial Community in the Improvement of Soil Structure of a Vertisol. *Appl. Soil Ecol.*, 111, 84–93.
16. Rashid, M.I., Mujawar, L.H., Shahzad, T., Almeelbi, T., Ismail, I.M., Oves, M. (2016). Bacteria and Fungi Can Contribute to Nutrients Bioavailability and Aggregate Formation in Degraded Soils. *Microbiol. Res.*, 183, 26–41.
17. Saini, I., Yadav, V.K., Aggarwal, A., Kaushik, P. (2020). Others Effect of Superphosphate, Urea and Bioinoculants on *Zinnia Elegans* Jacq. *Indian J. Exp. Biol. (IJEB)*, 58, 730–737.
18. Singh, J.S., Pandey, V.C., Singh, D.P. (2011). Efficient Soil Microorganisms: A New Dimension for Sustainable Agriculture and Environmental Development. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 140, 339–353.
19. Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I. (2010). Soil Beneficial Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion: A Review. *Ann. Microbiol.*, 60, 579–598.
20. Singh, M., Singh, D., Gupta, A., Pandey, K.D., Singh, P.K., Kumar, A. (2019). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Application in Biofertilizers and Biocontrol of Phytopathogens. In *PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019; P. 41–66.
21. Billah, M., Khan, M., Bano, A., Hassan, T.U., Munir, A., Gurmani, A.R. (2019). Phosphorus and Phosphate Solubilizing

Куц О. В., Онищенко О. І., Чаюк О. О., Коноваленко К. М., Ільїнова Є. М.

Bacteria: Keys for Sustainable Agriculture. *Geomicrobiol. J.*, 36, 904–916.

22. Kalayu, G. (2019). Phosphate Solubilizing Microorganisms: Promising Approach as Biofertilizers. *Int. J. Agron.*, 4917256.

23. Rose, M.T., Phuong, T.L., Nhan, D.K., Cong, P.T., Hien, N.T., Kennedy, I.R. (2014). Up to 52% N Fertilizer Replaced by Biofertilizer in Lowland Rice via Farmer Participatory Research. *Agron. Sustain. Dev.*, 34, 857–868.

24. Luo, P., Xin, C., Zhu, Y., Liu, Y., Ling, J., Wang, T., Huang J., Khu, S.-T. (2023). Effect of Rational Fertilizer for Eggplants on Nitrogen and Phosphorus Pollutants in Agricultural Water Bodies. *Processes*, 11 (2), article number 579. doi: 10.3390/pr11020579.

25. Zhang, J., Wang, Y., Jin, J., Chen, Y., Sui, Y., Sui Y., Jiao, X. (2023). Effects of Different Irrigation and Fertilization Practices on Nitrogen Balance and Yield on Greenhouse Eggplant (*Solanum melongena* L.) in Mollisols. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54 (16), 2234-2247. doi: 10.1080/00103624.2023.2211623.

26. Purnamasari, R.T., Pratiwi, S.H., Hidayanto, F. (2023). Effect of coconut husk organic fertilizer from liquid organic fertilizer waste on growth and yield eggplant (*Solanum melongena* L.). *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 26 (1), 61-66. doi: 10.15414/afz.2023.26.01.61-66.

27. Sharma, M., Delta, A.K., Brar, N.S., Yadav, A., Dhanda, P.S., Baslam, M., Kaushik, P. (2022). *Rhizophagus irregularis* and *Azotobacter chroococcum* Uphold Eggplant Production and Quality under Low

Fertilization. *Int. J. Plant Biol.*, 13, 601-612. doi: 10.3390/ijpb13040048.

28. Al-Rishawi, N.H.O., Noni, G.B., Hadi, B.J. (2022). Effect of Applying Bio Fertilizers and Salicylic Acid Application on NPK in Soil and Fruits of Eggplant *Solanum melongena* under Protected Conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 5th International Conference for Agricultural and Environment Sciences* (24 November 2022), 1158 (42023). doi: 10.1088/1755-1315/1158/4/042061.

29. Riyanto, D., Afriani, R., Srihartanto, E. (2021). The effect of biological fertilizer application on soil fertility, heavy metals reduction and eggplant yield on the rice field of Bantul regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 672 (17). doi: 10.1088/1755-1315/672/1/012093.

30. Riyanto, D., Afriani, R., Srihartanto, E. (2021). The effect of biological fertilizer application on soil fertility, heavy metals reduction and eggplant yield on the rice field of Bantul regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 672 (17). doi: 10.1088/1755-1315/672/1/012093.

31. Maghfoer, M. D., Lehar, L., Lestari, M. W. (2022). Efficiency of Integrated Nutrient Management to Improve Eggplant Production in Intercropping Systems. *Journal of Ecological Engineering*, 23(11), 217-227. doi: 10.12911/22998993/153603

32. Xu, S., Zhou, M., Chen, Y., Sui, Y., Jiao, X. (2023). Biochar Addition with Water and Fertilization Reduction Increases Soil Aggregate Stability of 0–60 cm Soil Layer on Greenhouse Eggplant in Mollisols. *Agronomy*, 13 (6), 1532. doi: 10.3390/agronomy13061532.

USE OF MICROBIAL PREPARATIONS AND HUMICS FERTILIZER FOR EGGPLANT GROWING IN FILM GREENHOUSES

O.V. Kutz, O.I. Onyschenko, O.O. Chaiuk, K.M. Konovalenko,
E.M. Ilyinova

Abstract. A promising direction of modern vegetable growing under organic cultivation approaches is the use of microbial preparations and humic fertilizers to optimize plant nutrition, stimulate growth processes and increase yields of high standardized quality. The purpose of the study is to establish the effect of using microbial preparations and humic fertilizers for growing eggplant in film greenhouses without additional heating. **Methods.** Field, computational and statistical. **The results.**

Куц О. В., Онищенко О. І., Чаюк О. О., Коноваленко К. М., Ільїнова Є. М.

*The influence of microbial preparations of various directions and humic fertilizers on the biometric parameters of plants, productivity and yield of eggplant during its cultivation in the conditions of film greenhouses was investigated. A significant increase in leaf area was noted both in the phase of mass flowering and in the phase of mass fruiting with the use of all microbial preparations Phosphoenterin, Ecobacil, Bactopaslion and ABT. The greatest increase in the net productivity of photosynthesis of eggplant plants is provided by the use of the preparations Ecobacil and Bactopaslion (7,14-7,79 g/m² per day). **Conclusions.** For the cultivation of eggplant in film greenhouses without heating, the use of microbial preparations Phosphoenterin, Ecobacillus, Bactopaslion and ABT is effective, which ensures an increase in leaf area by 17,5-48,6 %, photosynthetic productivity by 31,4-56,2 % and productivity by 0,98-3,26 kg/m² or 16,1-47,7 % depending on the background of mineral nutrition. The use of humic fertilizers ("Nanoverm", "Gumifriend", "Gumifield") under foliar fertilization in 4 seasons led to a significant increase in plant height by 32,4-49,0 %, average fruit weight by 4,3-9,5 % and productivity by 0,87-1,73 kg/m² or by 11,8-23,4 % relative to the control. A high level of productivity is indicated for the use of "Gumifriend" and "Gumifield" fertilizers.*

Key words: eggplant, film greenhouse, microbial preparations, humic fertilizers, photosynthesis productivity

УДК 633.88:631.543.3

**ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ БУРКУНУ БІЛОГО В
ОДНОВИДОВИХ ТА СУМІСНИХ ПОСІВАХ В УМОВАХ
ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ****І. В. СВИСТУНОВА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<http://orcid.org/0000-0001-8922-1261>*E-mail*: irinasv@ukr.net**М. В. ЗАХЛЕБАЄВ**, кандидат сільськогосподарських наук*Національний університет біоресурсів і природокористування України***С. П. ПОЛТОРЕЦЬКИЙ**, доктор сільськогосподарських наук, професор,<http://orcid.org/0000-0003-3334-0880>*Уманський національний університет садівництва***У. М. КАРБІВСЬКА**, доктор сільськогосподарських наук,<https://orcid.org/0000-0002-0540-8887>*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника***А. М. ШУВАР**, доктор сільськогосподарських наук,<https://orcid.org/0000-0002-6016-0896>**І. І. СЕНИК**, доктор сільськогосподарських наук,<https://orcid.org/0000-0003-3249-2065>*Західноукраїнський національний університет***О. І. МУЛЯРЧУК**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<https://orcid.org/0000-0003-2072-8536>*Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»*[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.009](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.009)

Анотація. В усіх регіонах України існує значний дефіцит високопротеїнових кормів. Одним зі способів вирішення означеної проблеми та потужним резервом зниження собівартості продукції тваринництва є вирощування багаторічних бобових трав, серед яких на особливу увагу заслуговує буркун білий – цінна кормова культура, яка навіть за екстремальних гідротермічних умов формує сталі та високі врожаї вегетативної маси, кожен кілограм якої містить 34-44 г перетравного протеїну. Попри високу кормову та агротехнічну цінність буркуну білого, на сьогодні існує недостатньо наукової інформації, щодо особливостей його вирощування на корм у змішаних посівах зі злаковими культурами. До головних чинників формування продуктивності кормових агрофітоценозів належить фотосинтезуюча діяльність посівів. Метою досліджень було встановити вплив технологічних факторів вирощування на фотосинтетичну продуктивність буркуну білого в одновидових та сумісних зі злаковими компонентами посівах. Дослідження проводили впродовж 2015-2018 рр. на дослідних полях кафедри кормовиробництва, меліорації і метеорології в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна

Свистунова І. В., Захлебасв М. В., Полторецький С. П., Карбівська У. М., Шувар А. М., Сенік І. І., Мулярчук О. І.

станція» на чорноземі типовому малогумусному. Встановлено, що за досліджуваних норм внесення мінеральних добрив та моделей травосумішей найбільш розвинений фотосинтетичний апарат формували посіви з нормою висіву буркуну білого 16 кг/га. За її збільшення листові поверхні кормових агрофітоценозів зменшувались. До настання укісної стиглості найбільшу площу листя в досліді формували бінарні посіви буркуну білого з суданською травою на фоні внесення $N_{60}P_{90}K_{90} - 52,5$ тис. $m^2/га$. Посіви вказаного варіанту дослідження забезпечували і максимальний фотосинтетичний потенціал – 1279,7 тис. $m^2 \times діб/га$ та були найбільш продуктивними за виходом сухої речовини – 7,94 т/га.

Ключові слова: бобово-злакові посіви, площа листя, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу, суха речовина.

Актуальність. До головних чинників зростання економічної ефективності галузі тваринництва належить виробництво трав'янистих кормів збалансованих за вмістом перетравного протеїну. В Україні в усіх регіонах існує значний дефіцит високопротеїнових кормів. Ефективним способом вирішення означеної проблеми та потужним резервом зниження собівартості продукції тваринництва є багаторічні бобові трави. Завдяки здатності включати атмосферний азот з повітря в біологічний кругообіг ці культури за сприятливих умов вирощування можуть формувати дешевий рослинний протеїн без внесення високовартісних азотних мінеральних добрив [5, 12, 16]. Уведення до складу травосумішей бобових компонентів дозволяє одержувати високопоживні корми для тварин низькозатратним, екологічним та енергозберігаючим способом. При цьому, завдяки відмінним біологічним і морфологічним ознакам злакових та

бобових компонентів травостоями більш повно засвоюються ґрунтова волога та мікро- і макроелементів [6, 9, 13, 17, 18].

Поряд із поширеними багаторічними бобовими культурами, такими як люцерна посівна, конюшина лучна та еспарцет виколистий, які найчастіше використовують при формуванні бобово-злакових агрофітоценозів, на особливу увагу заслуговує буркун білий – цінна кормова культура, яка навіть за екстремальних гідротермічних умов формує сталі та високі врожаї зеленої маси, кожен кілограм якої містить 34-44 г перетравного протеїну. Буркун є чудовим медоносом, який активно виділяє нектар навіть у суху погоду – з 1 га його посіву, залишеного на насіння, можна отримати 500-600 кг меду, який за якістю перевершує гречаний [3, 8, 9, 14, 15].

Культурі характерний ряд агротехнічних переваг – глибоко проникаючі в ґрунт корені буркуну

здатні своїми виділеннями не лише розчиняти та засвоювати важкорозчинні поживні речовини із нижніх горизонтів ґрунту, але й переносити їх з нижніх у верхні шари. Буркун білий – незамінна культура для закріплення схилів різної крутизни, серед бобових трав він найбільш придатний для висівання на карбонатно-солонцюватих ґрунтах. За сприятливих умов за дворічного використання буркун білий залишає після себе понад 12 т сухої речовини поживних решток, в тому числі азоту – 230 кг, фосфору – 60, калію – 130, кальцію – 112 та магнію 45 кг, що характеризує його як добрий попередник для всіх культур [7, 10].

Не зважаючи на високу кормову та агротехнічну цінність буркуну білого, на сьогодні існує недостатньо наукової інформації, щодо особливостей його вирощування на корм у змішаних посівах зі злаковими культурами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До головних чинників формування продуктивності сільськогосподарських культур належить фотосинтезуюча діяльність посівів. За умови достатнього загушення площа листкового апарату в змішаних фітоценозах зростає, внаслідок чого більш ефективно використовується сонячна енергія та збільшуються обсяги формування вегетативної маси. Істотний вплив на кількісні та якісні параметри формування продуктивності посівів

мають фізичні і фізіологічні процеси, які трансформують сонячну енергію в органічну речовину у системі «атмосфера-листок-рослина-агрофітоценоз» [6, 10, 12]. До певної міри вони піддаються корегуванню за допомогою агротехнічних прийомів, таких як норма висіву компонентів, видовий склад, рівень удобрення, спосіб сівби та інші [4, 7, 10, 11].

У змішаних посівах формування фотосинтетичної продуктивності має свої особливості, оскільки компоненти агрофітоценозу можуть формувати активну листову поверхню в різний період вегетації: в першій її половині або в другій. Добираючи види і сорти з неодноразовим настанням критичних фаз росту і розвитку рослин створюється можливість використовувати одні й ті ж фактори середовища у визначеній послідовності, в наслідок чого кожен вид травосуміші у критичні періоди краще забезпечений необхідними умовами, а фітоценоз в цілому більш повно використовує наявні ресурси [7, 9, 15].

Наукової інформації щодо особливостей фотосинтетичної продуктивності буркуну білого у сумісних посівах зі злаковими компонентами в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу Правобережного на сьогодні є недостатньо, що й визначило актуальність та доцільність проведених досліджень.

Метою досліджень було встановити вплив технологічних факторів вирощування на фотосинтетичну діяльність рослин буркуну білого в одновидових посівах та сумішах зі злаковими компонентами.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили впродовж 2015-2018 рр. на дослідному полі кафедри кормовиробництва, меліорації і метеорології в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» [1].

Польовий експеримент закладали за схемою: фактор А – травосумішки: 1 – буркун білий (контроль), 2 – буркун білий + кукурудза, 3 – буркун білий + просо, 4 – буркун білий + суданська трава, 5 – буркун білий + сорго; фактор В – норма висіву буркуну білого: 1 – 16 кг/га (8,8 млн шт./га) (контроль), 2 – 18 кг/га (9,9 млн шт./га), 3 – 20 кг/га (11 млн шт./га), 4 – 22 кг/га (12,1 млн шт./га); фактор С – удобрення: без внесення добрив (контроль), $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{90}K_{90}$.

У досліді використовували буркун білий дворічний сорту Еней, гібрид кукурудзи – Кадр 267 МВ (ФАО 260), сорт проса – Козацьке, гібрид сорго – Довіста, сорт суданської трави – Білявка. Норма висіву злакового компоненту у складі бінарних злаково-бобових травосумішей становила 70 % від повної: просо – 2,25 млн схожих

насінин на 1 га (20 кг/га), кукурудза – 60 тис. схожих насінин на 1 га (20 кг/га), суданська трава – 1,5 млн схожих насінин на 1 га (15 кг/га), сорго – 0,375 млн схожих насінин на 1 га (15 кг/га). Фосфорно-калійні добрива вносили у формі простого суперфосфату (19,5 %) і хлористого калію (56 %) восени під основний обробіток ґрунту, азотні добрива у формі аміачної селітри (34,5 %) вносили навесні під передпосівну культивуацію. Площа облікової ділянки – 25 м², повторення – чотириразове.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний грубопилувато-легкосуглинковий, у шарі 0-20 см якого міститься 0,2-0,32 % загального азоту, 0,15-0,25 % фосфору та 2,3-2,5 % калію. Вміст рухомого фосфору (за Мачигінім) – 40-55 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 150-165 мг/кг ґрунту, легкогідролізованого азоту за Корнфільдом – 140-160 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки – 6,7-7,0.

Погодні умови впродовж періоду досліджень характеризувались істотною відмінністю як за роками, так і відносно середньої багаторічної норми. Екстремальним за гідротермічними умовами були 2015 та 2017 роки, які характеризувались значними підвищеннями температури повітря під час вегетації рослин на фоні тривалих бездощових періодів. Ріст і розвиток рослин у 2016 та 2018 роках проходив в умовах,

Свистунова І. В., Захлебасєв М. В., Полторецький С. П., Карбівська У. М., Шувар А. М., Сенік І. І., Мулярчук О. І.

наближених до багаторічних значень за основними параметрами погоди.

Результати дослідження та їх обговорення. Отримані результати проведених досліджень свідчать про значний вплив мінерального

удобрення та норм висіву буркуну білого як на формування розмірів листової поверхні, так і на фотосинтетичну продуктивність створених посівів (табл. 1).

1. Площа листової поверхні в одновидових та сумісних посівах буркуну білого зі злаковим компонентом, тис. м²/га

Культура, травосуміш	Удобрення	Норма висіву буркуну білого, млн шт./га			
		16	18	20	22
Буркун білий	без добрив	34,26	33,69	33,44	32,64
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	36,73	36,13	35,91	35,11
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	38,36	37,80	37,54	36,74
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	39,93	39,33	39,11	38,31
Буркун білий + кукурудза	без добрив	46,30	45,70	45,48	44,68
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	48,59	47,99	47,77	46,97
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	49,79	49,19	48,97	48,17
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	50,99	50,39	50,17	49,37
Буркун білий + просо	без добрив	41,96	41,36	41,14	40,34
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	43,89	43,29	43,08	42,27
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	44,73	44,13	43,91	43,11
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	45,70	45,13	44,90	44,11
Буркун білий + суданська трава	без добрив	47,26	46,69	46,44	45,64
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	49,73	49,13	48,91	48,11
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	51,26	50,66	50,44	49,64
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	52,36	51,80	51,54	50,74
Буркун білий + сорго	без добрив	45,80	45,20	44,98	44,18
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	47,60	46,99	46,78	45,98
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	48,39	47,79	47,57	46,77
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	49,19	48,59	48,37	47,57
НІР ₀₅		загальна – 2,2; для норм висіву – 0,7; для травосумішей – 0,8; для удобрення – 0,7			

Зі збільшенням норми висіву бобової культури листової поверхні в посівах зменшувалась, що свідчить про взаємопригнічення рослин в загущених посівах. Незалежно від норми висіву буркуну білого найбільшу листову поверхню формували його бінарні посіви з кукурудзою (49,37-50,99 тис. м²/га) та суданською травою (50,74-52,36 тис. м²/га) за внесення N₆₀P₉₀K₉₀.

За всіх варіантів удобрення та незалежно від складу бобово-злакової суміші сівба буркуну білого з нормою висіву 16 кг/га сприяла формуванню посівів з

Свистунова І. В., Захлебасв М. В., Полторецький С. П., Карбівська У. М., Шувар А. М., Сенік І. І., Мулярчук О. І.

найбільш розвиненим фотосинтетичним апаратом. Зі збільшенням норми внесення мінеральних добрив розмір асимілюючої поверхні зростає.

У ході досліджень встановлено динаміку наростання площі листя в посівах бобового компоненту та його сумішах з різними злаковими культурами в період від 30-ї до 80-ї доби (настання укісної стиглості посівів) (табл. 2).

2. Динаміка наростання листкової поверхні в одновидових та сумісних посівах буркуну білого зі злаковим компонентом за норми висіву бобової культури 16 кг/га, тис. м²/га

Культура, травосуміш	Удобрення	Період після настання фенологічної фази «сходи», діб			
		30	40	50	80 (укісна стиглість)
Буркун білий	без добрив	7,79	13,89	22,82	34,25
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	8,22	14,65	23,95	36,72
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,42	15,12	24,59	38,35
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	8,69	15,45	24,92	39,92
Буркун білий + кукурудза	без добрив	8,82	18,55	30,85	45,65
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	9,95	20,22	32,42	48,06
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,72	20,89	33,38	49,16
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	11,25	21,62	34,12	50,05
Буркун білий + просо	без добрив	8,05	16,25	26,48	41,95
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	8,82	17,32	27,79	43,88
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,35	17,88	28,69	44,72
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	9,78	18,42	29,05	45,72
Буркун білий + суданська трава	без добрив	9,22	18,72	30,25	47,25
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	9,99	19,92	31,38	49,72
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,62	20,59	32,26	51,25
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	11,09	20,92	32,99	52,35
Буркун білий + сорго	без добрив	10,12	18,55	30,19	45,79
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	10,98	19,69	31,32	47,59
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,46	20,29	31,99	48,38
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	12,05	20,72	32,55	49,18
НІР ₀₅	для травосумішей	0,29	0,34	0,41	0,71
	для удобрення	0,24	0,27	0,31	0,50

На 30 добу від дати настання фенологічної фази «сходи» максимальну площу листя формували бінарні посіви буркуну білого з сорго та кукурудзою – відповідно, 12,05 та 11,25 тис. м²/га за внесення N₆₀P₉₀K₉₀. Мінеральні добрива забезпечували приріст листкової поверхні на рівні 17,0-20,4 %.

Впродовж подальших 10 діб площа листя в посівах зростала на 42,1-52,3 %, досягаючи максимальних значень на варіантах сумісного вирощування буркуну

Свистунова І. В., Захлебасв М. В., Полторецький С. П., Карбівська У. М., Шувар А. М., Сенік І. І., Мулярчук О. І.

білого з кукурудзою – 21,62 та суданською травою – 20,92 тис. м²/га за внесення N₆₀ на фоні P₉₀K₉₀. За такого удобрення площа листя в одновидових посівах бобової культури перевищувала абсолютний контроль на 11,2 %.

На 50-ту добу після появи сходів листкова поверхня в посівах зростала на 36,2-39,8 %, досягаючи максимальних розмірів (30,25-34,12 тис. м²/га) за сівби буркуну білого в бінарних посівах з кукурудзою та суданською травою. Найбільший приріст асимілюючої поверхні – 49,6 % було отримано в посівах бобової культури з кукурудзою за внесення N₆₀P₉₀K₉₀. Зазначена норма мінерального удобрення збільшувала площу листя в посівах вказаної травосуміші на 10,6 %.

До настання укісної стиглості (80 діб після сходів) листкова поверхня в посівах досліду за 30 діб зростала на 46,7-60,2 % до рівня 34,25-52,35 тис. м²/га. Найменшою вона була на абсолютному контролі – 34,25 тис. м²/га. Найбільшу асиміляційну поверхню дослідні посіви формували за сівби буркуну білого з суданською травою – 52,5 тис. м²/га на фоні внесення N₆₀P₉₀K₉₀. За такого рівня мінерального удобрення одновидові посіви бобового компоненту та всі варіанти змішаних бінарних бобово-злакових посівів формували максимальні розміри листкової поверхні: буркун білий з кукурудзою – 50,05, з сорго – 49,18, з просом – 45,72 тис. м²/га.

Розмір листкової поверхні рослин в посівах сільськогосподарських культур значною мірою обумовлює ступінь та об'єм поглинутої фотосинтетично-активної радіації (ФАР). Одним з основних параметрів оцінювання фотосинтетичної активності та продуктивності листового апарату є фотосинтетичний потенціал посівів (ФПП), рівень якого дозволяє прогнозувати продуктивність посівів [2].

У досліді, в період від 30 до 40 доби після появи сходів буркуну білого фотосинтетичний потенціал посівів був невисоким – 108,4-164,4 тис. м²×діб/га (табл. 3), проте в процесі активного наростання листкової поверхні його значення істотно зростали, досягаючи максимуму в період настання укісної стиглості (50-

Свистунова І. В., Захлебасєв М. В., Полторецький С. П., Карбівська У. М., Шувар А. М., Сенік І. І., Мулярчук О. І.

80 діб після появи сходів). Внесення мінеральних добрив на ділянки одновидових та змішаних посівів підвищувало їх фотосинтетичний потенціал.

3. Фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу одновидових посівів буркуну білого та його сумішей зі злаковим компонентом за норми висіву бобової культури 16 кг/га

Культура, травосуміш	Удобрєння	ФПП, тис. м ² ×діб/га			ЧПФ, г/м ² /добу		
		Період після настання фенологічної фази «сходи», діб					
		30-40	40-50	50-80 (укісна стиглість)	30-40	40-50	50-80 (укісна стиглість)
Буркун білий	без добрив	108,4	183,6	855,7	8,62	5,31	4,10
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	114,4	193,0	909,7	9,22	4,90	4,71
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	117,7	198,6	943,7	9,21	5,06	4,64
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	120,7	201,9	972,2	9,23	5,13	4,72
Буркун білий + кукурудза	без добрив	136,9	247,0	1147,1	6,75	3,95	2,61
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	150,9	263,2	1206,8	6,86	4,05	2,83
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	158,1	271,4	1237,7	6,74	3,86	2,82
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	164,4	278,7	1262,2	7,03	3,68	2,87
Буркун білий + просо	без добрив	121,5	213,7	1126,1	7,77	5,50	2,67
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	130,7	225,6	1074,7	7,68	5,61	2,73
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	136,2	232,9	1100,8	7,89	5,95	2,82
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	141,0	237,4	1121,2	7,55	5,84	3,08
Буркун білий + суданська трава	без добрив	139,7	244,9	1162,1	7,69	4,23	2,70
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	149,6	256,5	1216,1	8,72	4,66	2,91
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	156,1	264,3	1252,3	8,36	4,60	3,02
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	160,1	269,6	1279,7	8,22	4,77	3,06
Буркун білий + сорго	без добрив	143,4	243,7	1139,3	8,26	4,00	2,64
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	153,4	255,1	1183,3	8,38	4,34	2,76
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	158,8	261,4	1205,2	7,90	4,15	2,86
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	163,9	266,4	1225,6	8,02	4,12	2,96

У вказаний період розвитку посівів максимальний фотосинтетичний потенціал за всіх варіантів удобрєння був характерний для травостоїв бінарних сумішей буркуну білого із суданською травою – 1162,1-1279,7 тис. м²×діб/га. Найвищі значення за цим показником – 1279,7 тис. м²×діб/га відмічено в посівах, отриманих за технологічної моделі, що передбачала висів бобового компоненту з суданською травою та внесення N₆₀ на фоні P₉₀K₉₀.

Важливою характеристикою фотосинтетичної діяльності посівів є рівень нагромадження ними сухої біомаси за одну добу одиницею площі листової поверхні [2]. У досліді, впродовж періоду від 30 до 40 доби від появи сходів

Свистунова І. В., Захлебасєв М. В., Полторецький С. П., Карбівська У. М., Шувар А. М., Сенік І. І., Мулярчук О. І.

найнижчий рівень фотосинтетичної продуктивності забезпечували змішані посіви буркуну білого з кукурудзою – 6,74-7,03 г/м²/добу. Вищу продуктивність фотосинтезу забезпечували травостої бінарних посівів бобового компоненту з сорго та травою суданською – 7,69-8,38 г/м²/добу.

До 40-50 доби від появи сходів буркуну білого чиста продуктивність фотосинтезу одновидових і змішаних посівах буркуну білого зі злаковими компонентами знижувалась до 3,68-5,95 г/м², що було обумовлено інтенсивним наростанням листової маси з низьким вмістом сухої речовини. Максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу в зазначений період відмічено в посівах буркуну білого – 4,90-5,31 та його суміші з просом – 5,50-5,95 г/м².

У результаті внесення мінеральних добрив прямо пропорційне наростання сухої речовини на одиниці площі асиміляційної поверхні не спостерігали, оскільки внаслідок удобрення листові поверхні збільшувались швидше, ніж відбувалось накопичення рослинами сухої речовини. Така закономірність була відмічена на ділянках одновидових посівів буркуну білого та його бінарних посівів з кукурудзою, де на неудобрюваних варіантах чиста продуктивність була вища, ніж на варіантах з внесенням мінеральних добрив. В змішаних агрофітоценозах бобового компоненту з просом, сорго та суданською травою відмічали зниження чистої продуктивності фотосинтезу за умови збільшення норми удобрення до N₄₅P₄₅K₄₅ та N₆₀P₉₀K₉₀.

До настання укісної стиглості посівів відбувався інтенсивний ріст всіх культур у досліді, внаслідок чого зростали листові поверхні та вміст сухої речовини в рослинах. Рівень чистої продуктивності фотосинтезу досліджуваних агрофітоценозів в зазначений період становив 2,61-4,72 г/м², в тому числі максимальне значення – 4,72 г/м² відмічено в одновидовому посіві буркуну білого за внесення N₆₀P₉₀K₉₀. Деяко нижча фотосинтетична продуктивність – 3,06 г/м² була на ділянці вирощування травосуміші буркуну білого з суданською травою на фоні N₆₀P₉₀K₉₀.

Площа листової поверхні в посівах та їх чиста продуктивність фотосинтезу обумовлювали обсяг накопичення сухої речовини (табл. 4).

4. Динаміка накопичення сухої речовини посівами буркуну білого в одновидових та сумісних посівах зі злаковими культурами за норми висіву бобового компоненту 16 кг/га, т/га

Культура, травосуміш	Удобрення	Період після настання фенологічної фази «сходи», діб			
		30	40	50	80 (укіс)
Буркун білий	без добрив	0,80	1,73	2,70	6,19
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0,92	1,97	2,91	7,20
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,99	2,07	3,07	7,43
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	1,07	2,18	3,21	7,78
Буркун білий + кукурудза	без добрив	0,94	1,86	2,83	5,80
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	1,08	2,11	3,17	6,56
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,19	2,25	3,29	6,76
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	1,30	2,45	3,47	7,07
Буркун білий + просо	без добрив	0,69	1,63	2,80	5,52
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0,79	1,79	3,05	5,96
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,93	2,00	3,38	6,46
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	1,06	2,12	3,50	6,93
Буркун білий + суданська трава	без добрив	1,07	2,14	3,17	6,28
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	1,23	2,53	3,72	7,23
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,34	2,64	3,85	7,61
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	1,46	2,77	4,05	7,94
Буркун білий + сорго	без добрив	0,99	2,17	3,14	6,13
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	1,12	2,40	3,50	6,74
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,23	2,48	3,56	6,98
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	1,28	2,59	3,68	7,28
НІР ₀₅	для травосумішей	0,13	0,15	0,17	0,21
	для удобрення	0,09	0,11	0,14	0,17

Визначено, що на 30 добу від дати появи повних сходів буркуну білого на ділянках дослідів було сформовано від 0,69 до 1,44 т/га сухої речовини, в тому числі на контролі – 0,78 т/га. Як в одновидових, так і в змішаних посівах буркуну зі злаковими культурами на рівень нагромадження сухої речовини позитивно впливали мінеральні добрива, забезпечуючи її приріст на рівні 13,4-55,3 %. Максимальну продуктивність за виходом сухої речовини забезпечували бінарні суміші буркуну білого з суданською травою та сорго – 0,97-1,46 т/га.

Впродовж наступних десяти діб обсяг накопичення сухої біомаси зростав на 89,8-140,3 % та був найменшим на ділянках бінарних посівів буркуну білого з сорго – 1,63-2,12 т/га. Максимально продуктивними за даним показником були суміші бобового компоненту з суданською травою та сорго за внесення

Свистунова І. В., Захлебасєв М. В., Полторецький С. П., Карбівська У. М., Шувар А. М., Сенік І. І., Мулярчук О. І.

мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{90}K_{90}$ – 2,59-2,77 т/га сухої речовини, приріст якої відносно неудобрених ділянок становив 0,42-0,63 т/га. Внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило збільшення обсягів накопичення сухої речовини на 0,23-0,50 т/га.

До настання укісної стиглості – на 80-ту добу після появи сходів найменш продуктивними за обсягом нагромадження були бінарні посіви буркуну білого з просом – 5,52-6,93 т/га сухої речовини. Одновидові ділянки бобового компоненту формували 6,19-7,78 т/га сухої маси, приріст від внесення добрив становив 16,4-25,8 %. Найбільш продуктивними за даним показником (6,28-7,94 т/га) були змішані посіви бобової культури з суданською травою – приріст до абсолютного контролю становив 1,5-28,4 %. За внесення під цю травосуміш повного мінерального добрива в нормі $N_{60}P_{90}K_{90}$ було отримано максимальну в досліді продуктивність за виходом сухої речовини – 7,94 т/га.

Висновки і перспективи. Фотосинтетична продуктивність одновидових та сумісних посівів буркуну білого істотно обумовлюється нормою його висіву, злаковим компонентом та мінеральним удобренням. Найбільш розвинений фотосинтетичний апарат бобово-злакові суміші формували за висіву бобової культури з нормою 16 кг/га. Зі збільшенням норми внесення мінеральних добрив розмір асимілюючої поверхні зростає. До настання укісної стиглості – на 80-ту добу після появи сходів найбільшу площу листя формували сумісні посіви буркуну білого з суданською травою на фоні внесення $N_{60}P_{90}K_{90}$ – 52,5 тис. m^2 /га. За такої технологічної моделі вирощування кормових агрофітоценозів їх посіви забезпечували максимальний фотосинтетичний потенціал – 1279,7 тис. $m^2 \times$ діб/га та найвищу в досліді продуктивність за виходом сухої речовини – 7,94 т/га.

References

1. Babych A.O. (1994) *Metodyka provedennia doslidiv po kormovyrobnytstvu* [Methods of conducting experiments on fodder production]. Vinnytsia, 96 p.
2. Vlashchuk A.N., Shapar L.V., Drobit A.S., Misevich A.V., Shkoda E.A. (2021) *Vplyv elementiv tekhnolohii na formuvannia fotosyntetychnoho potentsialu roslyn burkunu biloho odnorichnoho na boharnykh zemliakh Pivdnia Ukrainy* [Influence of technological elements on the formation of photosynthetic potential of

Свистунова І. В., Захлебаєв М. В., Полторецький С. П., Карбівська У. М., Шувар А. М., Сенік І. І., Мулярчук О. І.

annual sweet clover plants in rainfed lands in southern Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*. S. 76-81. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.3.13>

3. Vlaschuk A. M., Prischepo M. M., Konaschuk O. P., Kolpakova A.S. (2015). Burkun biliiy odnorichniy – perspektivna kormova kultura. [A melilot is white one-year is a perspective green crop]. *Agronom*, 3(49), 216-218.

4. Vozhehova R. A., Vlashchuk A. M., Drobit O. S., Vlashchuk O. A. (2021) Urozhainist nasinnia burkunu biloho odnorichnoho zalezho vid shyryny mizhriad i doz azotnoho dobryva [The yield of seeds of white annual burkun depends on the width of the rows and doses of nitrogen fertilizer]. *Visnyk ahrarnoi nauky*. №5 (818). С. 16-22. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-02>

5. Vozhehova R. A., Vlashchuk A. M., Drobit O. S., Vlashchuk O. A. (2022). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia burkunu odnorichnoho zalezho vid osnovnoho obrobtku gruntu [The economic efficiency of growing annual gourd depending on the main tillage]. *Visnyk ahrarnoi nauky*. №9 (834) С. 80-85. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202209-09>.

6. Hetman N. Ya., Zlotenko O. Yu. (2011) Formuvannia urozhainosti sumishamy odnorichnykh kultur zalezho vid normy vysivu ta rivnia mineralnoho zhyvlennia v umovakh Lisostepu zakhidnoho [The formation of productivity with mixtures of annual crops depending on the rate of sowing and the level of mineral nutrition in the conditions of the Western Forest Steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. Vyp. 68. S. 23-24

7. Husiev M. H., Paniukova O. O. (2007) Vplyv umov vyroshchuvannia na produktyvnist bahatorichnykh bobovykh trav v Pivdennomu Stepu Ukrainy [The influence of growing conditions on the productivity of perennial legumes in the Southern Steppe of Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo*. Vyp. 7. S. 88–91.

8. Demydas H. I., Zakhliebaiev M. V. (2015) Znachennia burkunu biloho v kormovyrobnytstvi [The value of the white grunt in fodder production]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*. Vyp. 210. S. 18-21.

9. Zakhliebaiev M. V. (2018) Produktyvnist burkunu biloho v odnovydovykh ta sumisnykh posivakh zi zlakovymy kulturamy v zalezhnosti vid mineralnoho zhyvlennia ta norm vysivu na chornozemakh typovykh v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Productivity of the white gorse in single-species and combined crops with cereal crops depending on mineral nutrition and sowing rates on chernozems typical in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. Vyp.2 (72). URL: http://www.nbu.gov.ua/ejournals/Nd/2011_4/11ksm.pdf. (date of application: 16.11.2023).

10. Kvitko H. P., Mazur V. A., Korniiichuk O. V. (2008) Bioenerhetychna otsinka tekhnolohii vyroshchuvannia burkunu biloho na korm v umovakh pravoberezhnoho lisostepu Ukrainy [Bioenergetic evaluation of technologies for growing white mullet for fodder in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. Vyp. 62. S. 133–139.

11. Lavrynenko Yu. O., Vlashchuk A. M., Drobit O. S., Vlashchuk O. A. (2019) Nasinnieva produktyvnist sortiv burkunu biloho odnorichnoho na pivdni Ukrainy [Seed productivity of white annual gourd varieties in the south of Ukraine].

Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. №2 (78). URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/631383.pdf> (date of application: 16.11.2023). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.02.007>

12. Petrychenko V. F., Hetman N. Ya. (2017) Faktory pidvyshchennia produktyvnosti ahrofitotsenoziv bahatorichnykh bobovykh trav v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [Factors increasing the productivity of agrophytocenoses of perennial legumes in the conditions of the right-bank forest-steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. Vyp. 84. S. 3-9.

13. Ateş E., Seren O. A. (2020). Determination of forage yield and quality of blue melilot (*Melilotus caeruleus* (L.) Desr.) at different growth stages under Edirne ecological conditions. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*. 57 (1):111-117. DOI: 10.20289/zfdergi.609079

14. Bozhanska T., Mihovski T., Naydenova G., Knotová D., Pelikán J. (2016). Comparative studies of annual legumes. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 32(3): 311-320

15. Dashkevich S., Filippova N., Utebayev M., Abdullaev K. (2018). Assessing the influence of the initial forms of melilot on the quality of fodder mass in the conditions of northern Kazakhstan. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(10):2564- 2567

16. Petrychenko V. F., Antypova L. K., Tsurkan, N. V. (2019). Influence of hydrothermal conditions on the productivity of perennial grasses in South Steppe of Ukraine. *Feeds and Feed Production*, (88), 27-36.

17. Sowa-Borowiec, P., Jarecki, W., Dżugan, M. (2022). The effect of sowing density and different harvesting stages on yield and some forage quality characters of the white sweet clover (*Melilotus albus*). *Agriculture*, 12(5), 575.

18. Annaeva M. I., Toreev F. N., Yakubov M. M., Allashov B. D., Mavlonova N., Tursoatov S. (2020). Agrotechnology of *Melilotus albus* cultivation in saline area. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. United Kingdom. 614(1): 012170. doi:10.1088/1755-1315/614/1/012170

PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF MELILOTUS ALBUS IN SINGLE-SPECIES AND COMBINED CROPS IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE

I. V. Svystunova, M. V. Zakhliebaiev, S. P. Poltoretskyi, U. M. Karbivska, A. M. Shuvar, I. I. Senyk, O. I. Muliarchuk

Abstract. *There is a significant shortage of high-protein feed in all regions of Ukraine. One of the ways to solve this problem and a powerful reserve for reducing the cost of livestock production is the cultivation of perennial leguminous grasses, among which Melilotus albus deserves special attention - a valuable fodder crop that, even under extreme hydrothermal conditions, forms stable and high yields of vegetative mass, each kilogram of which contains 34-44 g of digestible protein. Today, there is insufficient scientific information about the high fodder and agrotechnical value of Melilotus albus, regarding the peculiarities of its cultivation for fodder in mixed crops*

Свистунова І. В., Захлебасєв М. В., Полторецький С. П., Карбівська У. М., Шувар А. М., Сенік І. І., Мулярчук О. І.

with cereal crops. Photosynthetic activity of crops belongs to the main factors of formation of productivity of fodder agrophytocenoses. The aim of the research was to establish the influence of technological factors of cultivation on the photosynthetic productivity of Melilotus albus in single-species and crops compatible with cereal components. The research was conducted during 2015-2018 at the experimental fields of the Department of Fodder Production, Land Reclamation and Meteorology in the conditions of the SS NULES of Ukraine "Agronomic Research Station" on typical low-humus chernozem. It was established that under the investigated rates of mineral fertilizers and grass mixture models, the most developed photosynthetic apparatus was formed by crops with a Melilotus albus seeding rate of 16 kg/ha. As it increased, the leaf surface of fodder agrophytocenoses decreased. Before the onset of harvest maturity, the largest leaf area in the experiment was formed by binary crops of Melilotus albus with Sorghum drummondii against the background of - N₆₀P₉₀K₉₀ application - 52.5 thousand m²/ha. Sowings of the indicated variant of the experiment also provided the maximum photosynthetic potential - 1279.7 thousand m² × day/ha and the maximum productivity in the experiment in terms of dry matter yield – 7.94 t/ha.

Keywords: *bean and cereal crops, leaf area, photosynthetic potential, photosynthesis productivity, dry matter*

**НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ПРОТЕЇНУ У ГОДІВЛІ АФРИКАНСЬКОГО
СОМА *CLARIAS GARIEPINUS***

Р. М. УМАНЕЦЬ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-1483-2775>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: umanets_r@nubip.edu.ua

Л. В. БАЛАНЧУК, молодший науковий співробітник,

<https://orcid.org/0000-0003-0989-5886>

Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи

E-mail: balanchuk_lv@ukr.net

В. М. НЕДАШКІВСЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0001-5487-6807>

Білоцерківський національний аграрний університет

E-mail: profkom1967@ukr.net

Р. А. ЧУДАК, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0003-4318-6979>

Вінницький національний аграрний університет

E-mail: romanchudak@ukr.net

С. В. ЦАП, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0009-0007-1613-8273>

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

E-mail: tsap.svetlana@i.ua

М. М. КРИВИЙ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0001-9428-0645>

Поліський національний університет

E-mail: kryvvi.znau@gmail.com

М. П. КОРОБАНЬ, здобувач наукового ступеня доктор філософії,

<https://orcid.org/0009-0003-1763-2629>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: m.koroban@nubip.edu.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.010](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.010)

Анотація. Аквакультура є однією з галузей у світі, що найбільш швидко розвивається. Вона постачає половину рибної продукції, яка щорічно споживається у світі. Тому майбутній світовий попит можна задовольнити лише за рахунок розширення та інтенсифікації виробництва продукції аквакультури, що у свою чергу, потребує збільшення виробництва кількості повнораціонних комбікормів. Це спонукає до необхідності дедалі частіше

Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П. використовувати альтернативні кормові інгредієнти для забезпечення значної потреби риб у протеїні та енергії, що з одного боку є викликом для виробників кормів, а з іншого актуальною темою для дослідників. Нині на жаль, не достатньо досліджень стосовно нових кормів для риби, особливо щодо можливості використання нетрадиційних джерел протеїну у комбікормах. Як відомо, одним із альтернативних способів забезпечення високої продуктивності та зниження собівартості продукції аквакультури є заміна рибного борошна більш дешевим рослинним протеїном. Основною проблемою є збереження його біологічної цінності. Рослинний білок відрізняється нижчим вмістом окремих амінокислот, зокрема незамінних, а потреба риби у них у кілька разів перевищує потребу теплокровних тварин. Отже, така заміна не повинна призвести до зниження біологічної цінності раціону. У статті висвітлені узагальнені результати світових наукових досліджень, щодо можливості заміни рибного борошна різноманітними джерелами протеїну у комбікормах для африканського сома *Clarias gariepinus*. Застосування альтернативних джерел білка та заміна ними дефіцитного та досить вартісного рибного борошна, зараз поступово набуває актуальності в галузі аквакультури.

Ключові слова: аквакультура, годівля риб, африканський сом, *Clarias gariepinus*, комбікорми, нетрадиційні джерела протеїну

Актуальність. Аквакультура – це бізнес з виробництва продуктів харчування у світі, який найдинамічніше розвивається, через великий попит на рибу та морепродукти. Починаючи з 1970 року обсяг вирощування водних організмів в усьому світі зростає із середнім показником у 8,9% на рік [28, 37].

Середньорічний обсяг аквакультури у світі у період 1990–2020 років зріс на 609 %. При цьому спостерігалось поступове зниження середньорічних темпів зростання: у 1990–2000 роках вони становили 9,5 %, а у 2011–2020 роках – лише 4,6 %. У 2015–2020 роках темпи зростання скоротилися до 3,3 % на рік. Важливо, що з тенденцією до уповільнення темпів зростання світового виробництва продукції

аквакультури, у відносному вираженні останні три десятиліття спостерігалось зростання її виробництва у абсолютних цифрах [30].

Риба є однією з важливих частин раціону людини, але не зважаючи на те, що потреба у ній різко зросла, запаси дикої риби залишалися незмінними протягом останніх чотирьох десятиліть, як показано на рисунку 1 [30]. Тому однією з потенційних галузей, яка може вирішити проблему ростучого попиту на рибу, є галузь аквакультури [19]. З огляду на це виробництво аквакультури різко зросло за останні шість десятиліть, і Продовольча та сільськогосподарська організація (FAO) класифікує аквакультуру як галузь виробництва харчових

Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П.
 продуктів, що найшвидше
 розвивається [10, 28].



Рисунок 1: Світове рибальство та виробництво аквакультури

Глобальне виробництво водних тварин оцінювалося в 178 мільйонів тон у 2020 році, що є незначним зниженням порівняно з історичним рекордом у 179 мільйонів тон у 2018 році (рис. 1). Виллов риби склав 90 мільйонів тон (51 %), а аквакультура – 88 мільйонів тон (49 %). Із загального обсягу виробництва 63 % (112 мільйонів тон) було видобуто в морських водах (70 % від рибальства та 30 % від аквакультури) і 37 % (66 мільйонів тон) у внутрішніх водах (83 % від аквакультури та 17 % від рибальства). Загальна вартість світових продажів оцінювалася в 406 млрд. доларів США, у тому числі 141 млрд. доларів від рибальства та 265 млрд. доларів від аквакультури. Окрім водних тварин, у 2020 році було вироблено 36 мільйонів тон

(натуральної вологості) водоростей, з яких 97 % походять з аквакультури, переважно марикультури [30].

Разом з тим в останні роки у світі відбувається різке збільшення виробництва комбікормів для аквакультури, що супроводжувалось інтенсивними дослідженнями біології різних видів риб, що вирощуються на фермах. Основним джерелом білка у комбікормах є рибне борошно, яке має високу вартість та характеризується нестабільними поставками в останні роки, тому рослинний протеїн наразі привертає увагу в усьому світі [60]. Він використовується як заміна рибного борошна, у якості джерела білка та енергії для забезпечення росту риби та збереження її здоров'я. Рослинні білки збільшують економічні

Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П. прибутки у бізнесі аквакультури [59, 67]. Добре відомі обмеження, пов'язані з використанням рослинних білків у комбікормах для аквакультури. Основним з них є наявність антипоживних факторів (АПФ), таких як фітат, який є основною формою фосфору (P) у рослинних кормах [44]. Відомо, що наявність АПФ, таких як інгібітори трипсину та лектини, пригнічують активність травних ферментів [31]. Розробка біологічних процесів біовідновлення та біологічної детоксикації агропромислових відходів була основним напрямком досліджень твердофазної ферментації (бродиння) (SSF) з метою усунення або зменшення вмісту антипоживних факторів. Ферментація є одним із багатообіцяючих підходів до зменшення антипоживних факторів та підвищення поживної цінності білка рослинного походження, таких як соєвий шрот та інші рослинні корми [11, 39, 60]. Наприклад, за останні роки в ряді досліджень повідомлялося про використання ферментованого соєвого шроту в кормах для аквакультури [11, 39, 78] з метою заміни рибного борошна, оскільки він вважається новим джерелом білка зі знизеним вмістом антипоживних факторів та покращеною поживною цінністю [60].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Зараз у світі проживає більше восьми мільярдів людей, а до

2050 року за прогнозами їх кількість перевищить дев'ять мільярдів. Це ставить перед нами серйозний виклик, зі збереження запасів риби світового океану та виробництва продукції аквакультури відповідно до збільшення чисельності населення. Риби та іншим морепродуктам, останнім часом частіше, визначається одна із ключових ролей у продовольчій безпеці та харчуванні людини не лише як джерелі білка, але й як унікальних і надзвичайно різноманітних постачальників незамінних омега-3 жирних кислот і біодоступних мікроелементів. Пріоритет та краща інтеграція продуктів рибальства та аквакультури в глобальних, регіональних та національних стратегіях та політиці продовольчої системи має бути життєво-важливою частиною необхідної трансформації наших агропродовольчих систем.

Використання водних харчових продуктів в світі зростало в середньому на 3,0 % з 1961 по 2019 роки, що майже вдвічі перевищує річний приріст населення (1,6 %) за той самий період. Споживання риби та морепродуктів на душу населення зростало приблизно, з 9,0 кг на рік (в еквіваленті живої маси) у 1961 році до 20,5 кг у 2019 році. Дані за 2020 рік вказують на незначне зниження цього показника – до 20,2 кг. У тому ж році на аквакультуру припадало 56 % обсягу виробництва їжі, доступної для споживання людиною [30].

У світовому виробництві аквакультури Китай і Азія все ще займають перші місця з виробництва риби, моллюсків, водних рослин, ракоподібних та інших водних тварин, включаючи земноводних, у прісноводному, солонуватому і морському середовищі. Згідно з даними ФАО, вирощувалося 580 видів, серед яких переважали риби, в загальній кількості 362 з 580 видів, серед яких відомі культивовані види риб: тілапія, короп, лосось і сом [29]. Серед сомів, найбільш культивованими та затребуваними споживачами є сом канальний (*Ictalurus punctatus*), сом смугастий (*Pangasius hypophthalmus*), сом амурський (*Silurus asotus*) та сом африканський (*Clarias gariepinus*) з часткою продукції 0,53%, 0,52% , 0,62% і 0,33% відповідно [29].

Традиційними об'єктами аквакультури України незмінно залишаються коропові види риб: звичайний короп та далекосхідні коропові (рослиноїдні) – білий та строкатий товстолобики, їх гібриди, білий амур. Крім коропових, українські аквафермери вирощують райдужного пструга (форель), європейського сома, щуку, судака, лина, кларієвого сома, тилапій, стерлядь, російського та сибірського осетрів, бестера, веслоноса тощо.

Спектр культивованих видів великий і продовжує розширюватись. Одним з таких перспективних видів є

африканський (кларієвий) сом (*Clarias gariepinus*), що належить до родини *Clariidae* та є всеїдною, прісноводною рибою, що дихає атмосферним повітрям. Африканський сом є найбільш привабливим видом для аквакультури через його високу витривалість, здатність споживати різноманітні корми, швидкий ріст і високий рівень виживання у воді з низьким вмістом кисню [52]. Цей вид має велике економічне значення в багатьох країнах світу.

За останніми доступними (2021 рік) статистичними даними, в Україні загалом було вирощено товарної риби – 16882 тон. Короп і далекосхідні рослиноїдні риби склали понад 79,7 % від загальної продукції аквакультури. Виробництво інших видів риб (щука, судак звичайний, форель, інші лососеві, осетрові, сомові види риб, веслоніс) сумарно не перевищувало 20,3 % (Рис. 2).

Останніми роками в Україні з'явилися сучасні рециркуляційні господарства, діяльність яких спрямована на ефективне виробництво і переробку власної продукції (створення ланцюжків доданої вартості). Як правило, такі господарства мають інфраструктуру переробки та реалізації власної продукції. За останні роки усе це призвело до зростання виробництва сомових видів риб на 8,2 %.

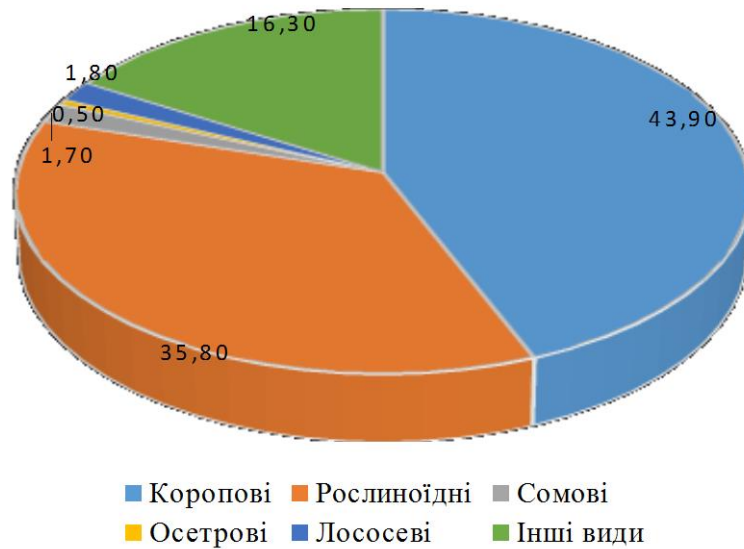


Рисунок 2. Структура вирощування риби в Україні у 2021 р. за видами, %

Мета досліджень – аналіз, на світовому рівні, сучасних даних щодо можливості заміни рибного борошна різноманітними нетрадиційними джерелами протеїну у комбікормах для африканського сома *Clarias gariepinus*.

Матеріали і методи дослідження. За використання системного підходу, контент-аналізу, бібліосемантичного та наукометричного методів проведено аналіз та узагальнення даних сучасних наукових джерел, статистичних даних Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) та ін. баз даних із питань використання нетрадиційних джерел протеїну у комбікормах для африканського сома *Clarias gariepinus*.

Результати дослідження та їх обговорення. Африканський сом *Clarias gariepinus* є еврифагічною

твариною, це означає, що він споживає широкий спектр кормів для живлення [13, 55, 57, 66]. Африканський сом також відомий як всеїдна тварина, яка живиться різноманітними кормами: комахами, планктоном, молюсками та рослинами у природних водоймах, але іноді він виявляє ознаки хижого зоофага, в результаті чого у нього відносно висока потреба у кормовому білку, зазвичай 40–50 % сирого протеїну у сухій речовині [13, 72].

Личинкам і молоді цього виду зазвичай потрібен вміст у раціоні сирого протеїну 55 % та ліпідів 9 %. Були проведені певні дослідження щодо питання потреби личинок у амінокислотах [16], але кількісні показники потреби личинок, за винятком метіоніну [73] досі мало вивчені. Потреба в амінокислотах у молоді з вагою понад 10 г досліджені краще. Аналогічно, потреби цього

виду в жирних кислотах досі мало досліджені, за винятком того, що співвідношення жирних кислот омега-6 і омега-3 має бути 1:1 для їх оптимального росту. За даними К. Kerdchuen [41], для мальків *Heterobranchus longifilis* рекомендований мінімальний рівень 0,5–1% омега -3 жирних кислот у раціоні. Але кількісної інформації щодо *Clarias gariepinus* все ще не достатньо, W. Uys [72] припустив, що він буде рости краще, якщо принаймні 10 % від загального вмісту ліпідів у раціоні буде становити риб'ячий жир. На сьогодні рекомендовано у кормі для мальків кларієвого сому підтримувати мінімальний рівень омега-3 жирних кислот який був запропонований К. Kerdchuen [41] для *Heterobranchus longifilis*. Що стосується вуглеводів, то їх рівень становить 21% раціону. Uys W. та Necht T. [73] вивчали активність амілази підшлункової залози та передньої кишки у личинок *Clarias gariepinus* при споживанні вуглеводів. Їх результати були аналогічні даним [4], які виявили, що активність кишкової амілази збільшується зі збільшенням рівня вуглеводів у раціоні.

На етапі росту, були докази того, що потреба у поживних речовинах змінювалася приблизно до маси 5 г і після цього залишається незмінною. На цьому етапі основні потреби у поживних речовинах корму, що використовуються у годівлі

кларієвого сому становлять від 40 до 43% протеїну, 10-12% ліпідів і 15-32% вуглеводів. У цього виду добре засвоюються як тваринні, так і рослинні білки і будь-який з них можна використовувати для заміни рибного борошна в раціоні. За даними [75], вміст протеїну в межах 35-38% може знизити вартість корму та апетит риби, що призводить до збільшення прибутку для фермерів. В іншому дослідженні використання риб'ячого жиру як джерела ліпідів може негативно вплинути на ріст риби [46, 47], що вказує на те, що цей вид має певну потребу в омега-6 жирних кислотах. Проте джерело ліпідів не впливає на склад усього тіла або рівень ліпідів у м'язах сома, хоча рівні жирних кислот і альфа-токоферолу, як правило, відображають профіль жирних кислот і концентрацію альфа-токоферолу в кормових ліпідах, які використовуються [46].

На підставі попередніх дослідження було зроблено висновок, що середній допустимий рівень вуглеводів для цього виду становить близько 27 %, і M.Z. Ali [3] припускає, що цей вид не може використовувати рівень вуглеводів в раціоні більше 35 %. З іншого боку, P.A. Pantazis [50] виявив, що рівень вуглеводів від 26 до 32% має значний вплив на збереження білка (процес, за допомогою якого організм отримує енергію з джерел, небілкової природи), і він рекомендує, щоб

рівень вуглеводів у раціоні для сома був більше, ніж зазвичай. Ці результати показують, що африканський сом здатний перетравлювати вуглеводи з ранньої стадії до досягнення зрілої стадії [72, 74, 77].

Потреба у валовій і перетравній енергії, необхідна для цього виду, становить приблизно 14-19 кДж/кг відповідно, при цьому середнє значення співвідношення білка до енергії становить приблизно 27 мг/кДж. Співвідношення білка до енергії залежить від температури і зростає від 25,4 мг/кДж при 24°C до 34,7 мг/кДж при 29°C [36]. Дослідження показали, що на склад тіла *Clarias gariepinus* не впливає зміна співвідношення кормового білка та енергії (Р/Е) [4]. При вмісті білка в раціоні 40 %, оптимальне співвідношення ліпідів і вуглеводів становить в межах 1:2,5.

Станом на сьогодні, точна потреба у вітамінах і мінералах, яких потребує *Clarias gariepinus*, вивчена недостатньо. У природних умовах риба зазвичай отримує поживні речовини з навколишнього середовища. Дослідження W.K. Ng та ін. [45] показали, що мінеральні добавки до корму, що містить 27 % рибного борошна, не впливають на ріст молоді *Clarias gariepinus*. Вони вважають, що не варто включати мінеральні суміші в раціони, які містять велику частку рибного борошна.

Наведена вище інформація показала, що африканський сом має здатність перетравлювати рослинні білки та використовувати вуглеводи як джерело енергії [15, 75]. З точки зору сільського господарства, еврифагія дає переваги, оскільки такі тварини можуть використовувати різноманітні кормові інгредієнти, у тому числі тваринного та рослинного походження, у складі комбікормів, які будуть задовольняти потреби риб.

Рибне борошно є найдорожчим інгредієнтом комерційних кормів, оскільки воно добре засвоюється, має високий вміст амінокислот і використовується багатьма виробниками кормів в аквакультурі. За даними [5], рибне борошно зараз є одним із основних джерел білка в галузі аквакультури через свої властивості. У наш час проблема негативного впливу виробництва рибного борошна, висока вартість привертає увагу вчених і спонукає їх до пошуку найкращого інгредієнта у якості альтернативи та його заміни для галузі аквакультури світу [14, 32, 51]. Деякі вчені не рекомендують використовувати рибне борошно в кормах для аквакультури через низку факторів і проблем [12, 21, 23, 54]. Найбільш оптимальною альтернативою рибного борошна є джерела рослинного білка через їхні характеристики, описані вище, і найважливіше те, що їх можна використовувати, до тих пір поки немає негативного впливу на

показники росту та здоров'я тварини [18, 26, 35, 43, 79].

Проблеми, пов'язані з використанням рослинного білка в кормах для риби, добре описані попередніми дослідниками. Серед обмежень основним є наявність антипоживних факторів (АПФ) у більшості джерел рослинного білка. За даними [61] АПФ є сполуками, які можуть зменшувати поживну цінність рослинних продуктів, які використовуються як у харчуванні людей, так і годівлі тварин. Наявність АПФ є дуже важливим показником який дозволяє визначити, чи можна використовувати рослину у якості корму, чи ні. Основні АПФ у рослинах: танін, фітат, оксалат, сапоніни, лектини, алкалоїди, інгібітори протеази та ціаногенні глікозиди [33]. За даними F.G Nabtani та R. Negussie [33] низька кількість АПФ може сприятливо впливати на здоров'я тварин, наприклад фітати, лектини, таніни, інгібітори амілази та сапоніни призводять до зниження рівня глюкози та інсуліну в крові. Крім того, є також сполуки АПФ, які можуть зменшити ймовірність онкологічних хвороб, такі як фітати, дубильні речовини (таніни), сапоніни, інгібітори протеази, гетрогени та оксалати. Фітинова кислота, лектини, дубильні речовини, сапоніни, інгібітори амілази та інгібітори протеази можуть знижувати доступність поживних речовин і

викликати затримку росту. Welker T. та ін. [76] виявили, що сполуки АПФ іноді призводять до дефіциту цинку у риби. Крім того, відомо, що інгібітори трипсину та лектини, пригнічують активність травних ферментів [31].

Збільшення кількості сільськогосподарських відходів сприяло підвищенню цікавості з боку різних вчених щодо, способів видалення або зменшення кількості АПФ у рослинному білку. За даними H Hamid та ін. [34] існує кілька методів, які використовуються для видалення АПФ: замочування, пророщування, кип'ятіння, автоклавування, ферментація, генетичні маніпуляції та інші методи обробки без зміни кормової цінності. Станом на сьогодні живлення водних тварин ферментованими кормами вивчено недостатньо [25], але кілька авторів рекомендували обробку рослинних інгредієнтів шляхом ферментації *in vitro* для зменшення антипоживних факторів і підвищення доступності поживних речовин [7, 54, 56]. На стадії дослідження перебуває біологічний метод детоксикації соєвого шроту з використанням процесу бродіння. Цей метод зумовлює підвищення біодоступності поживних речовин завдяки дії ферментів, що виробляються самими мікроорганізмами [42].

Вченими проведено багато досліджень щодо використання джерел рослинного білка в якості добавки до корму. Багато

Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П. модифікацій було зроблено для нетрадиційних білкових кормів, які досягнення оптимальних показників росту тварин, особливо в галузі аквакультури. Інформація, щодо та наведена у таблиці 1.

1: Дослідження щодо використання нетрадиційних білкових кормів, у годівлі африканського сому, *Clarias gariepinus*.

Основне джерело протеїну	Короткий результат	Джерело
Прісноводні мікрододорості: <i>Spirulina Platensis</i> і <i>Chlorella vulgaris</i>	<i>S. platensis</i> і <i>C. vulgaris</i> можуть покращити ефективність годівлі, а також показники росту та стан здоров'я африканського сома.	[53]
Шрот бамбарського горіху <i>Vambara nut</i>	До 45% вмісту рибного борошна у раціоні <i>Clarias gariepinus</i> можна замінити на шрот бамбарського горіху, що сприяє покращенню показників росту та стану здоров'я.	[70]
Шрот бамбарану <i>Voandzeia subterranea</i> і шрот соєвий <i>Glycine max</i>	Результати показують, що шрот бамбарського горіху може частково замінити рибне борошно та повністю замінити соєвий шрот в раціоні африканського сома.	[71]
Олія ядра кешью, <i>Anacardium occidentale</i>	Як і інші рослинні олії, олія з кісточок кеш'ю може замінити дорогий риб'ячий жир у кормах для риб без негативного впливу на показники їх росту та може знизити собівартість виробництва риби.	[8]
Екстракт листя шовковиці	Екстракт листя шовковиці в концентрації 7 г/кг сухої речовини є потенційною дієтичною антиоксидантною добавкою яка рекомендована для покращення якості м'яса риби.	[58]
Борошно із цвіркунів <i>Gryllus bimaculatus</i>	Раціон, що містить борошно з цвіркунів, забезпечує необхідні показники росту риби.	[68]
Замочений голубиний горіх <i>Sajanus sajan (L.) Millsp.</i>	Замочування насіння <i>S. sajan</i> протягом 24 годин покращувало його поживність, що дозволяло замінити 20% білка сої в раціоні <i>C. gariepinus</i> без негативного впливу на його ріст і використання поживних речовин.	[64]
Підсмажений голубиний горіх <i>Sajanus sajan</i>	Ріст <i>Clarias gariepinus</i> був значно покращений завдяки різним рівням включення підсмаженого <i>S. sajan</i> у раціони; Аналіз витрат показав, що економічно дешевше вирощувати африканського сома, використовуючи підсмажений <i>S. sajan</i>	[63]
Сухі пивні дріжджі <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Ріст риби зменшувався за збільшення частки сухих пивних дріжджів. Найкращий коефіцієнт конверсії корму був отриманий у раціоні без сухих пивних дріжджів.	[62]
Порошок з насіння папаї <i>Carica papaya</i>	Борошном з насіння папаї можна замінити до 80% рибного борошна у раціоні молодняку <i>Clarias gariepinus</i> .	[38]

Раціон на основі нутрощів морської риби	Борошно з нутрощів морської риби може включатись у комбікорми для <i>Clarias gariepinus</i> в кількості до 30%	[49]
Зелені макроводорості <i>Ulva lactuca</i>	Раціони з 20% і 30% зелених макроводоростей (<i>U. lactuca</i>) призвели до зниження використання корму та темпу росту риби порівняно з контролем та групою у складі раціону якої було 10% <i>U. lactuca</i>	[1]
Червоні морські водорості <i>Gracilaria arcuata</i>	Африканські соми, яких годували раціоном з вмістом 20% і 30% червоних морських водоростей (<i>G. arcuata</i>), продемонстрували кращий ріст і використання корму, ніж контрольна та дослідна групи які споживала 0 та 10% екстракту червоних водоростей.	[2]
Борошно з гусениць <i>Cirina butyrospermi</i>	50% рибного борошна можна успішно замінити борошном гусениць <i>Cirina butyrospermi</i> в раціоні молодняку <i>C. gariepinus</i> без негативного впливу на ріст або використання корму. Його використання зумовлює зниження вартості виробництва риби.	[9]
Порошок з листя гарбуза рифленого <i>Telfairia occidentalis</i>	Кормові добавки з порошка листя <i>T. occidentalis</i> покращили ріст, використання корму та виживання молодняку <i>C. gariepinus</i>	[17]
Соевий шрот з шротом з індійського кунжуту <i>Sesamum indicum</i>	Рекомендується включення у раціон <i>Clarias gariepinus</i> до 25% кунжутного шроту, оскільки цей рівень не впливає негативно на здоров'я риб.	[48]
Борошно з насіння кунжуту <i>Sesamum indicum</i> і шрот бамбарану (воандзея підземна)	Собівартість 1 кг виробництва корму збільшилась із включенням насіння кунжуту. Результати показують, що кунжутне насіння та шрот бамбарану окремо або в комбінації є задовільними рослинними білками для риб. Включення кунжутного насіння підвищувало вміст ліпідів в організмі.	[24]
Борошно з листя моринги олійної <i>Moringa oleifera</i>	Гематологічне дослідження показало, що введення 10% борошна з листя <i>M. oleifera</i> в раціон сома (<i>C. gariepinus</i>), не має негативного впливу на кров і сироваткові ферменти.	[22]
М'ясне борошно з ящірки <i>Agama</i>	М'ясне борошно ящірки агами можна додавати на будь-якому рівні, але найкращим є вміст 20%.	[69]
Варений і механічно знежирений кунжут <i>Sesamum indicum</i>	Порівняльні показники використання поживних речовин раціону, росту та відкладення сирого протеїну в туші <i>Clarias gariepinus</i> , яким згодували раціони з 25 і 50% кунжутної макухи/шроту, показали, що ці корми можуть бути ефективним засобом зниження витрат на годівлю риби	[40]
Арахісова макуха	У якості корму для риб рекомендується арахісова макуха з додаванням щонайменше 0,45 кг лізину та метіоніну на кожні 100 кг корму.	[20]
Бамбуковий субстрат	Бамбукові стовпи як субстрат для перифітону є чудовою альтернативою для покращення продуктивності сома в умовах ставка.	[6]

Екстракти мангустіна <i>Garcinia mangostana L.</i>	Згодовування риbam 0,5 % екстракту мангустіну протягом 35 днів не має негативного впливу на ріст і покращує гематологічні показники молоді африканського сома.	[65]
Соевий білковий концентрат	Результати показали, що 75% білка рибного борошна в раціоні сома можна замінити концентратом соєвого білка для підвищення ефективності росту та стану здоров'я.	[27]
Борошнистий черв'як <i>Tenebrio molitor</i>	Борошняний черв'як був прийнятним альтернативним джерелом білка для африканського сома.	[45]

Висновки і перспективи. У галузі аквакультури корми становлять близько 50-60% у структурі собівартості продукції. У кормах для риб поживна цінність раціону залежить від якості білкових інгредієнтів. Протеїн є найдорожчим компонентом кормів для риб, а рибне борошно є основним джерелом білка в кормах для риб. На сьогоднішній день рибне борошно має не тільки високу вартість, але й є обмеженим джерелом, через великий попит на

нього в галузі тваринництва. Одним із альтернативних способів оптимізації росту та стану здоров'я риби є забезпечення її нетрадиційними джерелами протеїну. У перспективі є актуальним дослідження пов'язані із відходами підприємств харчової галузі та сільського господарства, які можуть бути використані як джерела протеїну для аквакультури, з одночасним вирішенням питання безпечності їх утилізації.

Список використаних джерел

1. Abdel-Warith A.-W.A., Younis E.-S. M.I., Al-Asgah N.A. Potential use of green macroalgae *Ulva lactuca* as a feed supplement in diets on growth performance, feed utilization and body composition of the African catfish, *Clarias gariepinus*. Saudi Journal of Biological Sciences. 2016. Vol. 23. №. 3. P. 404-409. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.010>

2. Al-Asgah N.A., Younis E.-S.M., Abdel-Warith A.-W.A., Shamlol F.S. Evaluation of red seaweed *Gracilaria arcuata* as dietary ingredient in African catfish, *Clarias gariepinus*. Saudi Journal of Biological Sciences. 2016. Vol. 23. №. 2. P. 205-210. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.006>

3. Ali M.Z. Dietary protein and energy interactions in African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822): doctoral dissertation / University of Stirling. Stirling, 2001. 273 p.

4. Ali M.Z., Jauncey K. Effect of dietary lipid to carbohydrate ratios in body composition, digestive enzyme activities and blood plasma components in African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Journal of Aquaculture in the Tropics. 2005. Vol. 20. №. 1. P. 57-70.

5. Amaya E., Davis D.A., Rouse D.B. Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 2007. Vol. 262. №. 2-4. P. 419-425. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.001>

6. Amisah S., Adjei-Boateng D., Afianu D. Effects of bamboo substrate and supplementary feed on growth and production of the African catfish, *Clarias gariepinus*. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 2008. Vol. 12. №. 2. P. 25-28. DOI:10.4314/jasem.v12i2.55521

7. Antony U., Chandra T.S. Antinutrient reduction and enhancement in

protein, starch and mineral availability in fermented flour of finger millet (*Eleusine coracana*). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1998. Vol. 46. №. 7. P. 2578-2582. <https://doi.org/10.1021/jf9706639>

8. Anvo M.P.M., Aboua B.R.D., Compaore I, Sissao R., Zoungrana-kabore C.Y., Kouamelan E. P., Toguyeni A. Fish meal replacement by *Cirina butyrospermi* caterpillar's meal in practical diets for *Clarias gariepinus* fingerlings. Aquaculture Research. 2017. Vol. 48. №. 4. P. 5243-5250. <https://doi.org/10.1111/are.13337>

9. Anvo M.P.M., Toguyeni A., Otchoumou A.K., Zoungrana-Kaboré C.Y., Kouamelan E.P. Evaluation of *Cirina butyrospermi* caterpillar's meal as an alternative protein source in *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) larvae feeding. International Journal of Fisheries & Aquatic Studies. 2016. Vol. 4. №. 6. P. 88-94.

10. Atanda A.N. Fish species diversification in Agriculture for the success of the agriculture transformation agenda: The role of tilapia production; Fisheries Society of Nigeria (FISON) annual public lecture, Lagos, Nigeria, 2012. 172 p.

11. Azarm H.M., Lee S.M. Effects of partial substitution of dietary fish meal by fermented soybean meal on growth performance, amino acid and biochemical parameters of juvenile black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. Aquaculture Research. 2014. Vol. 45. P. 994-1003. <https://doi.org/10.1111/are.12040>

12. Bonaldo A., Luca P., Luciana M., Rubina S., Ramon F., et al. Increasing dietary plant proteins affects growth performance and ammonia excretion but not digestibility and gut histology in turbot (*Psetta maxima*) juveniles. Aquaculture. 2011. Vol. 318. №. 1. P. 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.003>

13. Bruton M.N. The food and feeding behavior of *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa, with emphasis on its role as a predator of cichlids. Transactions of the Zoological Society of London. 1979. Vol. 35. P. 47-114. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1979.tb00057.x>

14. Cheng W., Chiu C.S., Guu Y.K., Tsai S.T., Liu C.H. Expression of recombinant phytase of *Bacillus subtilis* E20 in *Escherichia coli* HMS 174 and improving the growth performance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, juveniles by using phytase-pretreated soybean meal - containing diet. Aquaculture Nutrition. 2013. Vol. 19. P. 117-127. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00946.x>

15. Clay D. Population biology, growth and feeding of African catfish (*Clarias gariepinus*) with special reference to juveniles and their importance in fish culture. Archiv fur Hydrobiologie. 1979. Vol. 87. №. 4. P. 453-482.

16. Conceição L.E.C, Ozório R.O.A., Suurd E.A., Verreth J.A.J. Amino acid profiles and amino acid utilization in larval African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects of ontogeny and temperature. Fish Physiology and Biochemistry. 1998. Vol. 19. P. 43-48.

17. Dada A. Use of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*) leaf powder as feed additive in African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. International Journal of Applied Animal Research. 2017. Vol. 45. №. 1. P. 566-569. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1233108>

18. Daniel N. Status of aquaculture with respect to nutrition and feed. International Journal of Fisheries & Aquatic Studies. 2017. Vol. 5. №. 1. P. 333-345.

19. Dauda A.B., Folorunso L.A., Dasuki A. Use of Probiotics for Sustainable Aquaculture Production in Nigeria. Journal of Agriculture & Social Research. 2013. Vol. 13. №. 2. P. 35-45.

20. Davies O.A., Ezenwa N.C. Groundnut cake as alternative protein source in the diet of *Clarias gariepinus* fry. International Journal of Natural Sciences. 2010. Vol. 1. №. 1. P. 73-76.

21. De Francesco M., Parisi G., Médale F., Lupi P., Kaushik S.J., Poli B.M. Effect of long-term feeding with a plant protein mixture-based diet on growth and body/fillet quality traits of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 2004. Vol. 236. №. 1. P. 413-429.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.01.006>

22. Dienne H.E., Olumuji O. K. Growth performance and haematological response of African mud catfish *Clarias gariepinus* fed dietary levels of *Moringa oleifera* leaf meal. Net Journal of Agricultural Science. 2014. Vol. 2. №. 2. P. 79-88.

23. Engin K., Carter C.G. Fish meal replacement by plant and animal by-products in diets for the Australian short-finned eel, *Anguilla australis australis* (Richardson). Aquaculture Research. 2005. Vol. 36. №. 5. P. 445-454. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01224.x>

24. Enyidi U.D., Pirhonen J., Vielma J. Effects of sesame seed meal and bambaranut meal on growth, feed utilization and body composition of juvenile African catfish *Clarias gariepinus*. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 2014. Vol. 13. №. 4. P. 98-1013.

25. Esakkiraj P., Immanuel G., Sowmya S.M., Iyapparaj P., Palavesam A. Evaluation of protease-producing ability of fish gut isolate *Bacillus cereus* for aqua feed. Food Bioprocess Technology. 2009. Vol. 2. №. 4. P. 383-390.

26. Espe M., Lemme A., Petri A., El-Mowafi A. Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in *Atlantic salmon* using plant protein diets. Aquaculture. 2007. Vol. 263. №. 1. P. 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.018>

27. Fagbenro O.A., Davies S.J. Use of high percentages of soy protein concentrate as fish meal substitute in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Journal of Applied Aquaculture. 2004. Vol. 16. №. 1-2. P. 113-124. https://doi.org/10.1300/J028v16n01_10

28. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture-Contributing to food security and nutrition for all. Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: FAO, 2016. 200 p.

29. FAO. Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2015 (Fish stat J). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome: FAO, 2017. 234 p.

30. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome: FAO, 2022. 266 p. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

31. Gemed H. F., Ratta N. Anti-nutritional factors in plant foods: potential health benefits and adverse effects. International Journal of Nutrition and Food Sciences. 2014. Vol. 3. №. 4. P. 284-289.

32. Goda A.M.A.S., Saad A., Wafa M., Sharawy Z. Complete substitution of dietary wheatbran with Duckweed *Lemna* species supplemented with exogenous digestive enzymes for freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) postlarvae /The International Conference and Exposition of Aquaculture Europe 2014. Kursaal in San Sebastian, 2014.

33. Habtamu F.G., Negussie R. Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. International Journal of Nutrition & Food Sciences. 2014. Vol. 3. №. 4. P. 284-289. DOI: 10.11648/j.ijnfs.20140304.18

34. Hamid H., Thakur N.S., Pradeep K. Anti-nutritional factors, their adverse effects and need for adequate processing to reduce them in food. AgricINTERNATIONAL. 2017. Vol. 4. №. 1. P. 56-60. DOI:10.5958/2454-8634.2017.00013.4

35. Hansen A.C., Hemre G., Karlsen Ø., Koppe W., Rosenlund G. Do plant-based diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) need additions of crystalline lysine or methionine? Aquaculture Nutrition. 2011. Vol. 17. №. 2. P. 362-371. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00770.x>

36. Henken A.M., Machiels M.A.M., Dekker W., Hogendoorn H. The effect of dietary protein and energy content on growth rate and feed utilization of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Aquaculture. 1986. Vol. 58. №. 1-2. P. 55-74. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(86\)90156-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(86)90156-0)

37. Huang K., Nitin N. Edible bacteriophage based antimicrobial coating on fish feed for enhanced treatment of bacterial infections in aquaculture industry. Aquaculture. 2019. Vol. 502. P. 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.026>

38. Irabor A.E., Ekokotu P.A., Nwachi O.F. Effects of pawpaw seed powder as an additive on growth of catfish fingerlings reared in an indoor tank. *Journal of Northeast Agricultural University*. 2016. Vol. 23. №. 4. P. 55-60. [https://doi.org/10.1016/S1006-8104\(17\)30007-7](https://doi.org/10.1016/S1006-8104(17)30007-7)
39. Jiang Y., Zhao P.F., Lin S.M., Tang R.J., Chen Y.J., Luo L. Partial substitution of soybean meal with fermented soybean residue in diets for juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquaculture Nutrition*. 2018. Vol. 24. №. 5. P. 1213-1222. <https://doi.org/10.1111/anu.12659>
40. Jimoh W.A., Aroyehun H.T. Evaluation of cooked and mechanically defatted sesame (*Sesamum indicum*) seed meal as a replacer for soybean meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2011. Vol. 11. №. 2. P. 185-190. DOI: 10.4194/trjfas.2011.0202
41. Kerdchuen K. L'alimentation artificielle d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei: Clariidae). Incidence du mode d'alimentation et première estimation des besoins nutritionnels: doctoral dissertation Dissertation Abstract International / University Paris. Paris, 1992. 182 p.
42. Khan A., Ghosh K. Evaluation of phytase production by fish gut bacterium, *Bacillus subtilis* for processing of Ipomea aquatic leaves as probable aquafeed ingredient. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2012. Vol. 22. №. 5. P. 508-519. <https://doi.org/10.1080/10498850.2012.669032>
43. Lund I., Dalsgaard J., Rasmussen H.T., Holm J., Jokumsen A. Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, and the effects on nutrient utilization and fish performance. *Aquaculture*. 2011. Vol. 321. №. 3. P. 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.028>
44. National Research Council. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington DC: National Academy Press, 2011. 392 p.
45. Ng W.K., Liew F.L., Ang L.P., Wong K.W. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*. 2001. Vol. 32. №. 1. P. 273-280. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x>
46. Ng W.K., Lim P.K., Boey P.L. Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle alpha-tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*. 2003. Vol. 215. №. 1-4. P. 229-243. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00067-4)
47. Ng W.K., Wang Y., Ketchimenin P., Yuen K.H. Replacement of dietary fish oil with palm fatty acid distillate elevates tocopherol and tocotrienol concentrations and increases oxidative stability in the muscle of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*. 2004. Vol. 233. №. 1-4. P. 423-437. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.10.013>
48. Ochang S.N., Ugbor O.N., Ezeonwu K.C. Effect of replacement of soybean meal with beniseed (*Sesamum indicum*) meal on the growth and haematology of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Nigerian Journal of Fisheries*. 2014. Vol. 11. №. 1-2. P. 762-769.
49. Oké V., Abou Y., Adité A., Kabré J.A.T. Growth performance, feed utilization and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fed marine fish viscera-based-diet in earthen ponds. *Fish Aquaculture*. 2016. Vol. 7. №. 4. P. 2-7. DOI:10.4172/2150-3508.1000183
50. Pantazis P.A. Protein to energy ratios in African catfish fed purified diets is *Clarias gariepinus* an ordinary carnivore. *Archives of Polish Fisheries*. 2005. Vol. 13. №. 2. P. 157-170.
51. Peres H., Oliva Teles A. The effect of dietary protein replacement by crystalline amino acid on growth and nitrogen utilization of turbot *Scophthalmus maximus* juveniles. *Aquaculture*. 2005. Vol. 250. №. 3-4. P. 755-764. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.046>

52. Pillay T.V.R. *Aquaculture Principles and Practices*. Oxford: Fishing News Books, 1990. 575 p.
53. Raji A.A., Junaid Q.O., Oke M.A., Taufek N.H.M., Muin H., Bakar N.H.A., Alias Z., Milow P., Simarani K., Razak S.A. Dietary *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* effects on survival and haemato-immunological responses of *Clarias gariepinus* juveniles to *Aeromonas hydrophila* infection. *AAFL Bioflux*. 2019. Vol. 12. №. 5. P. 1559-1577.
54. Ramachandran S., Ray A.K. Nutritional evaluation of fermented black gram (*Phaseolus mungo*) seed meal in compound diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. *Journal of Applied Ichthyology*. 2007. Vol. 23. №. 1. P. 74-79. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00772.x>
55. Richter C.J.J. The African catfish, *Clarias lazera* (C. and V.), a new possibility for fish culture in tropical regions? *Miscellaneous papers / Landbouwhogeschool Wageningen*. Vol. 13. P. 51-71.
56. Sahu A.K., Sahoo S.K., Giri S.S. Efficacy of water hyacinth compost in nursery ponds for larval rearing of Indian major carp, *Labeo rohita*. *Bioresource Technology*. 2002. Vol. 85. №. 3. P. 309-311. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00100-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00100-1)
57. Schoonbee H.J. Notes on the food habits of fish in Lake Baberspan, western Transvaal, South Africa. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*. 1969. Vol. 17. №. 2. P. 689-701. <https://doi.org/10.1080/03680770.1968.11895904>
58. Sheikhlar A., Goh Y.M., Alimon R., Ebrahimi M. Antioxidative effects of mulberry foliage extract in African catfish diet. *Aquaculture Research*. 2017. Vol. 48. №. 8. P. 4409-4419. <https://doi.org/10.1111/are.13266>
59. Shimeno S., Mima T., Yamamoto O., Ando Y. Effects of fermented defatted soybean meal in diet on the growth, feed conversion, and body composition of juvenile yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 1993. Vol. 59. №. 11. P. 1883-1888.
60. Shiu Y.L., Wong S.L., Guei W.C., Shin Y.C., Liu C.H. Increase in the plant protein ratio in the diet of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), using *Bacillus subtilis* E20-fermented soybean meal as a replacement. *Aquaculture Research*. 2013. Vol. 46. №. 2. P. 382-394. <https://doi.org/10.1111/are.12186>
61. Soetan K., Oyewol O. The need for adequate processing to reduce the antinutritional factors in plants used as human foods and animal feeds: A review. *African Journal of Food Science*. 2009. Vol. 3. №. 9. P. 223-232.
62. Solomon S.G., Ataguba G.A., Itodo G.E. Performance of *Clarias gariepinus* fed dried brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) slurry in replacement for soybean meal. *Journal of Nutrition & Metabolism*. 2017. Vol. 2017. №. 1. P. 1-8. DOI: 10.1155/2017/8936060
63. Solomon S.G., Okomoda V.T., Oda S.O. Nutritional value of toasted pigeon pea, *Cajanus cajan* seed and its utilization in the diet of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. *Aquaculture Reports*. 2017. Vol. 7. P. 34-39. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.05.005>
64. Solomon S.G., Okomoda V.T., Onah R.E. Nutritional profile of soaked *Cajanus cajan* (L.) Millsp. and its utilization as partial replacement for soybean meal in the diet of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. *Journal of Applied Ichthyology*. 2017. Vol. 33. №. 3. P. 450-457. <https://doi.org/10.1111/jai.13280>
65. Soosean C., Marimuthu K., Sudhakaran S., Xavier R. Effect of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) extracts as a feed additive on growth and hematological parameters of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*. 2010. Vol. 14. №. 7. P. 605-611.
66. Spataru P., Viveen W., Gophen M. Food composition of *Clarias gariepinus* (*Clarias lazera*) (Cypriniformes, Clariidae) in Lake Kinneret (Israel). *Hydrobiologia*. 1987. Vol. 144. P. 77-82.
67. Sun M., Kim Y.C., Okorieo O.E., Lee S., Devnath S., Yoo G., Jo Y.K., Bai S.C.

Use of fermented fisheries by-products and soybean curd residues mixture as a fish meal replacer in diets of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Journal of World Aquaculture Society. 2007. Vol. 38. №. 4. P. 543-549. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00128.x>

68. Taufek N.M., Muin H., Raji A. A., Md Yusof H., Alias Z., Razak S.A. Potential of field crickets meal (*Gryllus bimaculatus*) in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). Journal of Applied Animal Research. 2017. Vol. 46. №. 1. P. 541-546. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1357560>

69. Tihamiyu L.O., Ataguba G.A., Jimoh J.O. Growth Performance of *Clarias gariepinus* Fed Different Level of Agama agama meal diets. Pakistan Journal of Nutrients. 2013. Vol. 12. №. 5. P. 510-515. DOI:10.3923/pjn.2013.510.515

70. Uchechukwu E., Gift O. Effects of Substitution of Fishmeal with Bambaranut Meal on Growth and Intestinal Microbiota of African Catfish (*Clarias gariepinus*). Aquaculture Studies. 2019. Vol. 19. №. 1. P. 09-23. DOI:10.4194/2618-6381-v19_1_02

71. Uchechukwu E., Juhani P., Juhani K., Jouni V. Effect of feed protein: Lipid ratio on growth parameters of African catfish, *Clarias gariepinus* after fish meal substitution in the diet with bambaranut (*Voandzeia subterranea*) meal and soybean (*Glycine max*) meal. Fishes. 2017. Vol. 2. №. 1. P. 2-11. DOI:10.3390/fishes2010001

72. Uys W. Aspects of the nutritional physiology and dietary requirements of juvenile and adult sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces; Clariidae): Doctoral dissertation / Rhodes University. Grahamstown, 1989. 190 p.

73. Uys W., Hecht T. Assays on the digestive enzymes of sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae). Aquaculture. 1987. Vol. 63. №. 1-4. P. 301-313. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90080-9](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90080-9)

74. Uys W., Hecht T., Walters M. Changes in digestive enzyme activities of *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) after feeding. Aquaculture. 1987. Vol. 63. №. 1-4. P.

243-250. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90076-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90076-7)

75. Van Weerd J.H. Nutrition and growth in *Clarias* species – a review. Aquatic Living Resources. 1995. Vol. 8. №. 4. P. 395–401. <https://doi.org/10.1051/alr:1995046>

76. Welker T., Barrows F, Overturf K., Gaylord G., Sealey W. Optimizing zinc supplementation levels of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical type fishmeal-and plant-based diets. Aquaculture nutrition. 2016. Vol. 22. №. 1. P. 91-108. <https://doi.org/10.1111/anu.12232>

77. Wilson R.P., Moreau Y. Nutrient requirements of catfish (Siluroidei). Aquatic Living Resources. 1996. Vol. 9. №. 5. P. 103-111. <https://doi.org/10.1051/alr:1996045>

78. Yamamoto T., Iwashita Y., Matsunari H., Sugita T., Furuita H., Akimoto A., Okamoto K., Suzuki N. Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 2010. Vol. 309. №. 1-4. P. 173–180. DOI:10.1016/j.aquaculture.2010.09.021

79. Yun B., Ai Q., Mai K., Xu W., Qi G., Luo Y. Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high plant protein diets. Aquaculture. 2012. Vol. 324. P. 85-91. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.10.012>

References

1. Abdel-Warith, A.-W.A., Younis, E.-S. M.I., & Al-Asgah, N.A. (2016). Potential use of green macroalgae *Ulva lactuca* as a feed supplement in diets on growth performance, feed utilization and body composition of the African catfish, *Clarias gariepinus*. Saudi Journal of Biological Sciences, 23(3), 404-409. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.010>

2. Al-Asgah, N.A., Younis, E.-S.M., Abdel-Warith, A.-W.A., & Shamlol, F.S. (2016). Evaluation of red seaweed *Gracilaria arcuata* as dietary ingredient in African catfish, *Clarias gariepinus*. Saudi Journal of Biological Sciences, 23(2), 205-210. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.006>

3. Ali, M.Z. (2001). Dietary protein and energy interactions in African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Doctoral dissertation, University of Stirling, 273 pp.
4. Ali, M.Z., & Jauncey, K. (2005). Effect of dietary lipid to carbohydrate ratios in body composition, digestive enzyme activities and blood plasma components in African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 20(1), 57-70.
5. Amaya, E., Davis, D.A., & Rouse, D.B. (2007). Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 262 (2-4), 419-425. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.001>
6. Amisah, S., Adjei-Boateng, D., & Afianu, D. (2008). Effects of bamboo substrate and supplementary feed on growth and production of the African catfish, *Clarias gariepinus*. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 12(2), 25-28. DOI:10.4314/jasem.v12i2.55521
7. Antony, U., & Chandra, T.S. (1998). Antinutrient reduction and enhancement in protein, starch and mineral availability in fermented flour of finger millet (*Eleusine coracana*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(7), 2578-2582. <https://doi.org/10.1021/jf9706639>
8. Anvo, M.P.M., Aboua, B.R.D., Compaore, I., Sissao, R., Zoungrana-kabore, C.Y., Kouamelan, E.P., & Toguyeni, A. (2017). Fish meal replacement by *Cirina butyrospermi* caterpillar's meal in practical diets for *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquaculture Research*, 48(4), 5243-5250. <https://doi.org/10.1111/are.13337>
9. Anvo, M.P.M., Toguyeni, A., Otchoumou, A.K., Zoungrana-Kaboré, C.Y., & Kouamelan, E.P. (2016). Evaluation of *Cirina butyrospermi* caterpillar's meal as an alternative protein source in *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) larvae feeding. *International Journal of Fisheries & Aquatic Studies*, 4(6), 88-94.
10. Atanda, A.N. (2012). Fish species diversification in Agriculture for the success of the agriculture transformation agenda: The role of tilapia production; Fisheries Society of Nigeria (FISON) annual public lecture, Lagos, Nigeria.
11. Azarm, H.M., & Lee, S.M. (2014). Effects of partial substitution of dietary fish meal by fermented soybean meal on growth performance, amino acid and biochemical parameters of juvenile black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. *Aquaculture Research*, 45, 994-1003. <https://doi.org/10.1111/are.12040>
12. Bonaldo, A., Luca, P., Luciana, M., Rubina, S., Ramon, F., et al. (2011). Increasing dietary plant proteins affects growth performance and ammonia excretion but not digestibility and gut histology in turbot (*Psetta maxima*) juveniles. *Aquaculture*, 318(1), 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.003>
13. Bruton, M.N. (1979). The food and feeding behavior of *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa, with emphasis on its role as a predator of cichlids. *Transactions of the Zoological Society of London*, 35, 47-114. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1979.tb00057.x>
14. Cheng, W., Chiu, C.S., Guu, Y.K., Tsai, S.T., & Liu, C.H. (2013). Expression of recombinant phytase of *Bacillus subtilis* E20 in *Escherichia coli* HMS 174 and improving the growth performance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, juveniles by using phytase-pretreated soybean meal - containing diet. *Aquaculture Nutrition*, 19, 117-127. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00946.x>
15. Clay, D. (1979). Population biology, growth and feeding of African catfish (*Clarias gariepinus*) with special reference to juveniles and their importance in fish culture. *Archiv für Hydrobiologie*, 87(4), 453-482.
16. Conceição, L.E.C, Ozório, R.O.A., Suurd, E.A., & Verreth, J.A.J. (1998). Amino acid profiles and amino acid utilization in larval African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects of ontogeny and temperature. *Fish Physiology and Biochemistry*, 19, 43-48.
17. Dada, A. (2017). Use of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*) leaf powder as feed additive in African catfish (*Clarias*

- Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П. *garipepinus*) fingerlings. International Journal of Applied Animal Research, 45(1), 566-569. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1233108>
18. Daniel, N. (2017). Status of aquaculture with respect to nutrition and feed. International Journal of Fisheries & Aquatic Studies, 5(1), 333-345.
19. Dauda, A.B., Folorunso, L.A., & Dasuki, A. (2013). Use of Probiotics for Sustainable Aquaculture Production in Nigeria. Journal of Agriculture & Social Research, 13(2), 35-45.
20. Davies, O.A., & Ezenwa, N.C. (2010). Groundnut cake as alternative protein source in the diet of *Clarias gariepinus* fry. International Journal of Natural Sciences, 1(1), 73-76.
21. De Francesco, M., Parisi, G., Médale, F., Lupi, P., Kaushik, S.J., & Poli, B.M. (2004). Effect of long-term feeding with a plant protein mixture-based diet on growth and body/fillet quality traits of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 236(1), 413-429. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.01.006>
22. Dienenye, H.E., & Olumuji, O.K. (2014). Growth performance and haematological response of African mud catfish *Clarias gariepinus* fed dietary levels of *Moringa oleifera* leaf meal. Net Journal of Agricultural Science, 2(2), 79-88.
23. Engin, K., & Carter, C.G. (2005). Fish meal replacement by plant and animal by-products in diets for the Australian short-finned eel, *Anguilla australis australis* (Richardson). Aquaculture Research, 36(5), 445-454. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01224.x>
24. Enyidi, U.D., Pirhonen, J., & Vielma, J. (2014). Effects of sesame seed meal and bambaranut meal on growth, feed utilization and body composition of juvenile African catfish *Clarias gariepinus*. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 13(4), 998-1013.
25. Esakkiraj, P., Immanuel, G., Sowmya, S.M., Iyapparaj, P., & Palavesam, A. (2009). Evaluation of protease-producing ability of fish gut isolate *Bacillus cereus* for aqua feed. Food Bioprocess Technology, 2(4), 383-390.
26. Espe, M., Lemme, A., Petri, A., & El-Mowafi, A. (2007). Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in *Atlantic salmon* using plant protein diets. Aquaculture, 263(1), 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.018>
27. Fagbenro, O.A., & Davies, S.J. (2004). Use of high percentages of soy protein concentrate as fish meal substitute in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Journal of Applied Aquaculture, 16(1-2), 113-124. https://doi.org/10.1300/J028v16n01_10
28. FAO (2016). The State of World Fisheries and Aquaculture-Contributing to food security and nutrition for all. Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome pp: 200.
29. FAO (2017). Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2015 (Fish stat J). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome.
30. FAO (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. 266 p. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
31. Gemedede, H. F., & Ratta, N. (2014). Anti-nutritional factors in plant foods: potential health benefits and adverse effects. International Journal of Nutrition and Food Sciences, 3(4), 284-289.
32. Goda, A.M.A.S., Saad, A., Wafa, M., & Sharawy, Z. (2014). Complete substitution of dietary wheatbran with Duckweed Lemna species supplemented with exogenous digestive enzymes for freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) postlarvae. In: The International Conference and Exposition of Aquaculture Europe 2014. Kursaal in San Sebastian, SPAIN.
33. Habtamu F.G., & Negussie, R. (2014). Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. International Journal of Nutrition & Food Sciences, 3, (4), 284-289. DOI: 10.11648/j.ijnfs.20140304.18

34. Hamid, H., Thakur, N.S., & Pradeep, K. (2017). Anti-nutritional factors, their adverse effects and need for adequate processing to reduce them in food. *AgricINTERNATIONAL*, 4(1), 56-60. DOI:10.5958/2454-8634.2017.00013.4
35. Hansen, A.C., Hemre, G., Karlsen, Ø., Koppe, W., & Rosenlund, G. (2011). Do plant-based diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) need additions of crystalline lysine or methionine? *Aquaculture Nutrition*, 17(2), 362-371. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00770.x>
36. Henken, A.M., Machiels, M.A.M., Dekker, W., & Hogendoorn, H. (1986). The effect of dietary protein and energy content on growth rate and feed utilization of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*, 58(1-2), 55-74. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(86\)90156-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(86)90156-0)
37. Huang, K., & Nitin, N. (2019). Edible bacteriophage based antimicrobial coating on fish feed for enhanced treatment of bacterial infections in aquaculture industry. *Aquaculture*, 502, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.026>
38. Irabor, A.E., Ekokotu, P.A., & Nwachi, O.F. (2016). Effects of pawpaw seed powder as an additive on growth of catfish fingerlings reared in an indoor tank. *Journal of Northeast Agricultural University*, 23 (4), 55-60. [https://doi.org/10.1016/S1006-8104\(17\)30007-7](https://doi.org/10.1016/S1006-8104(17)30007-7)
39. Jiang, Y., Zhao, P.F., Lin, S.M., Tang, R.J., Chen, Y.J., & Luo, L. (2018). Partial substitution of soybean meal with fermented soybean residue in diets for juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquaculture Nutrition*, 24(5), 1213-1222. <https://doi.org/10.1111/anu.12659>
40. Jimoh, W.A., & Aroyehun H.T. (2011). Evaluation of cooked and mechanically defatted sesame (*Sesamum indicum*) seed meal as a replacer for soybean meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(2), 185-190. DOI: 10.4194/trjfas.2011.0202
41. Kerdchuen, K. (1992). L'alimentation artificielle d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei: Clariidae). Incidence du mode d'alimentation et première estimation des besoins nutritionnels. (Doctoral dissertation University Paris). *Dissertation Abstract International*, 6, 182 pp.
42. Khan, A., & Ghosh, K. (2012). Evaluation of phytase production by fish gut bacterium, *Bacillus subtilis* for processing of Ipomea aquatic leaves as probable aquafeed ingredient. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22(5), 508-519. <https://doi.org/10.1080/10498850.2012.669032>
43. Lund, I., Dalsgaard, J., Rasmussen, H.T., Holm, J., & Jokumsen, A. (2011). Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, and the effects on nutrient utilization and fish performance. *Aquaculture*, 321(3), 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.028>
44. National Research Council (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington DC: National Academy Press, 392 pp.
45. Ng, W.K., Liew, F.L., Ang, L.P., & Wong, K.W. (2001). Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*, 32(1), 273-280. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x>
46. Ng, W.K., Lim, P.K., & Boey, P.L. (2003). Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle alpha-tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*, 215(1-4), 229-243. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00067-4)
47. Ng, W.K., Wang, Y., Ketchimenin, P. & Yuen, K.H. (2004). Replacement of dietary fish oil with palm fatty acid distillate elevates tocopherol and tocotrienol concentrations and increases oxidative stability in the muscle of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*, 233(1-4), 423-437. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.10.013>
48. Ochang, S.N., Ugbor, O.N., & Ezeonwu, K.C. (2014). Effect of replacement of

- soybean meal with beniseed (*Sesamum indicum*) meal on the growth and haematology of African catfish (*Clarias gariepinus*). Nigerian Journal of Fisheries, 11(1-2), 762-769.
49. Oké, V., Abou, Y., Adité, A., & Kabré, J.A.T. (2016). Growth performance, feed utilization and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fed marine fish viscera-based-diet in earthen ponds. Fish Aquaculture, 7(4), 2-7. DOI:10.4172/2150-3508.1000183
50. Pantazis, P.A. (2005). Protein to energy ratios in African catfish fed purified diets is *Clarias gariepinus* an ordinary carnivore. Archives of Polish Fisheries, 13(2), 157-170.
51. Peres, H., & Oliva Teles, A. (2005). The effect of dietary protein replacement by crystalline amino acid on growth and nitrogen utilization of turbot *Scophthalmus maximus* juveniles. Aquaculture, 250(3-4), 755-764. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.046>
52. Pillay, T.V.R. (1990). Aquaculture Principles and Practices. Oxford: Fishing News Books.
53. Raji, A.A., Junaid, Q.O., Oke, M.A., Taufek, N.H.M., Muin, H., Bakar, N.H.A., Alias, Z., Milow, P., Simarani, K., & Razak, S.A. (2019). Dietary *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* effects on survival and haemato-immunological responses of *Clarias gariepinus* juveniles to *Aeromonas hydrophila* infection. AACL Bioflux, 12(5), 1559-1577.
54. Ramachandran, S., & Ray, A.K. (2007). Nutritional evaluation of fermented black gram (*Phaseolus mungo*) seed meal in compound diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. Journal of Applied Ichthyology, 23(1), 74-79. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00772.x>
55. Richter, C.J.J. (1976). The African catfish, *Clarias lazera* (C. and V.), a new possibility for fish culture in tropical regions? Miscellaneous papers / Landbouwhogeschool Wageningen, 13, 51-71.
56. Sahu, A.K., Sahoo, S.K., & Giri, S.S. (2002). Efficacy of water hyacinth compost in nursery ponds for larval rearing of Indian major carp, *Labeo rohita*. Bioresource Technology, 85(3), 309-311. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00100-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00100-1)
57. Schoonbee, H.J. (1969). Notes on the food habits of fish in Lake Baberspan, western Transvaal, South Africa. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 17(2), 689-701. <https://doi.org/10.1080/03680770.1968.11895904>
58. Sheikhlar, A. Goh, Y.M., Alimon, R., & Ebrahimi, M. (2017). Antioxidative effects of mulberry foliage extract in African catfish diet. Aquaculture Research, 48(8), 4409-4419. <https://doi.org/10.1111/are.13266>
59. Shimeno, S., Mima, T., Yamamoto, O., & Ando, Y. (1993). Effects of fermented defatted soybean meal in diet on the growth, feed conversion, and body composition of juvenile yellowtail. Nippon Suisan Gakkaishi. 59(11), 1883-1888.
60. Shiu, Y.L., Wong, S.L., Guei, W.C., Shin, Y.C., & Liu, C.H. (2013). Increase in the plant protein ratio in the diet of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), using *Bacillus subtilis* E20-fermented soybean meal as a replacement. Aquaculture Research, 46(2), 382-394. <https://doi.org/10.1111/are.12186>
61. Soetan K., & Oyewol O. (2009). The need for adequate processing to reduce the antinutritional factors in plants used as human foods and animal feeds: A review. African Journal of Food Science, 3(9), 223-232.
62. Solomon, S.G., Ataguba, G.A., & Itodo, G.E. (2017). Performance of *Clarias gariepinus* fed dried brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) slurry in replacement for soybean meal. Journal of Nutrition & Metabolism, 2017(1), 1-8. DOI: 10.1155/2017/8936060
63. Solomon, S.G., Okomoda, V.T., & Oda, S.O. (2017). Nutritional value of toasted pigeon pea, *Cajanus cajan* seed and its utilization in the diet of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. Aquaculture Reports, 7, 34-39. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.05.005>
64. Solomon, S.G., Okomoda, V.T., & Onah, R.E. (2017). Nutritional profile of soaked *Cajanus cajan* (L.) Millsp. and its utilization as partial replacement for soybean meal in the diet

- Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П. of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(3), 450–457. <https://doi.org/10.1111/jai.13280>
65. Soosean, C., Marimuthu, K., Sudhakaran, S., & Xavier, R. (2010). Effect of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) extracts as a feed additive on growth and hematological parameters of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 14(7), 605-611.
66. Spataru, P., Viveen, W., & Gophen, M. (1987). Food composition of *Clarias gariepinus* (*Clarias lazera*) (Cypriniformes, Clariidae) in Lake Kinneret (Israel). *Hydrobiologia*, 144, 77-82.
67. Sun, M., Kim, Y.C., Okorieo, O.E., Lee, S., Devnath, S., Yoo, G., Jo, Y.K., & Bai, S.C. (2007). Use of fermented fisheries by-products and soybean curd residues mixture as a fish meal replacer in diets of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Journal of World Aquaculture Society*, 38(4), 543-549. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00128.x>
68. Taufek, N.M., Muin, H., Raji, A. A., Md Yusof, H., Alias, Z., & Razak, S.A. (2017). Potential of field crickets meal (*Gryllus bimaculatus*) in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 541–546. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1357560>
69. Tihamiyu, L.O., Ataguba, G.A., & Jimoh, J.O. (2013). Growth Performance of *Clarias gariepinus* Fed Different Level of Agama agama meal diets. *Pakistan Journal of Nutrients*, 12(5), 510-515. DOI:10.3923/pjn.2013.510.515
70. Uchchukwu, E., & Gift, O. (2019). Effects of Substitution of Fishmeal with Bambaranut Meal on Growth and Intestinal Microbiota of African Catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture Studies*, 19(1), 09-23. DOI:10.4194/2618-6381-v19_1_02
71. Uchchukwu, E., Juhani, P., Juhani, K., & Jouni, V. (2017). Effect of feed protein: Lipid ratio on growth parameters of African catfish, *Clarias gariepinus* after fish meal substitution in the diet with bambaranut (*Voandzeia subterranea*) meal and soybean (*Glycine max*) meal. *Fishes*, 2(1), 2-11. DOI:10.3390/fishes2010001
72. Uys, W. (1989). Aspects of the nutritional physiology and dietary requirements of juvenile and adult sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces; Clariidae). (Doctoral dissertation Rhodes University) Grahamstown, South Africa, Rhodes University, 190 pp.
73. Uys, W., & Hecht, T. (1987). Assays on the digestive enzymes of sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae). *Aquaculture*, 63(1-4), 301-313. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90080-9](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90080-9)
74. Uys, W., Hecht, T., & Walters, M. (1987). Changes in digestive enzyme activities of *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) after feeding. *Aquaculture*, 63 (1-4), 243-250. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90076-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90076-7)
75. Van Weerd, J.H. (1995). Nutrition and growth in *Clarias* species – a review. *Aquatic Living Resources*, 8(4), 395–401. <https://doi.org/10.1051/alr:1995046>
76. Welker, T., Barrows, F, Overturf, K., Gaylord, G., & Sealey, W. (2016). Optimizing zinc supplementation levels of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical type fishmeal- and plant- based diets. *Aquaculture nutrition*, 22(1), 91-108. <https://doi.org/10.1111/anu.12232>
77. Wilson, R.P., & Moreau, Y. (1996). Nutrient requirements of catfish (Siluroidei). *Aquatic Living Resources*, 9(5), 103-111. <https://doi.org/10.1051/alr:1996045>
78. Yamamoto, T., Iwashita, Y., Matsunari, H., Sugita, T., Furuita, H., Akimoto, A., Okamoto, K., & Suzuki, N. (2010). Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 309(1-4), 173–180. DOI:10.1016/j.aquaculture.2010.09.021
79. Yun, B., Ai, Q., Mai, K., Xu, W., Qi, G., & Luo, Y. (2012). Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high plant protein diets. *Aquaculture*, 324, 85-91.

NON-TRADITIONAL SOURCES OF PROTEIN IN THE FEEDING OF AFRICAN CATFISH *CLARIAS GARIEPINUS*

R. M. Umanets, L. V. Balanchuk, V. M. Nedashkivskyi, R. A. Chudak,
S. V. Tsap, M. M. Kryvyi, M.P. Koroban

Abstract. *Aquaculture is one of the fastest-growing industries in the world. It supplies half of the world's fish products consumed annually. Therefore, the future global demand can be satisfied only by expanding and intensifying aquaculture production, which, in turn, requires an increase in the production of complete ration compound feeds. This prompts the need to increasingly use alternative feed ingredients to satisfy the significant protein and energy needs of fish, which is a challenge for feed producers on the one hand and a relevant topic for researchers on the other. Currently, unfortunately, there's not enough research on new fish feeds, especially with the possibility of using non-traditional protein sources in compound feeds. It's well known that one of the alternative ways to ensure high productivity and reduce the cost of aquaculture products is to replace fish meal with cheaper vegetable protein. The main problem is to preserve its biological value. Vegetable protein is characterized by a lower content of certain amino acids, including irreplaceable ones, and fish necessity for them in several times higher than warm-blooded animals. Therefore, such a replacement shouldn't lead to a decrease in the biological value of the diet. The article summarizes the results of global scientific research on the possibility of replacing fish meal with various sources of protein in compound feeds for African catfish, *Clarias gariepinus*. The use of alternative protein sources and their replacement of deficient and rather expensive fish meal are now gradually gaining relevance in the aquaculture industry.*

Key words: *aquaculture, fish feeding, African catfish, *Clarias gariepinus*, compound feeds, non-traditional sources of protein*

Корбич Н. М.

УДК 637.623

**ЖИВА МАСА ТА ПОКАЗНИКИ ПРОДУКТИВНОСТІ БАРАНЦІВ
ТАВРІЙСЬКОГО ТИПУ АСКАНІЙСЬКОЇ ТОНКОРУННОЇ ПОРОДИ****Н. М. КОРБИЧ**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<https://orcid.org/0000-0002-0266-8181>*Херсонський державний аграрно-економічний університет**E-mail: nkorbich1@ukr.net*[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.011](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.011)

Анотація. Селекційно-племінна робота з вівцями асканійської тонкорунної породи спрямована на підвищення м'ясної продуктивності, на створення скоростиглих тварин з добре вираженими м'ясними формами та з покращеними якостями мериносової вовни. Метою роботи є виявлення особливостей показників продуктивності баранців таврійського типу асканійської тонкорунної породи з урахуванням їх живої маси та використання одержаних даних під час селекційно-племінної роботи. Для проведення досліджень було скомплектовано групи баранчиків з різними показниками живої маси: I група - жива маса до 65,0 кг; II група - жива маса 66,0-70,0 кг; III група - жива маса 71,0 кг і більше. Загальна кількість дослідного поголів'я склала 45 голів.

Встановлено, що баранці третьої аналізованої групи мали в середньому живу масу 73,0 кг. Їх перевага над баранцями першої групи, з найнижчими показниками живої маси, склала 10,8 кг, що становить 14,8 %. Деяко менші показники переваги за живою масою відмічено між баранцями другої та третьої груп, яка в середньому склала 5,0 кг, або 6,8 %. Вищі показники настригу немитої вовни, виходу митого волокна та настригу митої вовни відмічено також у баранців третьої дослідної групи.

Звернути особливу увагу на покращення таких показників вовнової продуктивності баранців таврійського типу асканійської тонкорунної породи, як густина та тонина вовни, зокрема, у тварин з низькими показниками живої маси, що позитивно вплине на загальний рівень виробництва вовни у господарстві.

Ключові слова: баранчики, вовна, жива маса, настриг немитої вовни, фізико-механічні властивості вовни

Актуальність. Одну з основних проблем сучасності, що ставляться перед агропромисловим комплексом України, становить пошук шляхів і методів збільшення виробництва продуктів харчування, як джерела, що гарантує продовольчу безпеку суспільства [1 с. 27]. Інтенсивність

росту тварин у різні періоди онтогенезу обумовлюють подальшу їх експлуатацію [2, с. 171; 3, с. 158].

Селекційно-племінна робота з вівцями асканійської тонкорунної породи спрямована на підвищення м'ясної продуктивності, на створення скоростиглих тварин з добре

Корбич Н. М.

вираженими м'ясними формами та з покращеними якостями мериносової вовни. Для отримання цінних генотипів різного напрямку продуктивності здійснюються спеціальні підбори батьківських пар за основними селекційними ознаками [4, с. 92; 5, С. 46;].

Аналіз останніх досліджень та їх обговорення. Дослідженнями встановлено, що найвищу живу масу мали баранці лінії 0517 - 76,7 кг, а найнижчу - тварини лінії 375 –72,2 кг. На рівні середнього значення (73,3 кг живу масу мали тварини ліній 227 та 1477. Тобто, стабільні середні показники за живою масою спостерігаються баранчиків-річняків тільки за походженням за лінією 1444. Статевий диморфізм суттєво проявляється в дано-му віці тварин і складає понад 22 %, що закономірно для овець річного віку [6 с. 187].

Одержані результати живої маси всього дослідного поголів'я свідчать, що з віком показники живої маси закономірно збільшуються. Так найвищі показники живої маси мали барани-плідники, які в середньому становили 114,68 кг, різниця із баранчиками склала 39,0 кг, що складає 34,0 %. Різниця за живою масою між вівцематками та ярками була значно меншою і склала 2,9 кг, або 5,0 % [7 с. 172].

Оцінку живої маси у овець таврійського типу асканійської тонкорунної породи різних статеві-вікових груп наведено в роботах

Вовченка Б.О. [8 с. 126], Антонця О.Г. [9, с. 151, 10, с. 147], Яковчука В.С. [11 с. 24] Заруби К.В. [12 с. 53].

Мета дослідження. Метою роботи є виявлення особливостей показників продуктивності баранців таврійського типу асканійської тонкорунної породи з урахуванням їх живої маси та використанням одержаних даних під час селекційно-племінної роботи.

Матеріали і методи дослідження. Аналіз показників проведено за результатами бонітування баранчиків таврійського типу асканійської тонкорунної породи (дані Інституту тваринництва степових районів «Асканія-Нова»). Для проведення досліджень було скомплектовано групи баранчиків з різними показниками живої маси: I група – жива маса до 65,0 кг; II група – жива маса 66,0-70,0 кг; III група – жива маса 71,0 кг і більше. Загальна кількість дослідного поголів'я склала 45 голів. У роботі використано загальноприйняті методи досліджень: зоотехнічні - визначення показників вовнової продуктивності та живої маси; статистичні – для біометричної обробки даних.

Результати дослідження та їх обговорення. Встановлено, що баранці третьої дослідної групи мали в середньому живу масу 73,0 кг. Їх перевага над баранцями першої групи, з найнижчими показниками живої маси, склала 10,8 кг, що

Корбич Н. М.

становить 14,8 %. Дещо нижчі показники переваги за живою масою відмічено між баранцями другої та третьої груп, яка в середньому склала

5,0 кг, або 6,8 %. Перевага баранців другої дослідної групи над першою склала 5,8 кг, що становить 8,5 %(табл. 1).

1. Середні показники живої маси дослідного поголів'я баранців, кг

Показники	Дослідні групи		
	жива маса до 65,0 кг	жива маса 66,0-70,0 кг	жива маса 71,0 кг і більше
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	62,2±1,27	68,0±1,09	73,0±1,00
δ	1,69	1,63	1,15
$C_v, \%$	2,71	2,40	1,58

Дослідне поголів'я баранчиків мали значну перевагу за живою масою порівняно з нормативними вимогами до породи, як для класу еліта так і I класу (відповідно 52 та 48 кг). Так, перевага баранчиків першої дослідної групи, з найнижчою живою масою, склала до тварин класу еліта 10,2 кг, що становить 19,6 % та до тварин I класу – 14,2 кг, що становить 29,5 %. Баранчики третьої дослідної групи, найвищі показники живої маси, мали значно більшу перевагу над мінімальними вимогами, так для класу еліта вона склала 21,0 кг, що становить 40,4 % та для першого класу – 25 кг, або 52,1 %. Баранчики другої групи займали проміжне місце у порівнянні з мінімальними вимогами до породи.

Вовна є основним видом продукції для тонкорунних овець. Оцінка вовнової продуктивності проводиться за кількісними та якісними властивостями.

Встановлено, що вищі показники настригу немітої вовни відмічено у баранців третьої дослідної групи, з найвищою живою масою, який

відповідно склав 7,3 кг. Їх перевага над баранцями першої дослідної групи склала 0,9 кг, що становить 12,3 %. Різниця за настригом немітої вовни між баранцями другої та третьої групи була значно нижчою та склала 0,2 кг, що становить 2,7 %.

Аналіз коефіцієнта мінливості показав, що настриг немітої вовни відноситься до високо мінливої ознаки та характеризує загальний вихід продукції. Тобто, дана ознака має складну генетичну природу і формується під впливом багатьох середовищних та генетичних факторів.

Згідно літературних даних та опису породи у овець асканійської тонкорунної породи вихід митого волокна значно збільшився після схрещування з австралійськими мериносами. Так, він збільшився з 42,0 % до 50-60,0 % [5 с. 148]. Вихід митого волокна в баранців мав оптимальне значення для овець таврійського типу та коливався в межах 50,0-54,8 %.

Аналіз виходу митого волокна в розрізі кожної групи показав, що вищі

Корбич Н. М.

показники спостерігалися в баранців з більшою живою масою (III група) та який у середньому по групі склав 54,8 %. Між дослідними групами баранців значної різниці не виявлено. Так, перевага останніх склала 4,8 % порівняно з баранцями першої групи

та 2,3 % порівняно з баранцями другої дослідної групи.

Настриг митої вовни, ознака яка відноситься до кількісних показників вовнової продуктивності та залежить від генетичних та середовищних факторів (табл. 2).

2. Середні показники настригу митої вовни баранців, кг

Показники	Дослідні групи		
	жива маса до 65,0 кг	жива маса 66,0-70,0 кг	жива маса 71,0 кг і більше
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	3,2±0,46	3,7±0,43	4,0±0,42
δ	0,72	0,59	0,54
$C_v, \%$	22,55	15,87	13,48

Згідно літературних даних настриг митої вовни має високий позитивний кореляційний зв'язок з живою масою овець. Дане твердження підтверджено і одержаними результатами. Тобто, у баранчиків з більшою живою масою (III група) відмічено і вищі настриги митої вовни, які відповідно склали 4,0 кг. Різниця за настригом митої вовни між баранчиками першої та третьої групи становила 0,8 кг, або 20,0 % з перевагою останніх. Перевага баранчиків третьої групи над другою була значно меншою лише 0,3 кг, що становить 7,5 %.

Таким чином, можна стверджувати, що чим більша жива маса баранчиків, тим більші спостерігаються показники настригу митої вовни. Тому рекомендується під час ведення селекційно-плеємної роботи з вівцями таврійського типу звернути особливу увагу на дану закономірність.

Крім встановлення середніх показників настригу митої вовни дослідного поголів'я баранчиків, у роботі проведено порівняльну оцінку одержаних результатів з мінімальними вимогами до породи. Згідно нормативних вимог до баранців таврійського типу асканійської тонкорунної породи настриг митої вовни повинен становити 3,2 кг для тварин класу еліта та 2,8 кг для тварин I класу. У баранців першої групи настриг митої вовни відповідав вимогам класу еліта і становив 3,2 кг, перевага над вимогами до I класу склала 0,4 кг, або 12,5 %.

У баранців другої групи перевага настригу митої вовни над вимогами до класу еліта становила 0,5 кг, або 15,6 % та до I класу, відповідно, 0,9 кг, або 28,1 %. Найвищу різницю за настригом митої вовни з мінімальними вимогами до породи мали баранці третьої групи. Так, їх

Корбич Н. М.

перевага над вимогами до класу еліта становила 0,8 кг, або 25,0 % та до І класу – 1,2 кг, або 37,5 %.

Бажаний тип овець – це тварини міцної конституції, добре пристосовані до природно-господарських умов і відповідають вимогам стандарту породи. Складчастість - це генетично обумовлена ознака, виявляється у кількості складок на різних ділянках тіла вівці, впливає на площу шкіри, густоту вовни і на вовнову продуктивність. Що більша складчастість шкіри, то густіша й коротша вовна. Ця ознака найбільш властива для тонкорунних овець. Незважаючи на різні показники живої маси дослідного поголів'я баранців під час бонітування за тип і складчастість шкіри вони мали 5 балів, тобто баранці мають нормальний запас шкіри (1-2 складки) на шії й дрібні – на тулубі [5].

Результати аналізу густоти вовни показують, що в баранців

3. Середні показники довжини вовни дослідного поголів'я баранців, см

Показники	Дослідні групи		
	жива маса до 65,0 кг	жива маса 66,0-70,0 кг	жива маса 71,0 кг і більше
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	12,6±1,23	13,8±0,86	14,1±1,24
δ	1,62	1,21	1,50
$C_v, \%$	12,94	8,78	10,67

Встановлено, що вищі показники довжин вовни мали баранці з більшою живою масою, яка склала 14,1 см. Їх перевага над баранцями з найменшими показниками живої маси (І група) склала 1,5 см, що становить 10,6 %. Перевага баранців

зустрічається особини з рідкою, задовільною та густою вовною, баранців з дуже густою вовною не виділено. Найбільш густу вовну мають баранці третьої дослідної групи, для яких характерна жива маса більше 71,0 кг, так як у їх групі виділено найбільшу кількість тварин з густою вовною (4 бали) – 30,0 %, решта поголів'я мали задовільну густоту вовни. У баранців першої та другої групи тварин із густою вовною виділено лише по 20,0 % поголів'я, решта мали задовільну густоту вовни. Крім того, у баранців першої групи 10,0 % поголів'я мали рідку і вовну, яка не відповідає стандартам.

Довжина вовни – ознака-формування настригу, яка значною мірою зумовлена спадковістю. Її визначають при бонітуванні на правому боці вівці за лопаткою у лінійних одиницях виміру (см) за 12 місяців росту (табл. 3).

третьої групи над другою, була значно нижчою і склала 0,3 см, що становить 2,1 %. Таким чином, жива маса має позитивний кореляційний зв'язок з довжиною вовни.

Згідно нормативних вимог у баранців таврійського типу в річному

Корбич Н. М.

віці довжина вовни повинна становити для класу еліта - 10,0 см, для тварин I класу – 9,0 см. Таким чином, незважаючи на різні показники живої маси у баранців довжина вовни була значно більшою нормативних вимог до тварин класу еліта, так перевага баранців першої групи склала – 2,6 см, або 26,0 %, другої групи – 3,8 см, або 38,0 % та третьої – 4,1 см, що становить 41,0%. Крім того, встановлено, що мінімальне значення довжини вовни у баранців склало 10,5 см (I група) та максимальне – 16,0 см (III група).

Встановлено, що значної різниці за тониною вовни у дослідного поголів'я не виявлено. Тонина вовни коливалася в середньому від 19,1 до 19,7 мкм. Дані діаметр тонины вовни відноситься до 70 якості. Даний показник тонины говорить про незначне стоншення вовни у баранців, що є результатом схрещування асканійської тонкорунної породи з

австралійськими меринсами. Згідно нормативних вимог у баранців допускається тонина вовни 64-58 якості, тобто одержані данні різняться на одну якість з нормативними вимогами.

Висновки і перспективи.

Оцінка показників м'ясної та вовнової продуктивності баранців показала, що такі показники, як жива маса, настриг митої вовни, вихід митої вовни та довжина були вищими у баранців з більшою живою масою, за типом та складчастістю шкіри, тониною, густиною значної різниці в дослідного поголів'я баранців не виявлено. Тому потрібно звернути особливу увагу на покращення таких показників вовнової продуктивності баранців таврійського типу асканійської тонкорунної породи, як густина та тонина вовни, зокрема, у тварин з низькими показниками живої маси, що позитивно вплине на загальний рівень виробництва вовни.

Список використаних джерел

1. Похил В. І., Миколайчук Л. П. М'ясна продуктивність молодняка овець різного походження. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2020. № 8(1). С. 26–30. doi: 10.32819/2020.81005
2. Ведмеденко О.В. Швидкість росту телиць української чорно-рябої молочної породи, як передумова високої продуктивності. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 120. С. 169-175. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.22>
3. Любенко, О. І., Савко, В. Ю. Резерви збільшення виробництва продукції птахівництва в умовах фермерських господарств. *Таврійський науковий вісник*.

2021. Вип. 121. С. 158-163. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.22>

4. Заруба К. В., Дубинський О. Л., Носкова А. М., Саяхова М. К. Результативність різних варіантів підбору овець асканійської тонкорунної породи. URL: <http://surl.li/ncspg> (дата звернення 13.11.23).

5. Породи і типи овець вітчизняної селекції. Вівчарство України: монографія /за ред. В. М. Іовенка. Київ: Аграрна. наука, 2017. Розділ 2. С. 46–84.

6. Нежлукченко Т. І., Нежлукченко Н. В., Заруба К. В., Рубцов І. О. Формування продуктивних якостей овець асканійської тонкорунної породи таврійського типу

Корбич Н. М.

залежно від походження. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2021. Вип. 4(47). С. 186-190.

7. Корбич Н.М. Взаємозв'язок довжини вовни з показниками продуктивності овець таврійського типу асканійської тонкорунної породи. *Вісник ПДАА*. 2021. № 4. С.171–177.

8. Бакай О.Д., Горб К.В., Вовченко Б.О. Формування м'ясної продуктивності молодняку овець асканійської тонкорунної породи. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 116. Ч1. С. 124-130. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.16>

9. Антонєць, О. Г., Кравченко А. Ф. Продуктивність переярок таврійського типу різних ліній. *Вівчарство та козівництво*. 2015. Вип. 1. С. 147-153.

10. Антонєць, О. Г., Дубинський. О. Л. Динаміка розвитку і м'ясна продуктивність молодняку овець таврійського типу асканійської тонкорунної породи. *Вівчарство та козівництво*. 2017. Вип. 2. С. 148-154.

11. Заруба К.В., Дрозд С.Л. Ріст та розвиток молодняку таврійського типу асканійської тонкорунної породи. *Теорія і практика розвитку вівчарства України в умовах Євроінтеграції: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпро, 20-21 травня 2021 р.)* Дніпро, 2021. С. 52-55.

12. Яковчук В.С., Заруба К.В. Вовнова продуктивність чистопородних та помісних ярок. *Modern ways of solving the problems of science in the world: the VI International Scientific and Practical Conference (Warsaw, Poland, February 13 – 15 2023)*. Poland, 2023. P. 22-28.

References

1. Pokhyl, V. I., Mykolaichuk, L. P. (2020) Miasna produktyvnist molodniaku ovets riznoho pokhodzhennia. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 8(1). 26–30.

2. Vedmedenko, O.V. (2021) Shvydkist rostu telyts ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody, yak peredumova vysokoi produktyvnosti. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 120. 169-175. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.22>

3. Liubenko, O. I., Savko, V. Yu. (2021) Rezervy zbilshennia vyrobnytstva produktsii ptakhivnytstva v umovakh fermerskykh gospodarstv. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 121. 158-163. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.22>

4. Zaruba, K. V., Dubynskyi, O. L., Noskova, A. M., & Saiakhova, M. K. Rezultatyvnist riznykh variantiv pidboru ovets askaniiskoi tonkorunnoi porody. Retrieved from <http://surl.li/ncspg>

5. Iovenka, V. M. (Ed). (2017). *Vivcharstvo Ukrain*. Kyiv: Ahrarna. Nauka.

6. Nezhlukchenko, T. I., Nezhlukchenko, N. V., Zaruba, K. V., & Rubtsov I. O. (2021). Formuvannia produktyvnykh yakosti ovets askaniiskoi tonkorunnoi porody tavriskoho typu zalezno vid pokhodzhennia. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, 4(47). 186-190.

7. Korbych, N.M. (2021) Vzaiemoz'iazok dovzhyny vovny z pokaznykamy produktyvnosti ovets tavriskoho typu askaniiskoi tonkorunnoi porody. *Visnyk PDAА*, 4. 171–177.

8. Bakai, O.D., Horb, K.V., & Vovchenko, B.O. (2020) Formuvannia m'iasnoi produktyvnosti molodniaku ovets askaniiskoi tonkorunnoi porody. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 116, 1. 124-130. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.16>

9. Antonets, O. H., Kravchenko, A. F. (2015) Produktyvnist pereiarok tavriskoho typu riznykh lini. *Vivcharstvo ta kozivnytstvo*, 1. 147-153.

10. Antonets, O. H., Dubynskyi, O. L. (2017) Dynamika rozvytku i miasna produktyvnist molodniaku ovets tavriskoho typu askaniiskoi tonkorunnoi porody. *Vivcharstvo ta kozivnytstvo*. 2. 148-154.

11. Zaruba, K.V., Drozd, S.L. (2021) Rist ta rozvytok molodniaku tavriskoho typu askaniiskoi tonkorunnoi porody. *Teoriia i praktyka rozvytku vivcharstva Ukrainy v umovakh Yevrointehratsii: materialy V Mizhnarodnoi nauково-praktychnoi konferentsii* (pp 52-55) Dnipro.

12. Yakovchuk V.S., Zaruba K.V. (2023) Vovnova produktyvnist chystoporodnykh ta pomisnykh yarak. *Modern ways of solving the problems of science in the world: the VI*

Корбич Н. М.

*International Scientific and Practical Conference (pp 22-28) Poland. Warsaw.***LIVE WEIGHT AND PRODUCTIVITY INDICATORS OF TAVRIAN-TYPE RAMS OF ASKANIYA THIN-CORN BREED****N. M. Korbych**

Abstract. *Breeding and breeding work with sheep of the Askanian thin-fleece breed is aimed at increasing meat productivity, creating precocious animals with well-defined meat forms and improved qualities of merino wool. The purpose of the work is to identify the features of productivity indicators of Taurian rams of the Askanian fine-wool breed, taking into account their live weight and using the obtained data during breeding and breeding work with animals. To conduct research, groups of lambs with different indicators of live weight were assembled: Group I - live weight up to 65.0 kg; II group - live weight 66.0-70.0 kg; III group - live weight of 71.0 kg and more. The total number of experimental livestock was 45 heads.*

The lambs of the third experimental group had a live weight of 73.0 kg. Their advantage over the rams of the first group was 10.8 kg, or 14.8%. The difference between the rams of the second and third groups was 5.0 kg, or 6.8%. A higher shearing of unwashed wool was also noted in the rams of the third group - 7.3 kg. Their advantage over the rams of the first group was 0.9 kg, or 12.3%, and the second 0.2 kg, which is 2.7%. The lambs with a higher live weight (III group) also had a higher cut of washed wool, which, respectively, amounted to 4.0 kg. The yield of washed fiber in rams had an optimal value for sheep of the Taurian type of the Askanian fine-wool breed and ranged from 50.0 to 54.8%. The difference in shearing of washed wool between lambs of the first and third groups was 0.8 kg, or 20.0%. According to such features as length, tone and density of wool, a significant advantage of the experimental stock over the regulatory requirements for the breed was noted.

To pay special attention to the improvement of such parameters of wool productivity of Taurian type rams of the Askanian fine-wool breed, as the density and tone of wool, in particular, in animals with low indicators of live weight, which will positively affect the overall level of wool production in the farm.

Key words: *young rams, wool, live mass, shearing of unwashed wool, physical and mechanical properties of wool*

ВПЛИВ ГЕНОТИПОВИХ ТА ПАРАТИПОВИХ ФАКТОРІВ НА РЕАЛІЗАЦІЮ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРІВ**А. В. ДИМЧУК**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент<https://orcid.org/0000-0002-7749-9327>E-mail: scandinav.23@gmail.com**Л. П. ПОНЬКО**, кандидат сільськогосподарських наук<https://orcid.org/0000-0003-4405-7781>E-mail: ponko_lyuda@ukr.net**Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»**[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.012](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.012)

Анотація. У статті вивчено вплив генотипових та паратипових факторів на молочну продуктивність корів української червоно-рябої молочної породи в умовах ТОВ «АТЗТ Мирне» Кіцманського району Чернівецької області.

У результаті власних досліджень встановлено, що корови різних генеалогічних формувань відрізняються за молочною продуктивністю, що свідчить про їх спадковий вплив. Найвищі показники молочної продуктивності за першу лактацію мали корови лінії Кавалера Рф: надій – 6402,1 кг, молочний жир – 233,9-247,7 кг, молочний білок – 201,3-212,8 кг ($P < 0,05$). Вони переважали своїх ровесниць за надоем на – 101,8-734,9 кг, молочним жиром – 5,0-36,6 кг, молочним білком – 5,3-29,2 кг.

Найвищий надій за третю лактацію мали корови лінії Чіфа – 6193,9 кг. Вони переважали своїх ровесниць за надоем на – 172,5-1436,9 кг, молочним жиром – 11,4-53,0 кг, молочним білком – 7,9-46,9 кг ($P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$).

Встановлено, що найвища молочна продуктивність за 305 днів першої лактації була у дочок бугая Г. Арті Ет Ред Тв Тл Ті (6889,1 кг). Вони переважали своїх ровесниць за надоем, молочним жиром та молочним білком на – 497,0-1974,7, 18,7-78,3, 16,9-68,1 кг відповідно ($P < 0,01$; $P < 0,001$).

Результати наших досліджень, доводять, що молочна продуктивність корів на 11,3-25,4 % залежить від лінії та походження за батьком. Найбільший вплив на продуктивні показники тварин має походження за батьком, його сила впливу на надій складає 25,4 %, вміст жиру та білку в молоці – 16,5-24,3 %.

Ключові слова: корови, молочна продуктивність, генотипові фактори, лінія, батько, сила впливу

Актуальність. Підвищення молочної продуктивності корів до генетично запрограмованого рівня – основне завдання селекціонерів в галузі молочного скотарства. З цією метою розробляють і впроваджують

новітні технології, створюють нові та удосконалюють існуючі породи.

Найбільшого розвитку молочне скотарство набуло в країнах, де поряд із біологічними особливостями худоби враховують комплекс

Димчук А. В., Понько Л. П.

генотипових та фенотипових чинників, які формують молочну продуктивність. Доведено, що молочна продуктивність відноситься до полігенно зумовлених ознак і залежить від багатьох фенотипових чинників та генотипу тварини, тому її підвищення є складним завданням для фахівців [1-7]. Тому, вивчення впливу ряду факторів на молочну продуктивність корів української червоно-рябої молочної породи в умовах конкретного господарства є актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Світовою та вітчизняною практикою доведено, що рентабельність молочного скотарства залежить від продуктивності великої рогатої худоби молочних порід. Інтенсифікація виробництва в молочному скотарстві зумовила нові вимоги до молочних корів, проте найважливішою лишається їх високий рівень продуктивності, а ще придатність до машинного доїння, здатність зберігати високі надої за дворазового доїння, високі технологічність вим'я та відтворювальна здатність, стійкість до захворювань та тривале господарське використання [10].

Численні дослідження вказують на суттєву роль ліній у поліпшенні порід і стад молочної худоби, а саме в передачі цінних властивостей родоначальника групі тварин і здатності у кожному наступному поколінні відтворювати плідників, які

за властивостями не поступаються родоначальнику або навіть переважають його [9].

Удосконалення племінних стад великої рогатої худоби залежить від походження за батьком, тобто генотипу бугая, тому оцінка бугаїв-плідників за продуктивністю дочок та виявлення поліпшувачів, які стійко передають свої цінні ознаки потомству, є одним із найважливіших прийомів удосконалення продуктивних, технологічних і племінних якостей молочної та комбінованої худоби [8].

Мета дослідження. Аналіз впливу генотипових та паратипових факторів на молочну продуктивність корів української червоно-рябої молочної породи в умовах ТОВ «АТЗТ Мирне» Кіцманського району Чернівецької області.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проведені за даними первинного племінного обліку в стаді ТОВ «АТЗТ Мирне» за матеріалами СУМС «Інтесел Орсек».

Результати досліджень опрацьовані методом варіаційної статистики за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням вбудованих статистичних функцій.

Результати дослідження та їх обговорення. Молочна продуктивність корів в стаді ТОВ «АТЗТ Мирне» за 305 днів лактації коливалася в межах 5850,5-6530,4 кг із вмістом жиру в молоці

Димчук А. В., Понько Л. П.

3,82-3,87 % та білку 3,28-3,32 %
(табл. 1).

1. Молочна продуктивність корів у залежності від лактації, $x \pm S.E.$

Лактація	n	Продуктивність за 305 днів лактації:				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочний жир, кг	вміст білку, %	молочний білок, кг
I	533	5850,5±112,4	3,83±0,01	225,3±4,4	3,29±0,01	193,7±3,8
II	328	6028,1±85,1	3,82±0,01	231,8±3,3	3,28±0,01	199,0±2,8
III	251	6070,8±53,7	3,85±0,01	233,5±2,1	3,31±0,01*	200,6±1,8
Вища	533	6530,4±50,3***	3,87±0,01**	252,7±2,0***	3,32±0,01**	217,0±1,7***

* $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,01$ порівняно з показниками першої лактації

Зростання надою від першої до другої лактації становило 177,6 кг, від першої до третьої лактації – 220,3 кг, підвищення надою за третю лактацію у порівнянні з другою незначне і складає 42,7 кг. Збільшення надою від першої до третьої лактації свідчить про проведення роздоювання тварин і відповідність умов середовища у господарстві генетичним задаткам корів [4].

Про вплив ліній у поліпшенні молочної продуктивності великої рогатої худоби вказують багаточисельні дослідження різних науковців [1-6]. За результатами наших досліджень (табл. 2) встановлено, що тварини досліджуваних ліній відрізняються за показниками молочної продуктивності, що свідчить про їх спадковий вплив.

Найвищі показники молочної продуктивності за першу лактацію мали корови лінії Кавалера Рф: надій – 6402,1 кг, молочний жир – 233,9-247,7 кг, молочний білок – 201,3-212,8 кг ($P<0,05$). Вони переважали своїх ровесниць за

надоєм, молочним жиром та молочним білком на – 101,8-734,9 кг, 5,0-36,6 кг та 5,3-29,2 кг відповідно.

Продуктивність корів за другу лактацію була в межах 5652,2-6580,5 кг молока з вмістом жиру та білку – 3,8-3,9 та 3,2-3,3 %. Найкращими показниками молочної продуктивності характеризувалися тварини лінії Хановера Ред, вони переважали своїх ровесниць на 167,7-928,3 кг молока.

Найвищий надій за третю лактацію мали корови лінії Чіфа – 6193,9 кг. Вони переважали своїх ровесниць за надоєм на – 172,5-1436,9 кг, молочним жиром – 11,4-53,0 кг, молочним білком – 7,9-46,9 кг ($P<0,05$; $P<0,01$; $P<0,001$). Найменший надій спостерігався у тварин лінії Кавалера Рф – 4757,0 кг.

За вищу лактацію надій корів української червоно-рябої молочної породи коливався у межах 6183,3-6892,8 кг. Найнижчим він був у тварин лінії Маршала, вони поступалися коровам лінії Чіфа на – 588,3 кг молока, 22,3 – молочного жиру та 19,2 – молочного білку ($P<0,05$).

2. Молочна продуктивність корів залежно від лінії, $x \pm S.E.$

Лінія	n	Продуктивність за 305 днів лактації:				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочний жир, кг	вміст білку, %	молочний білок, кг
I лактація						
Елевейшна	63	6300,3±155,7	3,85±0,01	242,7±6,1	3,29±0,01	207,5±5,2
Кавалера Рф	14	6402,1±326,4*	3,87±0,01	247,7±12,6*	3,33±0,01	212,8±10,6*
Маршала	168	5972,8±101,2	3,86±0,01	230,5±3,9	3,32±0,01	198,2±3,4
Старбака	31	6105,3±164,4	3,82±0,02	233,9±7,2	3,29±0,01	201,3±5,8
Хановера Ред	13	5667,2±249,2	3,72±0,01*	211,1±9,3	3,24±0,01*	183,6±8,0
Чіфа	244	5952,8±152,5	3,84±0,01	229,0±6,0	3,31±0,01	196,9±5,1
II лактація						
Елевейшна	38	5957,8±215,2	3,89±0,01**	231,8±8,5	3,33±0,01**	198,6±7,3
Кавалера Рф	14	6211,5±446,8	3,90±0,01***	241,9±17,3	3,33±0,01**	206,6±14,7
Маршала	120	5652,2±234,9	3,89±0,01**	219,9±9,2	3,34±0,01**	189,0±7,9
Старбака	15	6412,8±249,7	3,87±0,01**	248,1±9,6	3,32±0,01*	212,7±8,2
Хановера Ред	12	6580,5±466,72	3,86±0,01*	253,6±18,1	3,29±0,01	216,8±15,6
Чіфа	129	6106,6±126,2	3,79±0,01	233,4±4,9	3,25±0,01	200,4±4,2
III лактація						
Елевейшна	30	6021,4±489,1	3,77±0,04	226,3±17,6	3,27±0,01	197,0±15,9
Кавалера Рф	8	4757,0±162,1***	3,85±0,06	185,0±7,1***	3,31±0,01	158,0±5,4***
Маршала	104	4924,4±538,4**	3,84±0,04	188,1±20,6**	3,29±0,02	161,6±17,7**
Старбака	9	5659,4±585,8	3,89±0,01***	220,2±22,8	3,33±0,01*	188,4±19,4
Хановера Ред	11	5435,2±649,8*	3,89±0,01***	211,7±25,4*	3,33±0,01*	181,5±21,8*
Чіфа	89	6193,9±100,2	3,79±0,01	238,0±4,0	3,26±0,01	204,9±3,4
Вища лактація						
Елевейшна	63	6580,3±153,5	3,86±0,01	254,3±6,0	3,31±0,01	218,3±5,2
Кавалера Рф	14	6597,1±286,5	3,87±0,01	255,4±11,0	3,32±0,01	219,1±9,3
Маршала	168	6183,3±102,2*	3,87±0,01	239,6±4,0*	3,33±0,01	206,0±3,4*
Старбака	31	6660,5±120,0	3,89±0,01	258,9±5,0	3,32±0,01	221,5±4,1
Хановера Ред	13	6892,8±361,0	3,84±0,01	265,1±14,3	3,30±0,01	227,5±12,3
Чіфа	244	6771,6±83,9	3,87±0,01	261,9±3,3	3,32±0,01	225,2±2,8

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,01$ порівняно з лінією Чіфа

Удосконалення племінних стад молочної худоби залежить від походження за батьком, тому оцінка бугаїв-плідників за продуктивністю дочок та виявлення поліпшувачів, які стійко передають свої цінні ознаки нащадкам, є одним із найважливіших прийомів удосконалення

продуктивних, технологічних і племінних якостей молочних корів [8].

Найбільш чисельними є нащадки використовуваних в останні роки бугаїв-плідників Матрікс Ет Ред Тв Тл Тд Ті (лінія Маршала) – 168 дочок, Г. Арті Ет Ред Тв Тл Ті та Г. Б. Акіол

Димчук А. В., Понько Л. П.

Ред Тв Тл Тд Ті (лінія Чіфа) відповідно – 95 та 72 дочки (табл. 3).

Встановлено, що найвища молочна продуктивність за 305 днів першої лактації була у дочок бугая Г. Артї Ет Ред Тв Тл Ті (6889,1 кг). Вони переважали своїх ровесниць за надоем, молочним жиром та молочним білком відповідно на – 497,0-1974,7, 18,7-78,3, 16,9-68,1 кг ($P<0,01$; $P<0,001$).

З вищу лактацію, найкращими показниками молочної продуктивності характеризувалися дочки бугая Г. Артї Ет Ред Тв Тл Ті (7072,4 кг). Найменші показники спостерігалися у дочок Матрікс Ет Ред Тв Тл Тд Ті (6183,3 кг), вони поступалися своїм ровесницям за надоем на – 889,1 кг, молочним жиром на – 34,9 кг та молочним білком на – 30,2 кг ($P<0,001$).

3. Молочна продуктивність корів залежно від походження за батьком, $x \pm S.E.$

Батько	Лінія	n	Продуктивність за 305 днів лактації:				
			надій, кг	вміст жиру, %	молочний жир, кг	вміст білку, %	молочний білок, кг
1	2	3	4	5	6	7	8
I лактація							
Л.Сурвікор Ред Тв Тл Тд Ті	Елевейшна	63	6300,3± 155,7**	3,85± 0,01	242,7± 6,1**	3,29± 0,01	207,5± 5,2**
Арсенал Ред	Кавалера Рф	14	6402,1± 326,4**	3,87± 0,01*	247,7± 12,6**	3,33± 0,01*	212,8± 10,6**
Матрікс Ет Ред Тв Тл Тд Ті	Маршала	168	4924,4± 538,4***	3,86± 0,01	188,1± 20,6***	3,32± 0,01*	161,6± 17,7***
Іллегал Ред Тв Тл Тд Ті	Старбака	31	6105,3± 164,4***	3,82± 0,02	233,9± 7,2***	3,29± 0,01	201,3± 5,8***
Белісар Ет Ред Тв Тл	Хановера Ред	13	5667,2± 249,2***	3,72± 0,02**	211,1± 9,3***	3,24± 0,01	183,6± 8,0***
Г. Артї Ет Ред Тв Тл Ті	Чіфа	95	6899,1± 140,4	3,86± 0,01	266,4± 5,6	3,33± 0,01*	229,7± 4,8
Г. Б. Акіол Ред Тв Тл Тд Ті		72	6038,1± 165,5	3,84± 0,01	232,4± 6,5	3,31± 0,01	199,9± 5,7
Джорнадо Ред Ет Тв		38	5162,7± 239,7	3,61± 0,14	196,6± 9,2	3,06± 0,12	167,0± 7,8
Е.Мелвін Ет Ред Тв Тл Ті		39	5745,8± 268,9	3,70± 0,11	218,5± 10,7	3,21± 0,09	189,6± 9,1
II лактація							
Л.Сурвікор Ред Тв Тл Тд Ті	Елевейшна	38	5957,8± 215,2	3,89± 0,01***	231,8± 8,5	3,33± 0,01**	198,6± 7,3
Арсенал Ред	Кавалера Рф	14	6211,5± 446,8	3,90± 0,01***	241,9± 17,3	3,33± 0,01**	206,6± 14,7
Матрікс Ет Ред Тв Тл Тд Ті	Маршала	120	5652,2± 234,9	3,89± 0,01***	219,9± 9,2	3,34± 0,01***	189,0± 7,9
Іллегал Ред Тв Тл Тд Ті	Старбака	15	6412,8± 249,7	3,87± 0,01	248,1± 9,6	3,32± 0,01*	212,7± 8,2

Димчук А. В., Понько Л. П.

Продовження таблиці 3							
1	2	3	4	5	6	7	8
Белісар Ет Ред Тв Тл	Хановера Ред	12	6580,5± 466,7	3,86± 0,01	253,6± 18,1	3,29± 0,01	216,8± 15,6
Г. Артї Ет Ред Тв Тл Тї	Чіфа	40	6120,1± 255,7	3,88± 0,01	237,5± 10,0	3,32± 0,01	203,0± 8,5
Г. Б. Акіол Ред Тв Тл Тд Тї		33	6314,8± 233,4	3,84± 0,01	242,6± 9,1	3,29± 0,01	207,9± 8,0
Джорнадо Ред Ет Тв		38	6093,2± 179,9	3,75± 0,01	229,0± 7,0	3,25± 0,01	197,9± 5,9
Е.Мелвін Ет Ред Тв Тл Тї		18	5723,2± 445,9	3,57± 0,22	216,8± 17,2	3,07± 0,19	186,3± 14,7
ІІІ лактація							
Л.Сурвікор Ред Тв Тл Тд Тї	Елевейшна	30	6021,4± 489,1	3,77± 0,01*	226,3± 17,6	3,27± 0,01	197,0± 15,9
Арсенал Ред	Кавалера Рф	8	4757,0± 156,2***	3,85± 0,06	185,0± 5,9***	3,31± 0,01	158,0± 3,2***
Матрікс Ет Ред Тв Тл Тд Тї	Маршала	104	5972,8± 101,2	3,84± 0,04	230,5± 3,9	3,29± 0,02	198,2± 3,4
Іллегал Ред Тв Тл Тд Тї	Старбака	9	5659,4± 585,8	3,89± 0,01	220,2± 22,8	3,33± 0,01	188,4± 19,4
Белісар Ет Ред Тв Тл	Хановера Ред	11	5435,2± 649,8	3,89± 0,01	211,7± 25,4	3,33± 0,01	181,5± 21,8
Г. Артї Ет Ред Тв Тл Тї	Чіфа	14	6213,9± 441,3	3,88± 0,01	240,9± 16,9	3,31± 0,01	205,6± 14,4
Г. Б. Акіол Ред Тв Тл Тд Тї		21	5934,3± 261,1	3,85± 0,01	228,9± 10,5	3,29± 0,01	196,0± 9,1
Джорнадо Ред Ет Тв		38	5890,1± 240,9	3,84± 0,02	226,1± 9,3	3,31± 0,01	195,1± 8,1
Е.Мелвін Ет Ред Тв Тл Тї		16	5897,3± 418,6	3,81± 0,02	225,6± 16,3	3,30± 0,01	194,6± 13,9
Вища лактація							
Л.Сурвікор Ред Тв Тл Тд Тї	Елевейшна	63	6580,0± 153,5*	3,86± 0,01	254,3± 6,0*	3,31± 0,01	218,3± 5,2*
Арсенал Ред	Кавалера Рф	14	6597,1± 286,5	3,87± 0,01	255,4± 11,0	3,32± 0,01	219,1± 9,3
Матрікс Ет Ред Тв Тл Тд Тї	Маршала	168	6183,3± 102,2***	3,87± 0,01	239,6± 4,0***	3,33± 0,01	206,0± 3,4***
Іллегал Ред Тв Тл Тд Тї	Старбака	31	6660,5± 120,0*	3,89± 0,01	258,9± 5,0*	3,32± 0,01	221,5± 4,1*
Белісар Ет Ред Тв Тл	Хановера Ред	13	6892,8± 361,0	3,84± 0,01	265,1± 14,3	3,30± 0,01	227,5± 12,3
Г. Артї Ет Ред Тв Тл Тї	Чіфа	95	7072,4± 133,2	3,88± 0,01	274,5± 5,2	3,34± 0,01	236,2± 4,5
Г. Б. Акіол Ред Тв Тл Тд Тї		72	6635,7± 160,6	3,87± 0,01	257,2± 6,3	3,33± 0,01	221,1± 5,4
Джорнадо Ред Ет Тв		38	6645,8± 158,2	3,81± 0,01	253,2± 6,3	3,28± 0,01	218,3± 5,4
Е.Мелвін Ет Ред Тв Тл Тї		39	6399,6± 240,9	3,87± 0,01	248,1± 9,5	3,32± 0,01	212,4± 8,2

* P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001

Науковці стверджують [2-6], що показники молочної продуктивності тварин в значній мірі залежать від

впливу генотипових факторів. Так, результати наших досліджень, доводять, що молочна продуктивність

Димчук А. В., Понько Л. П.

корів на 11,3-25,4 % залежить від лінії та походження за батьком (табл. 4).

4. Сила впливу генотипових факторів на молочну продуктивність корів (n=533)

Фактор впливу	Сила впливу (%) на:				
	надій	вміст жиру	кількість молочного жиру	вміст білку	кількість молочного білку
Лінія	21,2	11,3	16,3	11,5	12,1
Походження за батьком	25,4	16,5	21,1	24,3	16,4

Найбільший вплив на продуктивні показники тварин має походження за батьком, його сила впливу на надій складає 25,4 %, вміст жиру та білку в молоці – 16,5-24,3 %. Належність до лінії посідає друге місце, її вплив на вище згадані показники молочної продуктивності становить 21,2, 11,3 та 11,5 %.

Висновки і перспективи.

1. У результаті проведених досліджень доведено, що показники молочної продуктивності корів української червоно-рябої молочної породи залежать на 11,3-25,4 % від генотипових факторів.

Список використаних джерел

1. Базишина І. В. Формування господарськи корисних ознак молочної худоби в залежності від походження за батьком, лінії та спорідненої групи. Розведення і генетика тварин. Київ, 2017. Вип. 53. С. 69–78. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rgt_2017_53_11

2. Башенко М. І., Бойко О. В., Гончар О. Ф., Сотніченко Ю. М., Ткач Є.Ф. Вплив генотипових і паратипових факторів на продуктивність молочної худоби. Вісник аграрної науки. 2020. № 3 (804). С. 55–

2. Встановлено, що найбільший вплив на продуктивні показники тварин має походження за батьком, його сила впливу на надій складає 25,4 %, вміст жиру та білку в молоці – 16,5-24,3 %. Належність до лінії посідає друге місце, її вплив на вище згадані показники молочної продуктивності становить 21,2, 11,3 та 11,5 %.

3. Перспективи подальших досліджень. У подальшому дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу інших генотипових та паратипових факторів, що впливають на молочну продуктивність корів.

60. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202003-08>

3. Ведмеденко О. В. Вплив генотипових та паратипових факторів на молочну продуктивність корів. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Кам'янець-Подільський, 2019. Вип. 30. С. 31–38.

4. Ведмеденко О. В. Молочна продуктивність корів залежно від різних факторів. Таврійський науковий вісник 2019. № 107. С. 199–204. DOI:10.32851/2226-0099.2019.107.27

5. Войтенко С. Л., Карунна Т. І., Шаферівський Б. С., Желізняк І. М. Вплив

Димчук А. В., Понько Л. П.

генотипових та паратипових факторів на реалізацію молочної продуктивності корів / Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво». 2019. Вип. 1-2 (36-37). С. 21–26. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2019.1-2.3

6. Димчук А. В., Понько Л. П. Вплив генотипових і фенотипових чинників на молочну продуктивність корів. Наукові доповіді НУБіП України. 2022. 4(98). С. 140–147. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2022.04.008>

7. Піддубна Л. М., Захарчук Д. В., Корнійчук Д. О. Оцінка впливу комплексу факторів на молочну продуктивність корів. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.2.17>

8. Підпала Т. В., Бондар С. О. Успадкування селекційних ознак потомством бугаїв-плідників голштинської породи. Розведення і генетика тварин. 2017. Вип.53. С.173–178.

9. Порівняльна характеристика молочної продуктивності корів українських червоно-рябої, чорно-рябої молочних та голштинської порід у ДПДГ «Олександрівське» / М. В. Гладій та ін. Розведення і генетика тварин. 2016. Вип. 52. С. 6–12.

10. Українська червоно-ряба молочна порода. Селекційні, генетичні та біотехнологічні методи удосконалення і збереження генофонду порід сільськогосподарських тварин / за ред. М. В. Гладія, Ю. П. Полупана. ІРГТ ім. М. В. Зубця НААН. Полтава: Техсервіс, 2018. С. 209–253.

References

1. Bazyshyna I. V (2017). Formuvannya hospodarsky korysnykh oznak molochnoi khudoby v zalezhnosti vid pokhodzhennia za batkom, liniu ta sporidnenoii hrupu. Rozvedennia i henetyka tvaryn. Kyiv. Vyp. 53. S. 69–78. Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rgt_2017_53_11

2. Bashchenko M. I., Boiko O. V., Honchar O. F., Sotnichenko Yu. M., Tkach Ye. F. (2020). Vplyv henotypovykh i paratypovykh faktoriv na produktyvnist molochnoi khudoby. Visnyk ahrarynoi nauky. № 3 (804). S. 55–60.

DOI:

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202003-08>

3. Vedmedenko O. V. (2019). Vplyv henotypovykh ta paratypovykh faktoriv na molochnu produktyvnist koriv. Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika. Kamianets-Podilskyi, Vyp. 30. S. 31–38.

4. Vedmedenko O. V. (2019). Molochna produktyvnist koriv zalezhno vid riznykh faktoriv. Tavriiskyi naukovyi visnyk. № 107. S. 199–204. DOI:10.32851/2226-0099.2019.107.27

5. Voitenko S. L., Karunna T. I., Shaferivskyi B. S., Zhelizniak I. M. (2019). Vplyv henotypovykh ta paratypovykh faktoriv na realizatsiiu molochnoi produktyvnosti koriv / Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Seriiia «Tvarynnytstvo». Vyp. 1-2 (36-37). S. 21–26. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2019.1-2.3

6. Dymchuk A. V., Ponko L. P. (2022). Vplyv henotypovykh i fenotypovykh chynnykiv na molochnu produktyvnist koriv. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. 4(98). S. 140–147. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2022.04.008>

7. Pidubna L. M., Zakharchuk D. V., Korniiichuk D. O. (2021). Otsinka vplyvu kompleksu faktoriv na molochnu produktyvnist koriv. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Seriiia «Tvarynnytstvo», vypusk 2 (45). S. 113–120.

8. Pidpala T. V., Bondar S. O. (2017). Uspadkuvannya selektsiinykh oznak potomstvom buhaiv-plidnykiv holshtynskoi porody. Rozvedennia i henetyka tvaryn. Vyp.53. S.173–178.

9. Porivnialna kharakterystyka molochnoi produktyvnosti koriv ukrainskykh chervono-riaboi, chorno-riaboi molochnykh ta holshtynskoi porid u DPDH «Oleksandrivske» / M. V. Hladii ta in. Rozvedennia i henetyka tvaryn. 2016. Vyp. 52. S. 6–12.

10. Ukrainka chervono-riaba molochna poroda. Seleksiini, henetychni ta biotekhnolohichni metody udoskonalennia i zberezhenia henofondu porid silskohospodarskykh tvaryn / za red. M. V. Hladiia, Yu. P. Polupana. IRHT im. M. V.

**INFLUENCE OF GENOTYPE AND PARATYPE FACTORS ON THE
REALIZATION OF MILK PRODUCTIVITY OF COWS****A. Dymchuk, L. Ponko**

Abstract. *The article examines the influence of genotypic and paratype factors on the milk productivity of cows of the ukrainian red-spotted dairy breed in the conditions of LLC ATZT Myrne"of the Kitsman district of the Chernivtsi region.*

As a result of own research, it was established that cows of different genealogical formations differ in milk productivity, which indicates their hereditary influence. Cows of the Cavalier Rf line had the highest indicators of milk productivity during the first lactation: hope – 6402.1 kg, milk fat – 233.9-247.7 kg, milk protein – 201.3-212.8 kg ($P<0.05$). They exceeded their peers in milk yield by 101.8-734.9 kg, milk fat by 5.0-36.6 kg, milk protein by 5.3-29.2 kg.

Cows of the Chief line had the highest hope for the third lactation – 6193.9 kg. They exceeded their peers in milk yield by 172.5-1436.9 kg, milk fat by 11.4-53.0 kg, milk protein by 7.9-46.9 kg ($P<0.05$; $P<0.01$; $P<0.001$).

It was established that the highest milk yield in 305 days of the first lactation was in the daughters of the bull G. Arti Et Red Tv Tl Ti (6889.1 kg). They exceeded their peers in terms of milk yield, milk fat and milk protein by – 497.0-1974.7, 18.7-78.3, 16.9-68.1 kg, respectively ($P<0.01$; $P<0.001$).

The results of our research prove that the milk productivity of cows depends on the line and origin of the father by 11.3-25.4 %. The greatest influence on productive indicators of animals is the origin of the father, its power of influence on fertility is 25.4 %, the content of fat and protein in milk is 16.5-24.3 %.

Key words: *cows, milk productivity, genotypic factors, line, sire, strength of influence*

ЗАСТОСУВАННЯ ВЕРМИГУМУСУ У ГОДІВЛІ СВИНЕЙ**В. І. МАСЛОВ¹**, здобувач, керівник департаменту тваринництва ТОВ

«Агропрайм Холдинг» Одеської області

<https://orcid.org/0009-0000-5919-7950>**Інститут свинарства і АПВ НААН**E-mail: v.maslov@agroprime.com.ua[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.013](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.013)

Анотація. У роботі проведено аналіз нового способу відгодівлі молодняку свиней шляхом введення в раціон біологічно активної добавки – вермигумусу, який є продуктом переробки гною свиней каліфорнійськими черв'яками.

Молодняк дослідних груп крім стандартного раціону споживав вермигумус у дозі 130, 180, 230 г на голову на добу. Молодняк контрольної групи споживав стандартний комбікорм. Встановлено, що введення вермигумусу в раціон молодняку свиней покращив їх відгодівельні показники. Зокрема, молодняк другої і третьої дослідних груп перевершував контрольних аналогів за живою масою в кінці відгодівлі відповідно на 3,73 і 5,53 %. У молодняку другої і третьої дослідних груп також була вища енергія росту відповідно на 4,80 і 7,40 % і краща оплата корму на 0,43 і 071 кг.

За довжиною півтуші молодняк 3 дослідної групи не вірогідно переважав аналогів контрольної групи. У 2 і 3 дослідних груп були меншими товщина шпигу на рівні 6-7 грудного хребця (на 5,85-7,50). Вони переважали контрольних аналогів і за площею м'язового вічка (на 2,83-5,45 %). Маса задньої третини півтуші та вміст м'яса в туші була найвищою у молодняку 3 дослідної групи (відповідно на 7,85 % і 4,91 %), а вміст сала у неї був меншим за контрольну (на 14,52 %). Найменша товщина шпигу на рівні 6-7 грудного хребця, а також вміст сала в туші був у молодняку третьої дослідної групи. Серед показників фізико-хімічних властивостей м'язової тканини молодняку свиней піддослідних груп не виявлено статистично вірогідних відмінностей.

Проте спостерігається певна тенденція до зниження таких показників як рівень кислотності, ніжність та втрат при кулінарній обробці і підвищення вологоутримуючої здатності та інтенсивності окраски у молодняку контрольної групи. Проведена дегустаційна оцінка виявила незначні відмінності серед піддослідних тварин. Відносна кількість лімфоцитів (% від загальної кількості лейкоцитів) у свиней, які отримували вермигумус, була вищою (на 4,44-6,66 % $P < 0,05$), ніж у аналогів, яких годували звичайним комбікормом, що свідчить про поліпшення резистентності тварин. Збагачення раціону молодняку свиней вермигумусом як біологічно активної добавки сприяло покращенню відгодівельних і м'ясних якостей та забезпечує отримання додаткової основної продукції у розмірі 320,38-354,34 грн на одну голову.

Ключові слова: вермикультура, вермигумус, молодняк свиней, відгодівля продуктивність, відгодівельні і м'ясні властивості, дегустаційна оцінка

¹ Науковий керівник - доктор сільськогосподарських наук, професор В. О. Іванов

Актуальність. Одним із найкращих способів переробки відходів агропромислового комплексу, на думку багатьох дослідників являється вермикомпостування оскільки воно пропонує екологічно та економічно обґрунтовану стратегію отримання вермигумусу – ефективного продукту екстра-класу, збагаченого всіма видами біологічно активними сполуками, сприяє поліпшенню екологічного стану довкілля сільськогосподарських господарств [8, 10, 12].

Вермигумус являється продуктом життєдіяльності дощових черв'яків (вермикультури), який використовують як органічне добриво. Однією із особливостей вермигумусу є те, що він значно зменшує викиди забруднюючих газів, таких як сірководень і аміак [1].

У науковій літературі появились повідомлення щодо використання вермикомпосту і вермикультури (вермиборошно) у тваринництві як джерела амінокислот, мікроелементів, вітамінів і білка [2, 5, 10, 12, 13]. Однак вони не повністю розкривають широту біологічного потенціалу дії вермигумусу на організм свиней.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Котляр О.С [3, 4] рекомендує згодовувати відлученим поросят, ремонтним свинкам і підсисним свиноматкам борошно із біомаси черв'яків (ББЧ). Автор

рекомендує на одну голову поросят масою 8-10; 10-12; 12-14; 14-16; 16-18; 18-20 кг щоденно згодовувати 28, 54, 38, 42, 37, 47 г відповідно борошна із біомаси черв'яків. Ремонтним свинкам (до живої маси 110 кг) за літній період вирощування автор рекомендує згодовувати ББЧ в середньому 8,42 кг/гол. В зимовий період вирощування дача ББЧ збільшується до 9,41 кг/гол. Молодим підсисним свиноматкам при терміні відлучення поросят у 26 днів рекомендується згодовувати ББЧ у кількості 14,93 кг на голову

Підсисним свиноматкам живою масою 180-200 кг рекомендується згодовувати 14,49 кг ББЧ на голову при терміні відлучення поросят у віці 26 днів. Підсисним свиноматкам меншою живою масою при терміні відлучення поросят у віці 26 днів рекомендується згодовувати 15,32 кг на голову. Однак результатів впливу борошна із вермикультури на продуктивність свиней автор не наводить.

Шаталін Д.Б. [5] встановив, що вуглеводно-білкова добавка (РВБД), яку автор отримав внаслідок вермикультивування при додаванні у раціон свиней, зменшує витрати кормів на приріст одиниці живої маси на 12–15 %. Додавання у раціон підсисних свиноматок (РВБД), призводить до збільшення виживання поросят у гнізді. Годування поросят-сисунів кормом з (РВБД), збільшує їх потенціал росту і суттєво впливає на

Маслов В. І.

чисельність тварин у гнізді при відлученні, та спричиняє помірне зростання енергії росту. Отриманий позитивний ефект залежить від гумінових кислот, які входять до складу вермигумусу.

Зарубіжні автори свідчать про те, що введення гумінових кислот у раціон тварин призводить до активації їх життєвих сил, швидкої адаптації до умов навколишнього середовища, що змінюються, прискорення ферментації кормів за рахунок розвитку корисної мікрофлори шлунково-кишкового тракту, рiстстимулюючої та iмуномодулюючої дії.

Група зарубіжних вчених вивчала вплив додаткових гумінових речовин в раціоні свиней на відгодівельні і м'ясні якості свиней та їх гематологічні показники. Вони встановили, що гумінова кормова добавка поліпшила показники росту, якість м'яса та характеристики крові [14].

В основі діючої речовини лежить складна комбінація фолієвої і гумінової кислот, які утворюють біодоступний комплекс направлений на оздоровлення живого організму. Його цінність обумовлена наявністю понад 70 різних компонентів з мінералів, понад 20 амінокислот, вітамінів, природних полісахаридів, стеринів, гормонів, жирних кислот, рослинних пігментів (флавоноїди), природних антиоксидантів (катехіни). У складі даного комплексу виявлені

нестероїдні фітоестрагени натурального походження - ізофлавоноїди, а також хінони, що мають властивості антибіотиків, та інші корисні компоненти. Така концентрація біологічно активних речовин обумовлює різноманітність позитивного впливу гумінових кислот на живі організми [9]. Детальніше механізм дії гумінових речовин повідомляють американські вчені. Автори підтверджують підвищену захисну дію гумінових речовин на слизову оболонку травної системи, їх антиоксидантні властивості, імуномодулюючі та протизапальні властивості. Гумінові речовини попадаючи у шлунково-кишковий тракт стимулюють утворення муцину, який завдяки колоїдним властивостям утворює захисний бар'єр на епітелію слизової оболонки. Гумінові речовини також сприяють розвитку пробіотичної мікробіоти та позитивним змінам у моделях бактеріальної ферментації, що призводить до покращення здоров'я та цілісності кишечника.

У результаті в організмі з'являється цілий каскад корисних властивостей, які підсилюють реакції антиоксидантного захисту, імуномодуляцію та протизапальні механізми, а також покращують ефективність використання поживних речовин. Слід зазначити, що кінцеві молекулярні механізми дії гумінових речовин як у кишечнику так і в усьому

Маслов В. І.

організмі залишаються невідомими [6].

Отже, слід вважати, що застосування продукції вермифтехнології може вирішити низку актуальних проблем. Це утилізація гною шляхом вермикомпостування, отримання кормової добавки для вирощування молодняку свиней, що може забезпечити здійснення рециклінгу та диверсифікацію виробництва.

Мета досліджень – розробити спосіб застосування вермигумусу при відгодівлі свиней в умовах свинокомплексу.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили на базі ТОВ «Агропрайм Холдинг» Одеської області на три-породному гібридному молодняку свиней, який було отримано від термінальних кнурів (1/2 п'єтрен +1/2 дюрк). Схема досліду наведена у табл. 1.

1. Схема годівлі піддослідного молодняку свиней

Група	n	Умови годівлі молодняку
Контрольна	30	Стандартний комбікорм за існуючими нормами
1-дослідна	30	Стандартний комбікорм + вермигумус (130 г на голову на добу)
2-дослідна	30	Стандартний комбікорм + вермигумус (180 г на голову на добу)
3-дослідна	30	Стандартний комбікорм + вермигумус (230 г на голову на добу)

Розроблено автором.

Умови годівлі і утримання тварин були у відповідності до промислової технології на свинокомплексі.

Результати досліджень та їх обговорення Результати використання вермигумусу у годівлі свиней наведено у табл. 2.

2. Відгодівельні показники молодняку свиней, n=30

Показник	Група			
	контрольна	1-дослідна	2-дослідна	3-дослідна
Жива маса при постановці на відгодівлю, кг	30, 24±0,31	30, 17±0,31	30, 46±0,35	30,30±0,42
Жива маса при закінченні відгодівлі, кг	110,47±1,01	112,30±1,11	114,60±1,38	116,53±1,21
Середньодобовий приріст, г	729 ±6,74	746 ±5,57	764±5,28***	783±6, 41***
Оплата корму, кг	3,80±0,062	3,60±0,041	3,37±0,033***	3,09±0,054***

Примітки: *** $p < 0,001$. Розраховано автором.

Дані таблиці 2 свідчать про те, що добавка в раціон свиней покращив їх відгодівельні показники. Зокрема, молодняк другої і третьої дослідних

груп перевершував контрольних аналогів за живою масою в кінці відгодівлі відповідно на 3,73 і 5,53 %. У молодняку другої і третьої

Маслов В. І.

дослідних груп також була вища енергія росту на 4,80 і 7,40 % відповідно і краща оплата корму (на 0,43 і 071 кг).

Добавка вермигумусу вплинула і на м'ясні якості свиней представлено у табл. 3.

3. М'ясні якості молодняку свиней, n=30

Показник	Група			
	контрольна	1-дослідна	2-дослідна	3-дослідна
Довжина півтуші, см	96,87±0,76	97,06±0,64	97,45±0,85	98,67±0,93
Товщина шпику на рівні 6-7 грудного хребця, мм	26,70±0,23	26,10±0,24	25,14±0,22***	24,70±0,29***
Площа «м'язового вічка», см ²	38,12±0,33	38,81±0,36	39,2±0,35*	40,2±0,31***
Маса задньої третини півтуші, кг	11,5±0,22	11,6±0,21	11,9±0,18	12,4±0,23**
Вміст в туші, % м'ясо	61,0±0,31	62,0±0,32	63,0±0,33***	64,0±0,30***
сало	24,8±0,32	23,3±0,35	22,4±0,34	21,2±0,31***
кістки	14,2±0,27	14,7±0,25	14,6±0,28	14,8±0,25

Примітки: ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. Розраховано автором.

Як видно із даних таблиці 3 за довжиною півтуші молодняк 3 дослідної групи вірогідно переважав аналогів контрольної групи. У 2 і 3 дослідних груп були меншими товщина шпику на рівні 6-7 грудного хребця на 5,85-7,50 %. Вони переважали контрольних аналогів і за площею «м'язового вічка» (на 2,83-5,45 %). Маса задньої третини півтуші та вміст м'яса в туші була найвищою

у молодняку 3 дослідної групи (відповідно на 7,85 % і 4,91 %), а вміст сала у неї був меншим за контрольну (на 14,52 %).

Серед дослідних груп найменша товщина шпику на рівні 6-7 грудного хребця, а також вміст сала в туші був у молодняку третьої дослідної групи.

Результати досліджень фізико-хімічних властивостей м'язової тканини наведено в табл. 4.

4. Фізико-хімічні властивості м'язової тканини молодняку свиней, n=5

Показник	Група			
	контрольна	1-дослідна	2-дослідна	3-дослідна
pH	5,510,041	5,640,034	5,650,086	5,670,029
Ніжність, сек	9,130,472	9,190,275	9,240,364	9,260,421
вологоутримуюча здатність, %	60,112,343	61,2682,547	61,712,364	62,212,461
інтенсивність окраски, од. екст. × 1000	76,32,028	77,32,078	77,33,108	78,33,248
втрати при кулінарній обробці, %	18,320,412	17,510,587	17,220,586	17,060,584

Розраховано автором.

Маслов В. І.

Серед показників фізико-хімічних властивостей м'язової тканини молодняка свиней піддослідних груп не виявлено статистично вірогідних відмінностей. Проте спостерігається певна тенденція до зниження таких показників як рівень кислотності,

ніжність, втрати при кулінарній обробці і підвищення вологоутримуючої здатності та інтенсивність окраски у молодняка контрольної групи.

Проведена дегустаційна оцінка виявила незначні відмінності серед піддослідних тварин (табл. 5).

5. Показники дегустаційної оцінки бульйону свиней, n=5

Група	Показник			
	аромат	смак	колір	прозорість
Контрольна	5,430,005	4,310,154	4,12,546	9,380,128
1-дослідна	5,410,004	4,530,138	4,862,353	9,710,142
2-дослідна	5,320,003	4,320,145	4,922,274	9,690,131
3-дослідна	5,280,004	4,470,141	4,952,468	9,870,139

Дані таблиці 5 свідчать, що бульйон тварин дослідних груп був дещо смачнішим та прозорішим.

Наприкінці експерименту відносна кількість лімфоцитів (% від загальної кількості лейкоцитів) у

свиней, які отримували вермигумус, була вищою (на 4,44-6,66 %, $P < 0,05$), ніж у аналогів, яких годували звичайним комбікормом, що свідчить про поліпшення резистентності тварин (рис. 1).

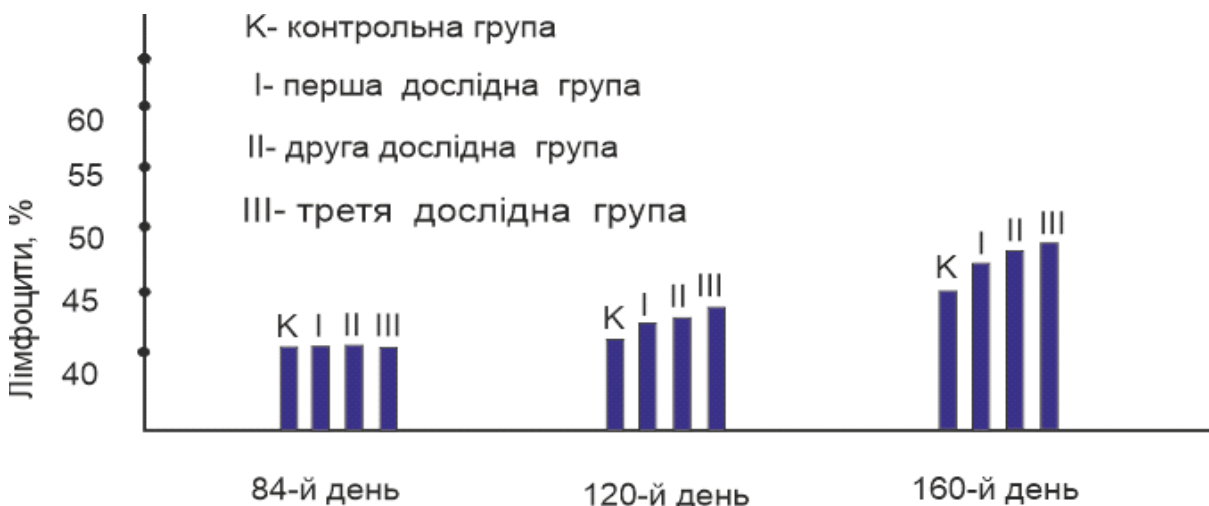


Рис. 1. Відносна кількість лімфоцитів піддослідних тварин, %

Економічний ефект від добавки вермигумусу в раціон свиней другої і

третьої дослідних груп склав 320,38-354,34 грн на одну голову.

Висновок: Збагачення раціону вермигумусом у дозі 180 -230 г на голову на добу молодняку свиней 2 і 3 дослідних груп сприяє зменшенню товщини шпику на рівні 6-7 грудного хребця на 5,85-7,50 %, збільшенню площі «м'язового вічка» на 2,83-

5,45 %, маси задньої третини півтуші та вмісту м'яса в туші дослідної групи відповідно на 7,85 % і 4,91 %, а вміст сала у неї був меншим за контрольну на 14,52 % і забезпечує отримання додаткової основної продукції.

Список використаних джерел

1. Гармаш С.М., Сметанін В.Т., Ковальчук Л.М. Екологічна біотехнологія переробки відходів тваринницьких комплексів. Вопросы химии и химической технологии. 2010. № 5. С. 17-20.

2. Гейсун А. А., Степченко Л. М. Ефективність застосування кормової добавки вермикультури при вирощуванні фазана мисливського. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: зб. наук. Праць Білоцерківського національного аграрного університету. Біла Церква, 2018. № 1 (141): С.38–45.

3. Котляр. О.С. Біомаса вермикультури як джерело мікроелементів у годівлі свиней. Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини. 2013, випуск 27. Ч.1. С. 157-166.

4. Котляр. О.С. Борошно з біомаси вермикультури як джерело незамінних амінокислот. Таврійський науковий вісник. 2012, №78, ч. 2, том.2. С. 96-100.

5. Шаталін Д.Б. Дошові черв'яки (Lumbricidae) лісових та урбоекосистем степового придніпров'я: структурно-функціональна організація угруповань та екологічні аспекти вермикультури. дис. канд. наук : 03.00.16 - екологія Дніпро . 2017. 20с.

6. Angeles María de Lourdes, Gómez-Rosales Sergio and Téllez-Isaias Guillermo. Mechanisms of Action of Humic Substances as Growth Promoters in Animals. Submitted: May 31st, 2022 Reviewed: June 20th, 2022 Published: July 20th, 2022. DOI: 10.5772/intechopen.105956.

7. Birnbaum J. A. Vermicomposting and vermiculture systems for cold climates, 2015: <https://www.canr.msu.edu/hrt/uploads/535/78622/Vermicomposting-Systems-19pgs.pdf>.

8. Churchill S. The Complete Guide to Continuous Vermicomposting :

<https://urbanwormcompany.com/complete-guide-to-continuous-flow-vermicomposting/>

9. Dry feeding and liquid feeding in pig rearing:

<https://www.bigdutchman.com/en/egg-production/news/detail/dry-feeding-and-liquid-feeding-in-pig-rearing/>.

10. Hamilton D. W. The Basics of Vermicomposting. Published Feb. 2017. 3с. : <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/print-publications/bae/the-basics-of-vermicomposting-bae-1528.pdf>.

11. Hastuti D., Ageng S., Ritawat S. et. al, Vermicompost Biochemical Content of Different Types of Worms and Waste Feed Material. Advances in Biological Sciences Research, volume 9 Joint proceedings of the 2nd and the 3rd International Conference on Food Security Innovation (ICFSI 2018-2019). P. 254-257.

12. Myers R. Vermicomposting: the basics. Editor Published October 2013: <https://attra.ncat.org/publication/vermicomposting-the-basics/>.

13. Osipenko I. S. Biochemical and chemical composition of vermiculture biomass grown on poultry litter fermented by the accelerated method./ Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology. 2023. 24(1):105-112. DOI:10.36359/scivp.2023-24-1.15.

14. Wang Q., Chen Y., Yoo J.S. et.al. Effects of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. Livestock Science 117(2-3). 2008. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.12.024

References

1. Garmash S.M., Smetanin V.T., Kovalchuk L.M. (2010). Ecological biotechnology of waste processing of livestock

Маслов В. І.

complexes. Questions of chemistry and chemical technology. No. 5. C. 17-20.

2. Geisun A. A., Stepchenko L. M. (2018). Effectiveness of the use of vermiculture feed additive in growing hunting pheasants. Technology of production and processing of livestock products: coll. of science Proceedings of the Bilotserk National Agrarian University. Bila Tserkva, No. 1 (141): P.38–45.

3. Kotlyar. O.S. (2013). Vermiculture biomass as a source of trace elements in pig nutrition. Problems of zooengineering and veterinary medicine. issue 27. Part 1. P. 157-166.

4. Kotlyar. O.S. (2012). Flour from vermiculture biomass as a source of essential amino acids. Taurian Scientific Herald. No. 78, part 2, volume 2. P. 96-100.

5. Shatalin D.B. (2017). Earthworms (lumbricidae) of forest and urboecosystems of the Dnieper steppe: structural and functional organization of groups and ecological aspects of vermiculture. thesis Ph.D. Sciences: 03.00.16 - ecology of the Dnipro. 20 p.

6. Angeles María de Lourdes, Gómez-Rosales Sergio and Téllez-Isaias Guillermo. (2022). Mechanisms of Action of Humic Substances as Growth Promoters in Animals. Submitted: May 31st, 2022 Reviewed: June 20th, Published: July 20th, 2022. DOI: 10.5772/intechopen.105956.

7. Birnbaum J. A. (2015). Vermicomposting and vermiculture systems for cold climates, <https://www.canr.msu.edu/hrt/uploads/535/78622/Vermicomposting-Systems-19pgs.pdf>.

8. Churchill S. The Complete Guide to Continuous Vermicomposting : <https://urbanwormcompany.com/complete-guide-to-continuous-flow-vermicomposting/>

9. Dry feeding and liquid feeding in pig rearing:

<https://www.bigdutchman.com/en/egg-production/news/detail/dry-feeding-and-liquid-feeding-in-pig-rearing/>.

10. Hamilton D. W. (2017). The Basics of Vermicomposting. Published Feb. 3c. : <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/print-publications/bae/the-basics-of-vermicomposting-bae-1528.pdf>.

11. Hastuti D., Ageng S., Ritawat S. et. al, (2019). Vermicompost Biochemical Content of Different Types of Worms and Waste Feed Material. Advances in Biological Sciences Research, volume 9 Joint proceedings of the 2nd and the 3rd International Conference on Food Security Innovation (ICFSI 2018-2019). P. 254-257.

12. Myers R. (2013). Vermicomposting: the basics. Editor Published October <https://attra.ncat.org/publication/vermicomposting-the-basics/>.

13. Osipenko I. S. (2023). Biochemical and chemical composition of vermiculture biomass grown on poultry litter fermented by the accelerated method./ Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology. 24(1):105-112. DOI:10.36359/scivp.2023-24-1.15.

14. Wang Q., Chen Y., Yoo J.S. et.al. (2008). Effects of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. Livestock Science 117(2-3). DOI: 10.1016/j.livsci.2007.12.024

APPLICATION OF VERMIGHUMUS IN FEEDING PIGS

V. I. Maslov

Abstract. *The article analyzes a new method of fattening young pigs by introducing a biologically active additive into the diet – vermighumus, which is a product of pig manure processing by California worms.*

In addition to the standard diet, the youngsters of the research groups consumed vermighumus in a dose of 130, 180, 230 g per head per day. The young of the control group consumed standard compound feed. It was established that the application of

Маслов В. І.

vermighumus into the diet of young pigs improved their fattening indicators. In particular, the youngsters of the second and third experimental groups exceeded the control analogues in terms of live weight at the end of fattening by 3.73 and 5.53%, respectively. Youngsters of the second and third experimental groups also had higher growth energy by 4.80 and 7.40%, respectively, and better feed payment (by 0.43 and 0.71 kg).

In terms of half-carcass length, young animals of the experimental group 3 did not significantly exceed the counterparts of the control group. In the 2nd and 3rd experimental groups, the fat thickness at the level of the 6th-7th thoracic vertebra was smaller (by 5.85-7.50%). They prevailed over the control analogues in the area of the "muscle eye" (by 2.83-5.45%). The weight of the rear third half of the carcass and the content of meat in the carcass was the highest in young animals of the 3 experimental group (by 7.85% and 4.91%, respectively), and the fat content in it was lower than in the control group (by 14.52%). The smallest fat thickness at the level of the 6-7 thoracic vertebra, as well as the content of fat in the carcass, was in young animals of the third experimental group. Among the indicators of the physical and chemical properties of the muscle tissue of young pigs of the experimental groups, no statistically significant differences were found. However, there is a certain trend towards a decrease in such indicators as the level of acidity, tenderness and losses during cooking, and an increase in the moisture-holding capacity and intensity of coloring in the young of the control group. The tasting evaluation revealed minor differences among the experimental animals. The relative number of lymphocytes (% of the total number of leukocytes) in pigs treated with vermighumus was higher (by 4.44-6.66% $P < 0.05$) than in counterparts fed with conventional compound feed, which indicates an improvement in resistance animals. Enrichment of the ration of young pigs with vermihumus as a biologically active additive contributed to the improvement of fattening and meat qualities and ensures obtaining additional basic products in the amount of UAH 320.38-354.34 per head.

Key words: *vermiculture, vermihumus, young pigs, fattening productivity, fattening and meat properties, tasting evaluation*

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

УДК: 636.084.52

ПРОГНОЗУВАННЯ ГАЗОВОГО ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ДЛЯ ЖУЙНИХ ТВАРИН

А. Т. ЦВІГУН, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, <https://orcid.org/0000-0002-1214-1113>

E-mail: agroargument2@ukr.net

О. А. ЦВІГУН, кандидат ветеринарних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-7978-1609>

E-mail: tsvgunoleg@ukr.net

Подільський державний університет

[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.014](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.014)

Анотація. Встановлення механізму впливу на організм тварин зовнішніх факторів має дуже важливе значення для зоотехнічної науки. Класичними методами, за допомогою яких протягом двох століть намагаються пояснити їх вплив, є вивчення перетравності і балансу поживних речовин та окремих органічних і мінеральних елементів. Для жуйних тварин найбільш точним є складання енергетичного балансу як інтегрального показника всіх обмінних процесів

Мета роботи є розробка методики розрахунку балансу енергії на основі обліку валової енергії раціону і теплопродукції.

Знаючи кількість спожитої валової та обмінної енергії, з великою точністю, можна визначити кількість перетравної енергії.

Таким чином, визначивши в респіраційних дослідженнях величину теплопродукції та розрахувавши енергетичну цінність продукції, визначають кількість обмінної енергії.

Кількість валової енергії не дає об'єктивної оцінки кількості енергії, доступної тварині. Наприклад, в сухій речовині соломи міститься майже така ж кількість валової енергії, як в сухій речовині зерна злаків (16,7-18,8 МДж), але енергія зерна легкодоступна тваринам, в той же час як більша її в соломі залишається не використаною. Енергію перетравних поживних речовин кормів і раціонів визначають для конкретного виду тварин.

Таким чином, можна рекомендувати дві системи рівнянь для оцінки вмісту обмінної енергії в кормах і раціонах.

Перша система рівнянь для визначення ОЕ через сирі поживні речовини і коефіцієнт перетравності енергії.

Друга система рівнянь для визначення вмісту обмінної енергії через перетравні поживні речовини з використанням коефіцієнтів перетравності поживних речовин встановлених в експериментах або взятих з довідника.

Ключові слова: теплопродукція, дихальний коефіцієнт, валова енергія, обмінна енергія, чиста енергія продукції, протеїн, жир, клітковина

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

Актуальність. Світовий досвід розвитку тваринництва свідчить, що прогрес в підвищенні продуктивності і зниженні собівартості продуктів тваринництва приблизно на 35 % визначається досягненнями генетики та селекції. Основна частка підвищення продуктивності досягається за рахунок організації раціональної годівлі тварин. Зарубіжні і вітчизняні вчені вважають, що поживна цінність корму на 50-60 % зумовлена вмістом в ньому енергії, приблизно на 20-30 % наявністю перетравних азотистих речовин і на 20-30 % вмістом інших складових частин [1]. Ось чому важливим завданням у питанні забезпечення повноцінного живлення тварин є об'єктивне оцінювання обмін енергії в організмі тварин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Встановлення механізму впливу на організм тварин зовнішніх факторів має дуже важливе значення для зоотехнічної науки. Класичними методами, за допомогою яких протягом двох століть намагаються пояснити їх вплив, є вивчення перетравності і балансу поживних речовин, окремих органічних і мінеральних елементів [2, 3]. На жаль, в більшості випадків пояснення зводяться до констатації фактів типу: перетравність підвищується, баланс позитивний і краще засвоюється, що не завжди дає можливість зрозуміти механізм дії того чи іншого чинника на обмін речовин і енергії.

У жуйних тварин проходить складна трансформація поживних речовин в рубці мікроорганізмами з руйнуванням одних і синтезом інших речовин, що не дозволяє зробити баланс і визначити об'єктивно перетравність поживних речовин. Для жуйних тварин найбільш точним є складання енергетичного балансу як інтегрального показника всіх обмінних процесів [1].

Протягом багатьох років нами відпрацьована методика дослідження газоенергетичного обміну у тварин [4, 5, 6] масковим методом 5-хвилинними сеансами за 1-2 год. до ранкової та через 3-4 год. після кожної годівлі два суміжних дні підряд, міняючи наступного дня черговість тварин при проведенні сеансів на протилежну. Зворотній порядок проведення сеансів респіраційних досліджень дає змогу частково усунути вплив фактору часу. Так роблять тому, що на одну тварину витрачається 7-8 хвилин (включаючи закріплення і зняття обладнання, перехід від однієї тварини до іншої), а для 9-12 тварин витрачається від 1,0 до 1,5 годин.

Разом з тим результати останніх досліджень, крім методичних та екологічних (викиди парникових газів) аспектів виконання експериментів, визначаються практичною складовою проблематики, пов'язаною із менеджментом годівлі тварин. Зокрема, у дослідженні данських

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

вчених [7] вивчався вплив заміни кукурудзяного силосу свіжими або силосованими цукровими буряками на засвоюваність поживних речовин, ферментацію рубця та мікробний синтез, а також кишкову емісію метану у молочних корів. Для цього експерименту використано метод, описаний А. L. F. Hellwing та ін. [8], за якого для вивчення газообміну використано модифіковану систему для непрямой калориметрії з відкритим контуром. Специфіка полягала в тому, що для зниження витрат конструкція камери та система кондиціонування були простішими, краще враховувалися вимоги до благополуччя піддослідних корів.

У іншій роботі для вивчення енергетичної цінності раціонів з маніокою на дійних коровах також використано метод непрямой калориметрії [9]. Під час фізіологічного дослідження споживання кисню, вуглекислого газу та вироблення метану кожною твариною вимірювали за допомогою системи дихальної камери головної камери відповідно до методики Т. Suzuki та ін. [10]. Дана система складалася з головної клітки, блоку відбору та аналізу газу, блоку збору й обробки даних. Корови тримали голови в спеціальних капюшонах і мали доступ до кормових лотків і води постійно, а також можливість лягти на гумовий килимок. Концентрацію кисню, вуглекислого газу та метану в лініях входу та відтоку вимірювали за

допомогою газоаналізаторів. Вимірювання респіраторного газообміну проводили з інтервалом 7,5 хвилин у відповідний часовий період доби, щоб визначити розподіл енергії та споживання упродовж останніх трьох днів періоду обліку дихання. Виробництво тепла розраховувалося за методом E. Brouwer [11].

У дослідженні шведських вчених [12] за вивчення впливу поступової заміни ячменю вівсом на кишкові викиди метану, бродильні процеси у рубці, виробництво молока та використання енергії у молочних корів використано систему GreenFeed (C-Lock Inc.) для вимірювання викидів метану, вуглекислого газу та споживання кисню, яка описана у роботі P. Nuhtanen та ін. [13].

Отже, наявні роботи щодо вивчення газообміну та енергетичного балансу жуйних тварин, не дивлячись на схожі принципи методології, відрізняються методичними та інструментальними аспектами обліку та вимірювань, спрямованими на вирішення проблеми спрощення процедур, забезпечення благополуччя піддослідних тварин, точності вимірювань та мінімізації втрат. Все це обумовлює необхідність продовження вивчення даної проблематики та розроблення удосконалених методів дослідження.

Мета і завдання. Мета роботи полягає у розробці методики

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

розрахунку балансу енергії на основі обліку валової енергії раціону і теплопродукції.

Матеріали та методи. На основі респіраційних досліджень визначають вентиляцію легень, кількість видихуваного тваринами повітря із врахуванням коефіцієнту перерахунку, величина якого залежить від температури і барометричного тиску (до барометричного тиску 760 мм рт. ст. і

$$ТП = O_2 (15,986 + 5,144 ДК), \text{ або} \quad (1)$$

$$ТП = O_2 [15,986 + 5,144 (CO_2 : O_2)], \quad (2)$$

де ТП – теплопродукція, кДж;

O_2 – кількість спожитого твариною кисню за певний проміжок часу, л;

CO_2 – кількість виділеного вуглекислого газу, л;

ДК – дихальний коефіцієнт – відношення CO_2 до O_2 .

Баланс енергії у загальноприйнятому варіанті у вітчизняних дослідженнях

температури 0 °С); кількість спожитого кисню – різницю кількості кисню і виділеного вуглекислого газу, дихальний (респіраційний); глибину і частоту дихання; утилізацію кисню тощо.

Загальну теплопродукцію розраховують за кількістю спожитого кисню та його калорійною цінністю залежно від величини дихального коефіцієнта у відповідності до рівнянь 1 або 2:

визначається орієнтовно (табл.). Крім кормів і калу, решту показників розраховують або через кількість азоту, або у відсотках від перетравної енергії. Так, енергію газів визначають розрахунковим шляхом, найчастіше залежно від кількості перетравної енергії, коефіцієнта її перетравності. Теплота ферментації у більшості дослідів не обчислюється взагалі.

Традиційний баланс енергії в організмі великої рогатої худоби.

Показник	Спосіб визначення
Валова енергія	Хімічний склад або калориметрія
Енергія калу	Хімічний склад або калориметрія
Енергія перетравних речовин	Розрахунок
Енергія сечі	Розрахунок
Енергія газів	Розрахунок
Теплота ферментації	Не враховується або розрахунок
Обмінна енергія	Розрахунок
Енергія продукції	Розрахунок
Теплопродукція	Розрахунок

Таким чином, перетравна, обмінна та чиста енергія визначається

у балансових дослідях із значною часткою вірогідних помилок і

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

неточностей.

Результати та обговорення. На основі аналізу існуючих модифікацій вивчення енергетичного обміну жуйних пропонується методика розрахунку балансу енергії на основі обліку валової енергії раціону і теплопродукції, оскільки це два

$$BE = 23,95 \times СП + 39,77 \times СЖ + 20,05 \times СК + 17,46 \times СБЕР, \quad (3)$$

де BE – валова енергія;

СП – сирий протеїн;

СЖ – сирий жир;

СК – сира клітковина;

СБЕР – сирі безазотисті екстрактивні речовини.

Для визначення енергетичної

$$EG_T = 0,963 \times (СК + СБЕР), \quad (4)$$

$$EG_D = 1,675 \times (СК + СБЕР), \quad (5)$$

де: EG_T – енергія газів у телят;

EG_D – енергія газів у дорослих тварин.

$$TФ_T = 0,385 \times (СК + СБЕР), \quad (6)$$

$$TФ_D = 0,670 \times (СК + СБЕР), \quad (7)$$

де $TФ_T$ – теплота ферментації у телят;

$TФ_D$ – теплота ферментації у

$$EC = 3,592 \times СП, \quad (8)$$

де EC – енергія сечі,

СП – сирий протеїн.

Знаючи кількість спожитої валової та обмінної енергії, з великою точністю, можна визначити кількість перетравної з використанням вище наведених формул.

$$OE = TP + ЧЕ_{пр}, \quad (9)$$

де: OE – обмінна енергія;

TP – теплопродукція;

$ЧЕ_{пр}$ – чиста енергія продукції.

об'єктивних показники – початковий і кінцевий результат взаємодії корм - організм.

Визначивши теплопродукцію в експерименті, а вона може складати від 80 до 100 % обмінної енергії, енергія кормів і раціону розраховується досить точно за рівнянням регресії 3:

цінності калу користуються цим же рівнянням, помноженим на 1,054. Більш точно їх можна визначити шляхом прямої калориметрії.

Енергію, виділену з газами визначають за рівняннями 4 і 5:

Енергію, яка виділяється в результаті ферментації у рубці за рівняннями 6 і 7:

дорослих тварин.

Енергію, виділену з сечею визначають за рівнянням 8:

Таким чином, визначивши в респіраційних дослідженнях величину теплопродукції та розрахувавши енергетичну цінність продукції, визначають кількість обмінної енергії за рівнянням 9:

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

Складання енергетичного балансу розрахунковим методом.

Величину теплопродукції можна визначити і розрахунковим методом за рівнянням 10:

$$ТП = 41,37 + 0,1346 \times M + 31,97 \times \Delta M - 5,853 \times \text{КОЕ}, \quad (10)$$

де: M – жива маса, кг;

ΔM – середньодобовий приріст, кг;

КОЕ – концентрація обмінної енергії в 1 кг сухої речовини, МДж.

$$\text{ЧЕ}_{\text{пр. (б)}} = (220,73 \times \Delta M + 28,64 \times \Delta M^2) \times M^{0,75}, \quad (11)$$

$$\text{ЧЕ}_{\text{пр. (т)}} = (234,59 \times \Delta M + 52,96 \times \Delta M^2) \times M^{0,75}, \quad (12)$$

де: $\text{ЧЕ}_{\text{пр. (б)}}$ – чиста енергія приросту тіла бугайців;

$\text{ЧЕ}_{\text{пр. (т)}}$ – чиста енергія приросту тіла теличок;

$$\text{ЧЕ}_{\text{акт}} = 0,42 \text{ кДж/год/кгМ},$$

де: $\text{ЧЕ}_{\text{акт}}$ – чиста енергія активності;

M – жива маса.

$$\text{ЧЕ}_{\text{під}} = 5,67 + 0,06 \times M, \quad (14)$$

де: $\text{ЧЕ}_{\text{під}}$ – чиста енергія підтримання.

Використання балансового методу при прогнозуванні енергетичної цінності кормів і раціонів для великої рогатої худоби.

Загальний вміст енергії в кормі (валова, потенційна, бруutto-енергія) визначають при спалюванні зразку в кисневому середовищі калориметра або на основі хімічного складу кормових засобів за рівнянням 3 чи іншими.

В 1 кг сухої речовини більшості рослинних кормів міститься

Енергію приросту живої маси визначають за рівняннями ARC (1984) [15]:

ΔM – середньодобовий приріст живої маси.

Витрати енергії на рухову активність визначали за формулою:

$$(13)$$

Енергію підтримання визначали за формулою ARC (1984) [15]:

приблизно 17-18,5 МДж валової енергії.

Кількість валової енергії не дає об'єктивної оцінки кількості енергії, доступної тварині. Наприклад, в сухій речовині соломи міститься майже така ж кількість валової енергії, як в сухій речовині зерна злаків (16,7-18,8 МДж), але енергія зерна легкодоступна тваринам, в той же час як більша її в соломі залишається не використаною. Енергію перетравних поживних речовин кормів і раціонів визначають для конкретного виду тварин. Для великої рогатої худоби рекомендується використовувати наступне рівняння 15:

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

$$PE = 0,02424 \times ПП + 0,03412 \times ПЖ + 0,0185 \times ПК + 0,017 \times ПБЕР, \quad (15)$$

де кількість ПЕ виражається в МДж, а перетравні поживні речовини (протеїн, жир, клітковина, БЕР) в грамах.

При оцінці якості кормів в лабораторіях, визначенні вмісту перетравної, обмінної, чи чистої енергії продукції користуються довідковими коефіцієнтами перетравності, що приводить до значних неточностей в розрахунках вмісту вищезгаданих енергій. Це пов'язано з тим, що довідкові коефіцієнти перетравності поживних речовин встановлювались в багатьох дослідах різних за умовами їх проведення (рівень годівлі, повноцінність годівлі, тип годівлі і інші). Часто перетравність визначалась на вівцях або волах і отримані результати механічно переносились на всі статеві та вікові групи великої рогатої худоби.

В Україні у відділах з контролю якості кормів використовують при розрахунках коефіцієнти перетравності поживних речовин із «Довідника поживності кормів» за редакцією М.М. Карпуся [14]. В передмові до цього видання сказано: «Для визначення поживності кормів коефіцієнти перетравності взяті із книг М.Ф. Томме, Р.В. Мартиненко, К. Нерінг, Н.П. Платіканов і інших джерел». М.Ф. Томме (1964) в передмові до книги «Корма ССРСР» [2] вказує, що «більшість коефіцієнтів взяті із вітчизняних робіт, частково

запозичених із книги Шнейдера «Корма мира» (1947), з німецьких робіт Клінга, Франка і інших. Інколи користувались розрахунковими таблицями перетравності зеленого корму і сіна при різному вмісті клітковини».

Це свідчить про те, що коефіцієнти перетравності в довідниках слід розцінювати, як дуже приблизні. Так, за даними різних авторів перетравність енергії зерна кукурудзи 74-91 %. Ще більша різниця між перетравністю окремих поживних речовин цього корму.

Частина помилок пов'язана з дослідженням хімічного складу кормів і калу. Кал великої рогатої худоби після висушування і помелу являє собою пил з дуже малим розміром частинок, які проникають через фільтр діаметром до 0,1 мм, що передбачено методикою визначення сирової клітковини. У калі неможливо визначити вміст зв'язаних з кальцієм жирних кислот класичним методом екстрагування. При висушуванні в звичайних умовах вивітряється частина сполук азоту та ін. Все це, вочевидь, призводить до значних неточностей у визначенні хімічного складу калу. Тому найбільш точною буде калориметрія кормів і калу, що робиться дуже рідко.

У вітчизняній довідковій літературі перетравність поживних речовин тільки деяких кормів представлена в залежності від фази

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

вегетації, в більшості випадків є тільки назва корму, що безумовно, призводить до помилок при визначенні величини перетравності поживних речовин конкретних кормів, а отже їх енергетичної оцінки та оцінки раціонів.

Точніше буде визначати коефіцієнти перетравності одного

$$\text{КПЕ} = 88,9 + 0,015 \times \text{СП} - 0,1 \times \text{СК}, \quad (16)$$

де СП і СК, г/СР.

Для прогнозування перетравності енергії трави, силосу і

$$\text{КПЕ} = 88,9 + 0,020 \times \text{СП} - 0,085 \times \text{СК}, \quad (17)$$

У соломі і полові всіх культур перетравність енергії можна визначити за рівнянням 18:

$$\text{КПЕ} = 88,9 + 0,035 \times \text{СП} - 0,17 \times \text{СК}, \quad (18)$$

Для коренеплодів, зернових, кормів тваринного походження, відходів олійно-екстракційної промисловості слід користуватись довідковими даними, оскільки кореляційні зв'язки між КПЕ та СП і СК недостовірні.

Ці рівняння дозволяють відносно точно визначати коефіцієнти перетравності енергії і можуть успішно використовуватись в

$$\text{КПЕ} = 88,9 + 0,020 \times \text{СП} - 0,09 \times \text{СК}. \quad (19)$$

Таким чином, вміст перетравної енергії в кормі чи раціоні слід визначати за рівнянням 20:

$$\text{ПЕ} = \text{ВЕ} \times \text{КПЕ}. \quad (20)$$

Оскільки не вся енергія поживних речовин потрапляє в внутрішнє середовище організму у вигляді доступних для окислення продуктів, а частково втрачається з

показника – енергії ніж чотирьох. Коефіцієнт перетравності енергії в траві, силосі, сінажі бобових трав і бобово-злакових сумішок, а також в сіні і трав'яному борошні виготовленому з будь-якої сировини можна визначити за формулою 16:

сінажу із злакових трав і злаково-бобових сумішок рекомендуємо рівняння 17:

практичній роботі при визначенні поживності кормів за перетравною і обмінною енергією. При цьому не треба використовувати довідникові коефіцієнти перетравності, а визначають їх в залежності від хімічного складу корму, що більш об'єктивно і зручно в роботі.

Коефіцієнти перетравності енергії раціону можна визначити за рівнянням 19:

газоподібними продуктами бродіння, то доступна для обміну енергія буде менша за перетравну.

Обмінна енергія (метаболічна, фізіологічно корисна, кінетична

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

енергія засвоєних речовин) –
визначається як:

$$OE = VE - (EK + EC + EG). \quad (21)$$

В Україні прийнято визначати великої рогатої худоби за рівнянням
вміст обмінної енергії в кормах для 22:

$$OE = 0,01746 \times \text{ПП} + 0,03123 \times \text{ПЖ} + 0,01365 \times \text{ПК} + 0,01478 \times \text{ПБЕР}. \quad (22)$$

У Великобританії
використовується рівняння (ARC,
1984) [15]:

$$OE = 0,0152 \times \text{ПП} + 0,0342 \times \text{ПЖ} + 0,0128 \times \text{ПК} + 0,0159 \times \text{ПБЕР}, \quad (23)$$

де обмінна енергія в МДж, а
перетравні поживні речовини в
грамах.

В прийнятому в Україні рівнянні
калориметричні коефіцієнти для
протеїну і клітковини вищі тому в

$$OE = 0,81 \times \text{ПЕ}$$

Тобто кількість ОЕ в кормі або
раціоні становить 81 % від
перетравної.

Наявність констант означає, що
існує постійний взаємозв'язок між
ПЕ і ОЕ, що не вірно. В той час коли
ще в дослідях О. Кельнера доведено,
що продуктивна дія корму тим
нижча, чим більше в ній міститься
сирої клітковини.

Втрати енергії з газами залежать
від багатьох факторів, і в першу
чергу, від кількості СК та
легкоперетравних вуглеводів в
раціоні. В наших дослідженнях вони
складають біля 12 % VE з
коливаннями 8-15 % і їх відносно
об'єктивно можна спрогнозувати за
рівняннями 4 і 5.

$$OE = VE \times \text{КПЕ} - \text{ЕГ} - \text{ЕС} \quad (25)$$

$$VE = 0,0238 \times \text{СП} + 0,0397 \times \text{СЖ} + 0,0188 \times \text{СК} + 0,0175 \times \text{СБЕР} \quad (26)$$

$$\text{КП} = 88,9 + 0,020 \times \text{СП} - 0,090 \times \text{СК} \quad (27)$$

об'ємистих кормах завищений вміст
обмінної енергії, особливо в сінажі і
солоні.

Крім приведеного рівняння
визначення вмісту ОЕ в нормах ARC
(1984) [15] рекомендує таке:

$$(24)$$

Якщо втрати енергії з газами
можна досить точно визначити,
знаючи перетравність поживних
речовин, то втрати енергії з сечею
дуже слабо корелюють з сухою
речовиною. Найбільш тісний зв'язок
існує між рівнем СП в раціоні і
втратами енергії з сечею ($r=0,819$) які
можна визначити за рівнянням 8.

Таким чином, можна
рекомендувати дві системи рівнянь
для оцінки вмісту обмінної енергії в
кормах і раціонах.

Перша система рівнянь для
визначення ОЕ через сирі поживні
речовини і коефіцієнт перетравності
енергії:

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

або інше рівняння в залежності від виду корму, або довідкові дані:

$$EG = 0,00544 \times SK + 0,00222 \times SBEP \quad (28)$$

$$ES = 0,0238 \times SP + 0,15 \text{ або } ES = 0,00357 \times SP. \quad (29)$$

У цих рівняннях BE, OE, EG, ES визначається в МДж, сирі поживні речовини в грамах в натуральному кормі за виключенням визначення КПЕ, де СП і СК в г/СР.

Друга система рівнянь для визначення вмісту обмінної енергії

$$OE = PE - EG - ES \quad (30)$$

$$PE = 0,02424 \times PPP + 0,03412 \times PJZ + 0,01851 \times PK + 0,017 \times PBER \quad (31)$$

$$EG = 0,00988 \times PPP + 0,0022 \times PBER \quad (32)$$

$$ES = 0,02424 \times PPP \times 0,25 = 0,00606 \times PPP \quad (33)$$

У цих рівняннях OE, PE, EG і ES виражені в МДж, сирі і перетравні поживні речовини в грамах в натуральному кормі.

Висновки і перспективи.

Проведена порівняльна оцінка використання різних способів визначення вмісту обмінної енергії свідчить на користь визначення її за рекомендованими рівнянням. Експериментальна перевірка, яка проведена в багатьох дослідах, підтверджує надійність і точність цих рівнянь.

Запропоновано методику розрахунку балансу енергії на основі

Список використаних джерел

1. Богданов Г. О. Годівля сільськогосподарських тварин. Київ : Вища школа, 2007. 731 с.
2. Гноєвий І. В. Годівля і відтворення поголів'я сільськогосподарських тварин в Україні. Харків : Магда LTD, 2006. 400 с.
3. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві: навч.

через перетравні поживні речовини з використанням коефіцієнтів перетравності поживних речовин встановлених в експериментах або взятих з довідника:

обліку валової енергії раціону і теплопродукції, систему рівнянь для визначення обмінної енергії через сирі поживні речовини і коефіцієнт перетравності енергії, систему рівнянь для визначення вмісту обмінної енергії через перетравні поживні речовини з використанням коефіцієнтів перетравності поживних речовин.

Перспективи подальших досліджень полягають у проведенні порівняльних експериментальних досліджень різних методів визначення енергетичного балансу жуйних тварин.

посіб. / за ред. І. І. Ібатуліна, О. М. Жукорського. Київ : Аграрна наука, 2017. 328 с.

4. Цвігун А.Т. Обоснование энергетического питания молодняка крупного рогатого скота при различных типах кормления: дисс. ... докт. с.-х. наук: 06.02.02. Санкт-Петербург. Пушкин, 1993. 546 с.

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

5. Цвігун А. Т., Блюсюк С. М., Цвігун О. А. Биологические и методические аспекты распределения и использования энергии в организме животных: сборник научных трудов. Том 46. Часть 2. РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». Жодино, 2011. С. 188-194.

6. Цвігун А. Т., Цвігун О. А. Залежність споживання сухої речовини кормів молодняком великої рогатої худоби молочних і м'ясних порід. Науковий вісник НУБіП України. Серія «ТВППТ». 2013. Вип. 190. С. 198-203.

7. Olijhoek D. W., Lamminen M., Hellwing A. L. F., Larsen M., Weisbjerg M. R., Bach Knudsen K. E., Lund P. Effect of substituting maize silage with fresh or ensiled sugar beets on nutrient digestibility, rumen fermentation and microbial synthesis, and enteric methane emission in dairy cows. (2023) *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 303, Article number 115715. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115715>.

8. Hellwing A. L. F., Lund P., Weisbjerg M. R., Brask M., Hvelplund T. Technical note: test of a low-cost and animal-friendly system for measuring methane emissions from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2012. Vol. 95 (10). P. 6077-6085. URL: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5505>.

9. Gunha T., Kongphitee K., Binsulong B., Sommart K. Net Energy Value of a Cassava Chip Ration for Lactation in Holstein–Friesian Crossbred Dairy Cattle Estimated by Indirect Calorimetry. *Animals*. 2023. Vol. 13. 2296. URL: <https://doi.org/10.3390/ani13142296>.

10. Suzuki T., Phaowphaisal I., Pholsen P., Narmsilee R., Indramanee S., Nitipot P., Chaokaur A., Sommart K., Khotprom N., Panichpol V. et al. In vivo nutritive value of Pangola grass (*Digitaria eriantha*) hay by a novel indirect calorimeter with a ventilated hood in Thailand. *Japan Agric. Res. Q.* 2008. Vol. 42. P. 123–129.

11. Brouwer E. Report of subcommittee on constants and factors / Energy Metabolism of Farm Animals, 3rd.; Blaxter, K.L., Ed.; EAAP. London, UK: Academic Press, 1965. P. 441–443.

12. Ramin M., Fant P., Huhtanen P. The effects of gradual replacement of barley with oats on enteric methane emissions, rumen fermentation, milk production, and energy utilization in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2021. Vol. 104. P. 5617–5630. URL: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19644>.

13. Huhtanen P., Cabezas-Garcia E.H., Utsumi S., Zimmerman S. Comparison of methods to determine methane emissions from dairy cows in farm conditions. *J. Dairy Sci.* 2015. Vol. 98 (25771050). P. 3394-3409. URL: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9118>.

14. Карпусь М. М., Карпович С. І., Прокопенко Л. С. та ін. Довідник поживності кормів: посібник. Київ: Урожай, 1978. 260 с.

15. ARC. Energy allowances and feeding systems for ruminants. London, 1984. 85 p.

References

1. Bogdanov, G. O. (2007). Feeding of agricultural animals. Kyiv: Higher School.

2. Gnoevy, I. V. (2006). Feeding and reproduction of agricultural livestock in Ukraine. Kharkiv: Magda LTD.

3. Ibatullin, I. I., Zhukorskyi, O. M. (Eds.). (2017). Methodology and organization of scientific research in animal husbandry: manual. Kyiv: Agrarian Science,

4. Tsvygun, A. T. (1993). *Justification of energy nutrition of young cattle with different types of feeding*: (Doctoral dissertation, St. Petersburg. Pushkin).

5. Tsvygun, A. T., Blyusyuk, S. M., Tsvygun, O. A. (2011). Biological and methodological aspects of the distribution and use of energy in the animal organism: *Collection of scientific works*, Vol. 46. Part 2, RUP "Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for animal husbandry" Zhodino.

6. Tsvygun, A. T., Tsvygun O. A. (2013). Dependence of feed dry matter consumption by young cattle of dairy and meat breeds. *Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine*. "TVPPPT" series, 190, 198-203.

7. Olijhoek, D. W., Lamminen, M., Hellwing, A. L. F., Larsen, M., Weisbjerg, M. R., Bach Knudsen, K. E., Lund, P. (2023). Effect of substituting maize silage with fresh or ensiled sugar beets on

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

nutrient digestibility, rumen fermentation and microbial synthesis, and enteric methane emission in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 303, 115715. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115715>.

8. Hellwing, A. L. F., Lund, P., Weisbjerg, M. R., Brask, M., Hvelplund, T. (2012). Technical note: test of a low-cost and animal-friendly system for measuring methane emissions from dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 95 (10), 6077-6085. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5505>.

9. Gunha, T., Kongphitee, K., Binsulong, B., Sommart, K. (2023). Net Energy Value of a Cassava Chip Ration for Lactation in Holstein-Friesian Crossbred Dairy Cattle Estimated by Indirect Calorimetry. *Animals*, 13, 2296. <https://doi.org/10.3390/ani13142296>.

10. Suzuki, T., Phaowphaisal, I., Pholsen, P., Narmsilee, R., Indramanee, S., Nitipot, P., Chaokaur, A., Sommart, K., Khotprom, N., Panichpol, V. et al. (2008). In vivo nutritive value of Pangola grass (*Digitaria eriantha*) hay by a novel indirect calorimeter

with a ventilated hood in Thailand. *Japan Agric. Res. Q.*, 42, 123–129.

11. Brouwer, E. (1965). Report of subcommittee on constants and factors. In *Energy Metabolism of Farm Animals*, 3rd.; Blaxter, K.L., Ed.; EAAP Academic Press: London, UK, 1965. P. 441–443.

12. Ramin, M., Fant, P., Huhtanen, P. (2021). The effects of gradual replacement of barley with oats on enteric methane emissions, rumen fermentation, milk production, and energy utilization in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 104, 5617–5630. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19644>.

13. Huhtanen, P., Cabezas-Garcia, E.H., Utsumi, S., Zimmerman, S. (2015). Comparison of methods to determine methane emissions from dairy cows in farm conditions. *J. Dairy Sci.*, 98 (25771050), 3394-3409. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9118>.

14. Karpus, M. M., Karpovych, S. I., Prokopenko L. S. etc. (1978). *Feed Nutrition Handbook: A Guide*. Kyiv: Harvest.

15. ARC. (1984). *Energy allowances and feeding systems for ruminants*. London.

PREDICTION OF GAS AND ENERGY BALANCE FOR RUMINANTS

A. T. Tsvigun, O. A. Tsvigun

Abstract. *Establishing the mechanism of influence on the body of animals by external factors is very important for zootechnical science. The classic methods, which have been used for two centuries to explain their influence, are the study of the digestibility and balance of nutrients and individual organic and mineral elements. For ruminants, it is most accurate to draw up an energy balance as an integral indicator of all metabolic processes*

The purpose of the work is to develop a methodology for calculating the energy balance based on accounting for the gross energy of the ration and heat production.

Knowing the amount of consumed gross and exchangeable energy, with great accuracy, it is possible to determine the amount of digestible energy.

Thus, after determining the amount of heat production in respiratory studies and calculating the energy value of the products, the amount of exchangeable energy is determined.

The amount of gross energy does not provide an objective estimate of the amount of energy available to the animal. For example, the dry matter of straw contains almost the same amount of gross energy as the dry matter of cereal grain (16.7-18.8 MJ), but the energy of the grain is easily available to animals, while most of it in straw remains unused. The energy of digestible nutrients of feed and rations is determined for a specific animal species.

Цвігун А. Т., Цвігун О. А.

Thus, it is possible to recommend two systems of equations for estimating the content of exchangeable energy in feeds and rations.

The first system of equations for determining OE through raw nutrients and energy digestibility.

The second system of equations for determining the content of exchangeable energy through digestible nutrients using digestibility coefficients of nutrients established in experiments or taken from a handbook.

Key words: *heat production, respiratory coefficient, gross energy, exchangeable energy, net energy of products, protein, fat, fiber*

ЯКІСТЬ М'ЯСА КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ ЗА ЗГОДОВУВАННЯ НЕОРГАНІЧНОЇ ФОРМИ СЕЛЕНУ

Н. Є. ГРИНЕВИЧ, доктор ветеринарних наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0001-7430-9498>

E-mail: gnatbc@ukr.net

Білоцерківський національний аграрний університет

С. А. ТКАЧУК, доктор ветеринарних наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0002-6923-1793>

E-mail: ohdin@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

О. І. СОБОЛЄВ, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0003-3239-0560>

E-mail: lyasota777@gmail.com

Білоцерківський національний аграрний університет

Л. Б. САВЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-5720-3533>

E-mail: lyuba.savchuk.2015@ukr.net

Подільський державний університет

[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.015](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.015)

Анотація. Додавання селену необхідне для підтримки здоров'я та високої продуктивності курчат-бройлерів і покращення смакових якостей та хімічного складу м'яса. Це сприяє підвищенню вмісту в грудних м'язах і м'язах стегна сухої речовини, протеїну та жиру, а також збільшує поживну та біологічну цінність м'яса птиці. Залишається проблемним питанням визначення оптимальної дози неорганічної форми селену у годівлі курчат-бройлерів. Мета дослідження – дослідити вплив різних доз селену (0,2 мг/кг, 0,3 і 0,4 мг/кг) на хімічний склад, енергетичну та біологічну цінність м'язової тканини курчат-бройлерів. Матеріалом дослідження слугували курчата-бройлери у кількості 40 голів. Птиця контрольної групи (10 голів) отримувала комбікорм відповідно періодам вирощування, а дослідних груп (30 голів) – комбікорм з додаванням різної кількості селеніту натрію: 2 група – 0,2 мг/кг, 3 – 0,3 мг/кг і 4 – 0,4 мг/кг. Використали чинні методики щодо визначення хімічного складу грудних і стегових м'язів курчат-бройлерів, зокрема масової частки вологи, загального вмісту жиру, азоту, масової частки загальної золи. Уміст селену визначали за методом атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою, токсико-біологічну оцінку – за допомогою інфузорій *Tetrachimena piriformis* штаму WH14, енергетичну цінність – розрахунковим методом, відповідно до хімічного складу м'язової тканини. Встановили, що вміст жиру збільшувався у грудних м'язах курчат-бройлерів 2 дослідної групи на 0,1 % ($p < 0,05$), 3 – на 0,3 ($p < 0,01$) та 4 – на 0,3 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою. Показник

Гриневич Н. Є., Ткачук С. А., Соболев О. І., Савчук Л. Б.

енергетичної цінності грудних м'язів курчат-бройлерів 3 дослідної групи збільшився на 2,2 % ($p < 0,05$), а 4 – на 2,8 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою. Концентрація селену зростала в грудних м'язах курчат-бройлерів 2 дослідної групи на 21,7 % ($p < 0,05$), 3 – на 70 % ($p < 0,01$), 4 – на 106 % ($p < 0,001$) порівняно з контрольною групою. При цьому, концентрація селену у стегнових м'язах курчат-бройлерів 2 дослідної групи збільшилась на 12,9 % ($p < 0,01$), 3 – на 57,1 ($p < 0,001$), 4 – на 85,7% ($p < 0,001$) порівняно з контрольною групою. Отже, концентрація селену в м'язовій тканині грудних і стегнових м'язів залежить від дози цього мікроелементу у кормах. Якість м'яса курчат-бройлерів покращувалася з додаванням до комбікорму неорганічної форми селену у дозі 0,3 і 0,4 мг/кг.

Ключові слова: грудні та стегові м'язи, хімічний склад, енергетична цінність, вміст селену, токсико-біологічна оцінка

Актуальність. На сьогодні, нестача селену у харчових продуктах і годівлі тварин залишається проблемою, яка призводить до підвищеного ризику різних захворювань, а також до зниження продуктивності та репродуктивної здатності тварин. З іншого боку, селеновмісні харчові продукти, такі як збагачене селеном м'ясо, можна розглядати як функціональну їжу, що виробляється з використанням різних форм неорганічного та органічного селену [1]. Неорганічні (селеніт натрію) та органічні (селенометіонін, селеноцистин і дріжджі, збагачені селеном) форми, а також наноформи селену використовуються як кормові добавки для птиці [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Селен в організмі птиці бере участь в окисно-відновних реакціях імуногенезу, сперматогенезу, остеогенезу та гормонопоезу. Біохімічні функції селену визначаються не самим мікроелементом, а селенопротеїнами,

які містять селеноцистеїновий залишок як невід'ємну частину їх активного центру. Селен є кофактором синтезу і складовою частиною ферментів антиоксидантної системи (глутатіонпероксидаза, тіоредоксинредуктаза та ін.), які беруть участь у перекисному окисненні ліпідів, каталізують відновлення перекису водню і майже всіх органічних гідроперексидів, у результаті чого відбувається стабілізація фізико-хімічної структури плазматичних мембран клітин і субклітинних органел, а також посилення в них регенеративних синтетичних процесів. Високий вміст селену у раціоні птиці може стимулювати репарацію ушкодженої канцерогеном ДНК [3]. Селен є важливим мікроелементом і ключовою частиною глутатіонпероксидази, впливає на зниження вмісту реактивної тіобарбітурової кислоти та малонового діальдегіду [4]. Збільшення антиоксидантної

здатності запобігає окисленню міоглобіну, що впливає на збереження якісних показників м'яса курчат-бройлерів [5, 6].

Разом із тим, однією з проблем якості м'яса курчат-бройлерів є рівень вологості та в'язувальності м'яса. Цю проблему виробники м'яса вирішували застосуванням у годівлі курчат-бройлерів вітаміну Е. Нині відомо, що ефективне використання вітаміну Е в організмі залежить від селеновмісних антиоксидантних ферментів і адекватне споживання селену необхідно для забезпечення найкращого використання цього дороговартісного вітаміну [7]. При цьому, дефіцит селену та вітаміну Е у годівлі курчат-бройлерів спричиняє виникнення ексудативного діатезу, аліментарної атрофії підшлункової залози та аліментарної м'язової дистрофії [8], особливо в стегнових м'язах бройлерів [9].

Таким чином, додавання селену необхідне для підтримки здоров'я та високої продуктивності курчат-бройлерів і мінімальний рівень додавання селену до їх годівлі становить 0,15 мг/кг залежно від варіації концентрації цього мікроелементу в кормах [10].

Введення до раціону м'ясному молодняку птиці селену покращує смакові якості та хімічний склад м'яса, зокрема сприяє підвищенню вмісту в грудних м'язах і м'язах стегна сухої речовини, протеїну та

жиру, а також збільшує поживну, та біологічну цінність м'яса цієї птиці [11].

Курчатам додавали до раціону 0,1 мг/кг селеніту натрію, що призвело до збільшення вмісту селену в м'язах, покращило їх антиоксидантні властивості та показники росту птиці [12–14].

Мета. Дослідити вплив різних доз неорганічної форми селену на хімічний склад, енергетичну та біологічну цінність і вміст селену в м'язовій тканині курчат-бройлерів.

Методи. Дослідження проводили впродовж 2023 року в умовах віваріуму Білоцерківського НАУ.

Матеріалом дослідження слугували курчата-бройлери у кількості 40 голів (табл. 1). Годували курчат сухими повноцінними комбікормами марки Київ-Атлантик Україна, для птиці з 21 до 35 доби – ростовий і з 36 до 42 доби – фінішним комбікормами. Птиці дослідних груп (30 голів) до комбікорму додавали різну кількість селену згідно зі схемою досліду (табл. 1). Тривалість досліду відповідала періоду вирощування курчат-бройлерів на м'ясо і становила 42 доби.

Напування курчат-бройлерів проводили досхочу за допомогою поїлок. Птицю утримували в приміщеннях з регульованою вентиляцією в клітках по 10 голів у кожній.

1. Схема науково-господарського досліджу

Група	Кількість птиці у групі, гол	Добавка до комбікорму селену, мг/кг
1 контрольна	10	Основний раціон (комбікорм) – ОР
2 дослідна	10	ОР + 0,2
3 дослідна	10	ОР + 0,3
4 дослідна	10	ОР + 0,4

Селен до комбікорму додавали у складі мінерального преміксу. Як джерело селену, використовували селеніт натрію класифікації “С” (ТУ 6-09-17-209-88, зареєстрований в ідентифікаторі хімічних сполук (CAS) під номером 10102-18-8).

Із закінченням науково-господарського досліджу відібрали по 4 голови (2 самки та 2 самці) птиці з кожної групи згідно з ДСТУ 3136:2017 Птиця сільськогосподарська для забою. Технічні умови [15].

Перед забоєм птицю витримували 10 годин без корму за вільного доступу до води. Доступ до води обмежували за 3 години до забою.

Знекровлення птиці здійснювали шляхом перерізування судин шиї, після чого тушки ошпарювали водою за температури від 51 до 57 °С протягом 2 хв, оперення знімали вручну.

Від курчат-бройлерів відбирали дослідний матеріал – стегові м'язи (чотирьохголовий м'яз стегна) та грудні (великий грудний м'яз) у спеціальні пакети з замком, підписували матеріал згідно дослідних груп і дат відбору та

заморожували за температури мінус 20 ± 2°С.

Під час проведення досліджень дотримувались положень «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених І Національним конгресом з біоетики (м. Київ, 2001 р.) [16]. Уся експериментальна частина досліджень проведена згідно з вимогами міжнародних принципів «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших цілей» [17] відповідно до Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№ 3447-IV від 21.02.2006 р., м. Київ).

Загальний хімічний склад м'яса (грудні м'язи та стегові м'язи) курчат-бройлерів, зокрема масову частку вологи [18], загальний вміст жиру [19], азоту [20], масову частку загальної золи [21] визначали згідно чинних методик.

Уміст селену визначали за методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП), на приладі Optima 210 DV фірми Perkin Elmer (США) та попередньою вологою мінералізацією зразків.

Токсико-біологічну оцінку (відносну біологічну цінність) грудних і стегових м'язів курчат-бройлерів дослідних і контрольної групи визначали за допомогою інфузорій *Tetrachimena piriformis* штаму WH14, енергетичну цінність – розрахунковим методом, відповідно до хімічного складу м'язової тканини.

Варіаційно-статистичну обробку отриманих цифрових показників проводили, використовуючи

комп'ютерні програмні пакети «Microsoft Excel», «Maple-12» (фірми Maplesoft, 2008). Достовірність визначали за критерієм Ст'юдента з урахуванням критерія значущості: $p < 0,05$; $p < 0,01$, $p < 0,001$.

Результати. Курчата-бройлери, яким упродовж періоду дослідження згодовували комбікорми, збагачені селеном, в основному мали кращі показники якості м'яса, ніж у контрольній групі (табл. 2).

2. Хімічний склад, енергетична та відносна біологічна цінність грудних м'язів курчат-бройлерів ($M \pm m$, $n = 4$)

Показник	Група			
	1 контрольна	2 дослідна	3 дослідна	4 дослідна
Вміст, % : сухої речовини	24,7±0,09	24,9±0,22	25,0±0,17	25,1±0,10*
протеїну	20,9±0,11	21,1±0,17	21,0±0,11	21,0±0,22
жиру	1,3±0,01	1,4±0,03*	1,6±0,06**	1,6±0,10*
золи	1,3±0,04	1,3±0,04	1,3±0,05	1,3±0,03
Енергетична цінність, ккал/100 г	103,0±0,41	104,3±0,77	105,3±0,64*	105,9±0,67*
Кількість вирослих інфузорій, шт/мл	6,31±0,295 ×10 ⁴	6,63±0,136 ×10 ⁴	6,59±0,174 ×10 ⁴	6,53±0,135 ×10 ⁴
Відносна біологічна цінність, %	100,0	105,1	104,4	103,5
Вміст селену, мкг%	6,0±0,34	7,3±0,23*	10,2±0,71**	12,4±0,70***

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ порівняно з контрольною групою.

За результатами дослідження, представленими в таблиці 1 слідує, що вміст сухої речовини в грудних м'язах курчат-бройлерів, яким згодовували 0,4 мг/кг селену, збільшувався на 0,4 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою. У інших дослідних групах цей показник також мав тенденцію до збільшення, що свідчить про зниження кількості загальної вологи в грудних м'язах птиці дослідних груп [7].

Збільшення вмісту сухої речовини в грудних м'язах курчат-бройлерів відбулося за рахунок незначного підвищення кількості протеїну. При цьому, статистично значимої різниці між показниками вмісту протеїну не встановлено.

Уміст жиру збільшувався в грудних м'язах курчат-бройлерів 2 дослідної групи на 0,1 % ($p < 0,05$), 3 – на 0,3 ($p < 0,01$) та 4 – на 0,3 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною

Гриневич Н. Є., Ткачук С. А., Соболев О. І., Савчук Л. Б.

групою. За показниками вмісту золи в грудних м'язах курчат-бройлерів статистично значимої різниці не виявлено.

Разом із тим, показник енергетичної цінності грудних м'язів курчат-бройлерів 3 дослідної групи збільшився на 2,2 % ($p < 0,05$), а 4 – на 2,8 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою.

За кількістю вирослих інфузорій *Tetrachimena piriformis* прослідковується тенденція до збільшення їх кількості в грудних

м'язах курчат-бройлерів усіх дослідних груп.

Уміст селену збільшився в грудних м'язах курчат-бройлерів 2 дослідної групи на 21,7 % ($p < 0,05$), у 3 – на 70 % ($p < 0,01$), у 4 – на 106 % ($p < 0,001$) порівняно з контрольною групою.

Результати дослідження щодо хімічного складу, енергетичної та відносної біологічної цінності стегнових м'язів курчат-бройлерів представлена у таблиці 3.

3. Хімічний склад, енергетична та відносна біологічна цінність стегнових м'язів курчат-бройлерів ($M \pm m, n = 4$)

Показник	Група			
	1 контрольна	2 дослідна	3 дослідна	4 дослідна
Вміст, % : сухої речовини	27,1±0,31	27,2±0,40	27,2±0,13	27,2±0,37
протеїну	18,0±0,15	17,9±0,06	18,0±0,08	18,3±0,18
жиру	6,9±0,42	7,1±0,27	7,0±0,32	7,2±0,34
золи	1,1±0,04	1,2±0,02	1,2±0,02	1,2±0,07
Енергетична цінність, ккал/100 г	142,1±2,51	143,3±1,86	143,3±2,06	144,2±2,95
Кількість вирослих інфузорій, шт/мл	8,59±0,304 ×10 ⁴	8,48±0,355 ×10 ⁴	8,80±0,061 ×10 ⁴	8,71±0,092 ×10 ⁴
Відносна біологічна цінність, %	100,0	98,7	102,4	101,4
Вміст селену, мкг%	7,7±0,17	8,7±0,13**	12,1±0,32***	14,3±0,43***

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ порівняно з контрольною групою.

Як видно з таблиці 3, за вмістом сухої речовини, протеїну, жиру, золи, а також енергетична цінність м'язової тканини, кількість вирослих інфузорій *Tetrachimena piriformis* прослідковувалась лише тенденція до незначного збільшення показників. Тому, можемо припустити, що хімічний склад стегнових м'язів курчат-бройлерів не залежить від згодовування селену у дозі від 0,2 до 0,4 мг/кг.

За отриманими результатами встановили, що з підвищенням рівня селену в раціоні молодняку птиці зростає і його концентрація у м'язовій тканині. Отримані результати збігаються з результатами дослідження інших вчених [9,12–14].

При цьому, вміст селену в стегнових м'язах курчат-бройлерів 2 а дослідної групи збільшилась на 12,9 % ($p < 0,01$), у 3 – на 57,1 ($p < 0,001$),

Гриневич Н. Є., Ткачук С. А., Соболев О. І., Савчук Л. Б.

у 4 – на 85,7 % ($p < 0,001$) порівняно з контрольною групою.

Boiago et al, 2014, довели наявність лінійного впливу рівня селену в раціоні курчат на кількість депонованого в м'язах [22].

Слід також відзначити, що у пробах грудних і стегових м'язів курчат-бройлерів контрольної та дослідних (табл. 2,3) груп не знайдено мертвих або деформованих інфузорій, що вказує на відсутність токсичності цих зразків.

Таким чином, концентрація селену в м'язовій тканині грудних і стегових м'язів залежить від дози цього мікроелементу у кормах. Рядом дослідників доведено, що раціон курчат-бройлерів має містити селену не менше 0,3 мг/кг корму [23]. Крім того, додавання до раціону годівлі курчат 0,6 мг/кг селеніту натрію впливає на збільшення приросту живої маси та покращення якісних показників м'яса [24].

Висновки

1. За проведеними дослідженнями встановили достовірне збільшення вмісту жиру в грудних м'язах курчат-бройлерів, яким додавали до комбікорму 0,2 мг/кг селеніту натрію на 0,1 % ($p <$

0,05), 0,3 мг/кг – на 0,3 ($p < 0,01$) і 0,4 мг/кг – на 0,3 % ($p < 0,05$).

2. Показник енергетичної цінності грудних м'язів курчат-бройлерів, яким додавали до комбікорму 0,3 мг/кг селеніту натрію збільшився на 2,2 % ($p < 0,05$) і 0,4 мг/кг – на 2,8 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою.

3. Концентрація селену в грудних м'язах курчат-бройлерів вища, ніж у стегових, що пов'язано з функціональним навантаженням на грудні і тазові кінцівки птиці. Про це свідчить достовірне збільшення вмісту селену в грудних м'язах курчат-бройлерів, яким додавали до комбікорму 0,2 мг/кг на 21,7 % ($p < 0,05$), 0,3 мг/кг – на 70 % ($p < 0,01$), 0,4 мг/кг – на 106 % ($p < 0,001$) порівняно з контрольною групою. При цьому, вміст селену в стегових м'язах курчат-бройлерів, яким додавали до комбікорму 0,2 мг/кг збільшилась на 12,9 % ($p < 0,01$), 0,3 мг/кг – на 57,1 ($p < 0,001$) і 0,4 мг/кг – на 85,7 % ($p < 0,001$) порівняно з контрольною групою.

4. Показники якості м'яса курчат-бройлерів покращувалися з додаванням до комбікорму неорганічної форми селену у дозі 0,3 і 0,4 мг/кг.

2. Vami M.K., Afsharmanesh M., Espahbodi M., Esmailzadeh E. Effects of dietary nano-selenium supplementation on broiler chicken performance, meat selenium content, intestinal microflora, intestinal morphology, and immune response. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2022.

Список використаних джерел

1. Mohamed D.A., Sazili A.Q., Teck Chwen L., Samsudin A.A. Effect of microbiota-selenoprotein on meat selenium content and meat quality of broiler chickens. *Animals*. 2020. Vol. 10. P. 981. doi: 10.3390/ani10060981.

Гриневич Н. Є., Ткачук С. А., Соболев О. І., Савчук Л. Б.

Vol. 69. P. 126897. doi: 10.1016/j.jtemb.2021.126897.

3. Соболев О. І. Рекомендації щодо використання селену в годівлі м'ясного молодняка сільськогосподарської птиці. Біла Церква, 2010. 9 с.

4. Hussein E., Selim S. Efficacy of yeast and multi-strain probiotic alone or in combination on growth performance, carcass traits, blood biochemical constituents, and meat quality of broiler chickens. *Livestock Science*. 2018. Vol. 216. P. 153–159. doi: 10.1016/j.livsci.2018.08.008.

5. Bakhshalinejad R., Hassanabadi A., Swick R.A. Dietary sources and levels of selenium supplements affect growth performance, carcass yield, meat quality and tissue selenium deposition in broilers. *Animal Nutrition*. 2019. Vol. 5. P. 256–63. doi: 10.1016/j.aninu.2019.03.003.

6. Choi Y.M., Nam K.W., Choe J.H. Ryu Y.C., Wick M.P., Lee K., Kim B.C. Growth, carcass, fiber type and meat quality characteristics in large white pigs with different live weights. *Livestock Science*. 2013. Vol. 155. Is. 1. P. 123–129. doi: 10.1016/j.livsci.2013.02.009.

7. Xue J., Fang C., Mu R., Zhuo R., Xiao Y., Qing Y., Tang J., Fang R. Potential mechanism and effects of different selenium sources and different effective microorganism supplementation levels on growth performance, meat quality and muscle fiber characteristics of three-yellow chickens. 2022. *Frontiers in Nutrition*. Vol. 9. P. 869540. doi: 10.3389/fnut.2022.869540.

8. Sun L.H., Huang J.Q., Deng J., Lei X.G. Avian selenogenome: response to dietary Se and vitamin E deficiency and supplementation. *Poultry Science*. 2019. Vol. 98. Is. 10. P. 4247–4254. doi: 10.3382/ps/pey408.

9. Yang J.-Ch., Huang Y.-X., Sun H., Liu M., Zhao L., Sun L.-H. Selenium deficiency dysregulates one-carbon metabolism in nutritional muscular dystrophy of chicks. *The Journal of Nutrition*. 2023. Vol. 153. Is. 1. P. 47–55. doi: 10.1016/j.tjn.2022.12.001.

10. Surai P.F., Fisinin V.I. Selenium in poultry breeder nutrition: An update. *Animal Feed Science and Technology*. 2014. Vol. 191. P. 1–15. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2014.02.005.

11. Wang Ch-L., Xing G-Z., Wang L-s., Li S-f., Zhang L-Y., Lu L., Luo X-g., Liao X-D. Effects of selenium source and level on growth performance, antioxidative ability and meat quality of broilers. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20. Is. 1. P. 227–235. doi: 10.1016/S2095-3119(20)63432-3.

12. Saleh A.A., Ebeid T.A. Feeding sodium selenite and nano-selenium stimulates growth and oxidation resistance in broilers. *South african journal of animal science*. 2019. Vol. 49. No. 1. P. 176–184. doi: 10.4314/sajas.v49i1.20.

13. Ahmad H., Tian J., Wang J., Khan M.A., Wang Y., Zhang L., Wang T. *The journal of agricultural and food chemistry*. 2012. Vol. 60. Is. 29. P. 7111–7120. doi: 10.1021/jf3017207.

14. Mohamed D.A., Sazili A.Q., Teck Chwen L., Samsudin A.A. Effect of microbiota-selenoprotein on meat selenium content and meat quality of broiler chickens. *Animals*. 2020. Vol. 10. P. 981. doi: 10.3390/ani10060981.

15. ДСТУ 3136-2017. Птиця сільськогосподарська для забою. Технічні умови. [Чинний від 2019-01-01]. Київ, 2017. 9 с.

16. Європейська конвенція про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/994_137.

17. Про захист тварин від жорстокого поводження. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3447-15>.

18. ДСТУ ISO 1442:2005. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод). Введ. вперше; чинний від 2007-04-01. К. : Держспоживстандарт України, 2007. 9 с.

19. ДСТУ 8380:2015 М'ясо та м'ясні продукти. Метод вимірювання масової частки жиру. Чинний від 2017-07-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2017. 10 с.

20. ДСТУ ISO 937:2005 (2007). М'ясо та м'ясні продукти. Визначення вмісту азоту (контрольний метод). Київ : Держспоживстандарт України. 6 с.

21. ДСТУ ISO 936:2008 М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення масової частки загальної золи (ISO 936:1998, IDT).

Гриневич Н. Є., Ткачук С. А., Соболев О. І., Савчук Л. Б.

Чинний від 2008-01-01. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 30 с.

22. Voiago M.M., Borba H., Leonel F.R., Giampietro-Ganeco A., Ferrari F.B., Stefani L.M., Alves de Souza P. Sources and levels of selenium on breast meat quality of broilers. *Food Technology*. 2014. Vol. 44. No. 9. P. 1692–1698. doi: 10.1590/0103-8478cr20131256.

23. Juniper D.T., Kliem K.E., Lee A., Rymer C. The effect of stocking rate and supplementary selenium on the fatty acid composition and subsequent peroxidisability of poultry muscle tissues. *Animal*. 2022. Vol. 16, Is. 3. P. 100459. doi: 10.1016/j.animal.2022.100459.

24. Zhao X., Xin K., Sun L., Qin S., Liu W., Ren C., Tang D. Effects of increasing dietary sodium selenite and selenium yeast levels on growth. *Food Science and Technology (Campinas)*. 2023. Vol. 43. e109822. doi.org/10.1590/fst.109822.

References

1. Mohamed, D.A., Sazili, A.Q., Teck Chwen, L., & Samsudin, A.A. (2020). Effect of microbiota-selenoprotein on meat selenium content and meat quality of broiler chickens. *Animals*, 10, 981. doi: 10.3390/ani10060981.

2. Bami, M.K., Afsharmanesh, M., Espahbodi, M., & Esmailzadeh, E. (2022). Effects of dietary nano-selenium supplementation on broiler chicken performance, meat selenium content, intestinal microflora, intestinal morphology, and immune response. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 69, 126897. doi: 10.1016/j.jtemb.2021.126897.

3. Sobolev, O. I. (2010). Recommendations for the use of selenium in feeding young meat poultry. *Bila Tserkva*, 9.

4. Hussein, E., & Selim, S. (2018). Efficacy of yeast and multi-strain probiotic alone or in combination on growth performance, carcass traits, blood biochemical constituents, and meat quality of broiler chickens. *Livestock Science*, 216, 153-159. doi: 10.1016/j.livsci.2018.08.008.

5. Bakhshalinejad, R., Hassanabadi, A., & Swick, R.A. (2019). Dietary sources and levels of selenium supplements affect growth performance, carcass yield, meat quality and tissue selenium deposition in broilers. *Animal*

Nutrition, 5, 256-63. doi: 10.1016/j.aninu.2019.03.003.

6. Choi, Y.M., Nam, K.W., Choe, J.H., Ryu, Y.C., Wick, M.P., Lee, K., & Kim, B.C. (2013). Growth, carcass, fiber type and meat quality characteristics in large white pigs with different live weights. *Livestock Science*, 155(1), 123-129. doi: 10.1016/j.livsci.2013.02.009.

7. Xue, J., Fang, C., Mu, R., Zhuo, R., Xiao, Y., Qing, Y., Tang, J., & Fang, R. (2022). Potential mechanism and effects of different selenium sources and different effective microorganism supplementation levels on growth performance, meat quality and muscle fiber characteristics of three-yellow chickens. *Frontiers in Nutrition*, 9, 869540. doi: 10.3389/fnut.2022.869540.

8. Sun, L.H., Huang, J.Q., Deng, J., & Lei, X.G. (2019). Avian selenogenome: response to dietary Se and vitamin E deficiency and supplementation. *Poultry Science*, 98(10), 4247-4254. doi: 10.3382/ps/pey408.

9. Yang, J.-Ch., Huang, Y.-X., Sun, H., Liu, M., Zhao, L., & Sun, L.-H. (2023). Selenium deficiency dysregulates one-carbon metabolism in nutritional muscular dystrophy of chicks. *The Journal of Nutrition*, 153(1), 47-55. doi: 10.1016/j.tjn.2022.12.001.

10. Surai, P.F., & Fisinin, V.I. (2014). Selenium in poultry breeder nutrition: An update. *A Animal feed science and technology*, 191, 1–15. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2014.02.005.

11. Wang, Ch-L., Xing, G-Z., Wang, L-s., Li, S-f., Zhang, L-Y., Lu, L., Luo, X-g., & Liao, X-D. (2021). Effects of selenium source and level on growth performance, antioxidative ability and meat quality of broilers. *Journal of integrative agriculture*, 20(1), 227-235. doi: 10.1016/S2095-3119(20)63432-3.

12. Saleh, A.A., & Ebeid, T.A. (2019). Feeding sodium selenite and nano-selenium stimulates growth and oxidation resistance in broilers. *South african journal of animal science*, 49(1), 176-184. doi: 10.4314/sajas.v49i1.20.

13. Ahmad, H., Tian, J., Wang, J., Khan, M.A., Wang, Y., Zhang, L., & Wang, T. (2012). *The journal of agricultural and food chemistry*, 60(29), 7111-7120. doi: 10.1021/jf3017207.

14. Mohamed, D.A., Sazili, A.Q., Teck Chwen, L., & Samsudin, A.A. (2020). Effect of microbiota-selenoprotein on meat selenium content and meat quality of broiler chickens. *Animals*, 10, 981. doi: 10.3390/ani10060981.
15. DSTU 3136-2017. Agricultural poultry for slaughter. Specifications. [Effective from 2019-01-01]. Kyiv, 2017. 9 p.
16. European convention on the protection of vertebrate animals used for research and other scientific purposes. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/994_137.
17. On the protection of animals from cruelty. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3447-15>.
18. Meat and meat products. Method for determining moisture content (control method): DSTU ISO 1442:2005. Input for the first time; valid from 2007-04-01. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2007, 9 (National Standards of Ukraine)
19. Meat and meat products. The method of measuring the mass fraction of fat: DSTU 8380:2015. Valid from 2017-07-01. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2017, 10 (National Standards of Ukraine).
20. Meat and meat products. Determination of nitrogen content (control method): DSTU ISO 937:2005. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 6 (National Standards of Ukraine).
21. Meat and meat products. Method for determining the mass fraction of total ash (ISO 936:1998, IDT): DSTU ISO 936:2008. Valid from 2008-01-01. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2008. 30 (National Standards of Ukraine).
22. Boiago, M.M., Borba, H., Leonel, F.R., Giampietro-Ganeco, A., Ferrari, F.B., Stefani, L.M., & Alves de Souza, P. (2014). Sources and levels of selenium on breast meat quality of broilers. *Food Technology*, 44(9), 1692–1698. doi: 10.1590/0103-8478cr20131256.
23. Juniper, D.T., Kliem, K.E., Lee, A., & Rymer, C. (2022). The effect of stocking rate and supplementary selenium on the fatty acid composition and subsequent peroxidisability of poultry muscle tissues. *Animal*, 16(3), 100459. doi: 10.1016/j.animal.2022.100459.
24. Zhao, X., Xin, K., Sun, L., Qin, S., Liu, W., Ren, C., & Tang, D. (2023). Effects of increasing dietary sodium selenite and selenium yeast levels on growth. *Food science and technology* (Campinas), 43, e109822. doi.org/10.1590/fst.109822.

MEAT QUALITY OF BROILER CHICKENS BY FEEDING INORGANIC FORM OF SELENIUM

N. E. Hrynevych, S. A. Tkachuk, O. I. Sobolev, L. B. Savchuk

Abstract. *The addition of selenium is necessary to maintain the health and high productivity of broiler chickens and to improve the palatability and chemical composition of the meat. This helps to increase the content of dry matter, protein and fat in the breast and thigh muscles, and also increases the nutritional and biological value of poultry meat. Determination of the optimal dose of the inorganic form of selenium in the feed of broiler chickens remains a problematic issue. The purpose of the study is to investigate the effect of different doses of selenium (0.2 mg/kg, 0.3 and 0.4 mg/kg) on the chemical composition, energy and biological value of muscle tissue of broiler chickens. Broiler chickens in the amount of 40 heads served as the research material. Poultry of the control group (10 heads) received compound feed according to the growing periods, and experimental groups (30 heads) received compound feed with the addition of different amounts of sodium selenite: group 2 – 0.2 mg/kg, group 3 – 0.3 mg/kg and group 4 – 0.4 mg/kg. Current methods were used to determine the chemical composition of the pectoral and femoral muscles of broiler chickens, in particular, the mass fraction of moisture, the total content of fat, nitrogen, and the mass fraction of total ash. The content of selenium was determined by the method of atomic*

Гриневич Н. Є., Ткачук С. А., Соболев О. І., Савчук Л. Б.

emission spectrometry with inductively coupled plasma, the toxicological assessment was carried out using Tetrachimena piriformis strain WH14 ciliates, the energy value was determined by the calculation method, according to the chemical composition of muscle tissue. It was found that the fat content increased in the pectoral muscles of broiler chickens of experimental group 2 by 0.1 % ($p < 0.05$), 3 – by 0.3 ($p < 0.01$) and 4 – by 0.3 % ($p < 0.05$) compared to the control group. The indicator of energy value of breast muscles of broiler chickens of experimental group 3 increased by 2.2 % ($p < 0.05$), and 4 – by 2.8 % ($p < 0.05$) compared to the control group. Selenium concentration increased in the pectoral muscles of broiler chickens of experimental group 2 by 21.7 % ($p < 0.05$), 3 – by 70% ($p < 0.01$), 4 – by 106% ($p < 0.001$) compared to the control group. At the same time, the concentration of selenium in the femoral muscles of broiler chickens of experimental group 2 increased by 12.9 % ($p < 0.01$), 3 – by 57.1 ($p < 0.001$), 4 – by 85.7 % ($p < 0.001$) compared to the control group. Therefore, the concentration of selenium in the muscle tissue of the pectoral and thigh muscles depends on the dose of this trace element in feed. The quality of meat of broiler chickens improved with the addition of inorganic form of selenium to compound feed at a dose of 0.3 and 0.4 mg/kg.

Key words: *pectoral and femoral muscles, chemical composition, energy value, selenium content, toxicological evaluation.*

РЕНТГЕНОЛОГІЧНІ ЗМІНИ КОЛІННОГО СУГЛОБУ КРОЛЯ ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОСТЕОАРТРОЗУ

І. М. ГОРКАВА, аспірантка, <https://orcid.org/0000-0001-7305-2547>

E-mail: vet.dr.irynanickolaevna@gmail.com

М. О. МАЛЮК, доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри,

<https://orcid.org/0000-0003-3019-6035>

E-mail: nikolai_malyuk@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.016](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.016)

***Анотація.** У ветеринарній медицині найпоширенішим та найдоступнішим методом діагностики хвороб апарату руху в тварин вважаються рентгенологічні дослідження [1].*

У зв'язку з цим дослідження викладені в цій статті були спрямовані на оцінку ступеня дегенеративних змін під час моделювання остеоартрозу колінного суглоба за допомогою рентгенографії.

Матеріалом дослідження були суглоби експериментальних тварин (кролів) із сформованим остеоартрозом колінного суглобу на 14, 21 та 28 доби експерименту.

Кролям моделювали дегенеративні зміни в колінному суглобі шляхом внутрішньосуглобового уведення 4% розчину ретинолу ацетату і коєвої кислоти. На 7, 14, 21 і 28 доби експерименту проводили рентгенологічне дослідження.

Рентгенологічні дослідження проводили в двох проекціях, а саме у прямій (вентро-дорсальній) та боковій (медіо-латеральній) проекціях. Дослідження проводили на базі навчальної лабораторії «Ветеринарної рентгенології та рентгенодіагностики» кафедри терапії і клінічної діагностики ФВМ Національного університету біоресурсів і природокористування України з використанням рентгенологічного приладу ВАТЕЛ – 1

У тварин на 14 добу експериментальних досліджень за проведення рентгенографії видимої кісткової патології не відмічено, висота суглобової щілини збережена білатерально. На 21 добу в ділянці правого колінного суглобу (в якому формували патологічний процес) при проведенні рентгенографії відмічається помірне зниження висоти суглобової щілини з перевагою в медіальному відділі. На 28 добу експерименту в ділянці правого колінного суглобу під час проведення рентгенографії відмічається рівномірне зниження висоти суглобової щілини. Дані зміни вказують на прогресуючі дегенеративні зміни з втратою хряща в колінному суглобі дослідних тварин.

Отже, на рентгенологічних знімках у кролів за експериментального остеоартрозу на 21 і 28 доби експерименту відзначали зниження висоти суглобової щілини у колінному суглобі.

***Ключові слова:** остеоартрит, колінний суглоб, експериментальна модель, суглобовий хрящ, візуальна діагностика, рентгенографія*

Горкава І. М., Малюк М. О.

Вступ. Суглобовий хрящ, як основний компонент синовіальних суглобів, забезпечує гладку поверхню ковзання для артикуляції кісткових компонентів суглоба. Нормальне функціонування всіх синовіальних суглобів для підтримки рухливості залежить від синовіальної рідини суглобової щілини, а також від цілісності суглобового хряща. Хрящ характеризується як м'яка тканина, що містить колагенові волокна для міцності на розтягування і протеоглікани для внутрішнього тиску через гідратацію. Суглобовий хрящ схильний до дегенерації, яка посилюється з віком. На жаль, хрящ не здатний самостійно відновлюватися, оскільки катаболічні процеси випереджають анаболічні процеси. Остеоартроз, як патологічний наслідок цього процесу, це дегенеративне захворювання суглобів, при якому руйнування хряща починається з невеликих змін у біохімії та морфології цілісності матриксу. Це руйнування може перерости в руйнування суглобової поверхні з супутніми змінами в пов'язаних кісткових структурах, болем і втратою рухливості в ураженому суглобі [2].

Остеоартроз (ОА) являється однією з поширених хвороб серед тварин різного віку, але найчастіше зустрічається у геріатричних пацієнтів. Основною особливістю цієї патології є дегенеративні зміни суглобів з ураженням хрящової

тканини і зміною структури субхондральної кістки [3]. За цієї патології можливі компенсаторна активація ангиогенезу [4] та ішемічні зміни хряща й кістки [5].

Загальноприйнятою світовою практикою є моделювання остеоартрозу в лабораторних тварин із дослідженням ефективності різних методів лікування [6]. Достатньо відомим є спосіб моделювання остеоартрозу, що полягає у введенні в суглоб лабораторних кролів вітаміну А (із розрахунку 13,5–13,9 мг на 1 кг маси тіла) один раз на добу впродовж 2 діб, що порушує процеси синтезу/резорбції тканин суглоба і призводить до яскраво виражених запальних деструктивних змін у суглобі та параартикулярних тканинах [7].

Через високий вміст води хрящ не можна візуалізувати за допомогою звичайної рентгенографії. Тому руйнування хряща можна ідентифікувати під час рентгенографії лише за зміною простору який зазвичай займає здоровий суглобовий хрящ між двома кістковими поверхнями суглоба та його формою (наявність узурації чи екзостозів). Очевидно, що на цьому етапі дегенерація хряща матиме значний вплив на функціональність [2, 8].

Точні та високо відтворювані вимірювання швидкості прогресування остеоартрозу мають вирішальне значення для оцінки

Горкава І. М., Малюк М. О.

структурних змін і вимагають дотримання строгих стандартів позиціонування, які включають специфікації щодо згинання та обертання суглоба, а також кут рентгенівського променя. Прогресування остеоартриту традиційно вимірювали за допомогою рентгенографії ширини суглобової щілини (joint space width, JSW). За останні два десятиліття було розроблено численні протоколи рентгенографії колінного суглоба з різними рівнями складності та ефективності, оскільки вони стосуються виявлення втрати JSW (тобто звуження суглобової щілини). Було розроблено напівавтоматичне програмне забезпечення для підвищення точності вимірювання JSW порівняно з ручними методами. Вимірювання JSW включає мінімальну JSW, середню JSW або площу суглобової щілини та JSW у фіксованих місцях [9, 10].

Будь-яке помірне збільшення капсульного або інтракапсулярного об'єму м'яких тканин суглоба можна виявити на якісних рентгенограмах. Суглобовий хрящ, синовіальну рідину, синовіальну оболонку та суглобову капсулу неможливо диференціювати, оскільки всі вони є непрозорими м'якими тканинами і, отже, мають силует один щодо одного. У більшості суглобів збільшення синовіальної маси проявляється у вигляді навколосуглобового набряку м'яких

тканин, що визначається рентгенологічно за збільшенням помутніння уражених м'яких тканин [1, 11].

Для оцінки синовіального об'єму в колінному суглобі можна використовувати ознаку інфрапателлярної жирової подушечки. Нормальна піднадколінна жирова подушечка легко ідентифікується на латеральних рентгенограмах коліна як відносно прозора трикутна ділянка безпосередньо каудально від зв'язки надколінка (Рис. 1). Коли здушена синовіальна маса збільшується через збільшення синовіальної рідини або м'яких тканин, комбінація запальної реакції та випоту спричиняє зміну форми жирової подушечки, і вона стає менш помітною [1, 11].

Суглобова щілина — це область непрозорості м'яких тканин між поверхнями субхондральної кістки протилежних поверхонь суглоба, що несуть вагу. Цей простір складається з двох шарів суглобового хряща, розділених мікроплівкою синовіальної рідини. На ранніх стадіях захворювання суглобів синовіальний випіт може викликати розширення суглобової щілини. У міру прогресування захворювання суглобів стирання суглобового хряща призводить до зменшення ширини суглобової щілини [1, 11].

Субхондральна кістка відокремлена від синовіальної рідини непошкодженим шаром суглобового

Горкава І. М., Малюк М. О.

хряща. Будь-яке захворювання, яке змінює характер синовіальної рідини, викликаючи ерозію суглобового хряща, потенційно загрожує цілісності субхондральної кістки. При запальних захворюваннях суглобів запальний ексудат може спричинити виражену субхондральну втрату кісткової тканини. Втрата

субхондральної кістки спочатку проявляється у вигляді нерівного краю субхондральної кістки, але вона може поширюватися і викликати помітне руйнування кістки (Рис. 1). Коли втрата кісткової маси зачіпає менші кістки зап'ястя та плесна, маса цих малих кубовидних кісток може різко зменшитися [1, 11].

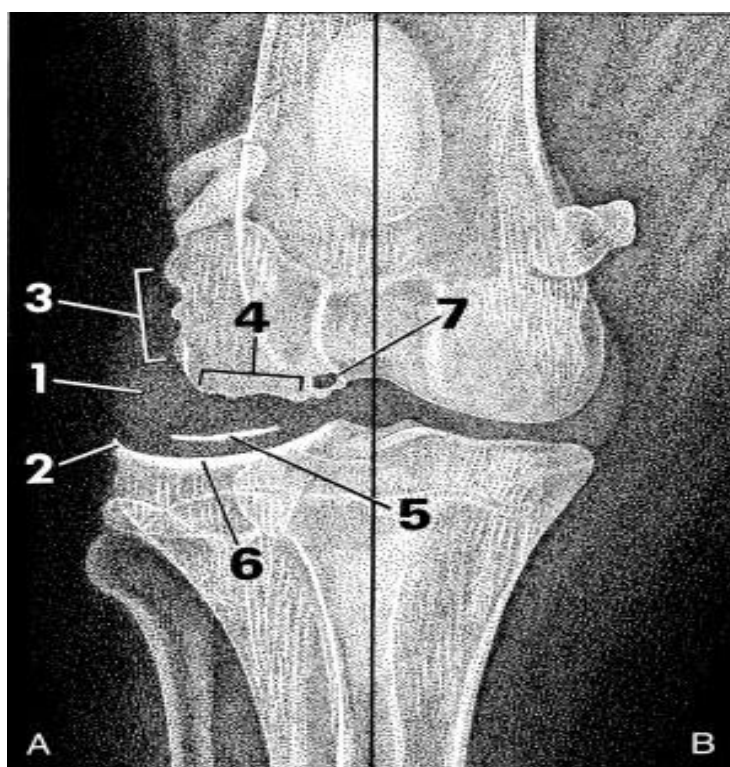


Рисунок 1. Рентгенологічні ознаки захворювання суглобів (А) порівняно з нормальним суглобом (В). Збільшення синовіальної маси (1), перихондральний остеофіт (2) і утворення ентезофітів (3) є загальними рентгенографічними змінами. Ерозія субхондральної поверхні кістки (4) і суглобів мишей (5) зустрічаються рідше, тоді як збільшення субхондральної кісткової прозорості (6) і утворення субхондральної кісткової кісти (7) є ознаками хронічного захворювання суглобів [1, 11].

При захворюваннях суглобів, таких як дегенеративні захворювання суглобів,

доброякісних субхондральна кістка може бути більш непрозорою, ніж зазвичай, через ремоделювання стресу.

Горкава І. М., Малюк М. О.

Підвищене помутніння субхондральної кістки зазвичай проявляється у вигляді субхондральної зони підвищеної прозорості шириною від 1 до 2 мм [1, 11].

Суглобовий хрящ зливається з синовіальною оболонкою в місці хондросиновіального з'єднання. Ця високосудинна мембрана чутлива до запалення. Синовіальне запалення або гіпертрофія може призвести до ерозії кістки, що прилягає до синовіальної оболонки. Запалення на ранній стадії призводить до того, що прилегла кістка виглядає нерівною та гостровидною. Тривале або важке синовіальне запалення або гіпертрофія може спричинити виражену ерозію кістки [1, 11].

Згідно з класифікацією J.H. Kellgren, J.S. Lawrence (1957), виділяють 4 стадії остеоартрозу [11, 12]. Під час рентгенологічного дослідження при I–II стадії остеоартрозу виявляють незначне звуження та нерівномірність суглобової щілини [11, 12]. При III стадії остеоартрозу рентгенологічно визначають звуження суглобової щілини більш ніж наполовину порівняно зі здоровим суглобом та її нерівномірність, що пов'язано з руйнуванням хрящового покриву в найбільш навантажуваних ділянках. Відзначають склероз підхрящової суглобової пластинки під ділянками деструкції хряща і появу осередків остеосклерозу та остеопорозу в

субхондральній кістковій тканині. Виявляють також значні кінцеві кісткові розростання – як в ділянці суглобової впадини, так і суглобової головки. Змінюється форма суміжних поверхонь, хоча на цій стадії захворювання такі зміни виражені помірно [11, 12]. На IV стадії ОА рентгенологічно виявляють значне звуження суглобової щілини за рахунок вираженого, а часто й повного руйнування суглобового хряща, менісків і внутрішньосуглобових зв'язок. Суглобові поверхні та кісткові кінцеві розростання навколо них щільно контактують між собою в найбільш навантажуваних ділянках. Різко змінюється форма зчленування кісток, кісткові кінцеві розростання оточують суглобові поверхні та, нашаровуючись на суміжні відділи кісток, різко обмежують рухи. Окрім остеофітів, що повністю зливаються з відповідною кісткою, у кульшовому та колінному суглобах часто виявляють кісткові утворення, які виникають шляхом осифікації окремих ділянок суглобової капсули та параартикулярних м'яких тканин. Виявляють ділянки вираженого склерозу кісток у найбільш навантажуваних ділянках, часто – кістоподібні порожнини, а на прилеглих ділянках кісткової тканини — остеопороз [11, 12].

Отже зміни поступово впливають на всі структури суглоба, включаючи потовщену суглобову

Горкава І. М., Малюк М. О.

капсулу із запаленою синовіальною оболонкою та зниженою в'язкістю синовіальної рідини, пошкодженням хряща та субхондральних кісток і розвитком остеофітів. Проведення рентгенографії дає можливість візуалізувати ступінь руйнування кісток і хрящів.

Мета дослідження: вивчити рентгенологічні зміни у колінному суглобі кролів за експериментального остеоартрозу.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження служили 24 кролі-самці породи Англійський плямистий «Метелик» віком 4 місяців, вагою від 2,5 до 2,8 кг, клінічно здорові. Вони були розділені на дві групи тварин: контрольна група – 12 тварин; дослідна група – 12 тварин.

Контрольній групі тварин – внутрішньосуглобово вводили ізотонічний 0,9 % розчин NaCl в дозі 0,7 мл. Дослідній групі тварин – моделювали експериментальний ОА шляхом внутрішньосуглобового уведення 4 % розчину ретинолу ацетату і коєвої кислоти (препарат Yellow peel, Medicare, Німеччина) в дозі 0,7 мл. Внутрішньосуглобові введення проводили за допомогою голки 23 G (0,6 *32 мм) з інтервалом 7 діб, дворазово.

Під час моделювання експериментального остеоартрозу проводили загальне спостереження за тваринами, а також пункцію колінного суглоба.

Експерименти з використанням лабораторних тварин проведені з дотриманням вимог «Загальних етичних принципів проведення експериментів на тваринах», схвалених I Національним конгресом з біоетики (20.09.2004р., Київ, Україна) [13, 14, 15] та положень «Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, яких використовують в експериментальних та інших наукових цілях» (Страсбург, 1986) [16], Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (Відомості ВР , 2010) [17].

Рентгенологічне дослідження проводили під загальною анестезією відповідно до безпечних анестезіологічних протоколів «Standard operating procedure #114 rabbit anesthesia» [18] та принципів проведення анестезії відповідно до настанов «Principles of rabbit anaesthesia for veterinary nurses» [19]. Нами було обрано протокол з використанням для седації препарат «Дексмедетомедин» в дозуванні 0,05 – т 0,2mg/kg та для індукції використовували „Пропофол 1 %», в дозуванні 1 – 2mg/kg .

Рентгенологічні дослідження проводили в двох проєкціях, а саме у прямій (вентро-дорсальній) та боковій (медіо-латеральній) проєкціях. Дослідження проводили на базі навчальної лабораторії «Ветеринарної рентгенології та рентгенодіагностики» кафедри терапії

Горкава І. М., Малюк М. О.

і клінічної діагностики ФВМ Національного університету біоресурсів і природокористування України з використанням

рентгенологічного приладу ВАТЕЛ – 1 (2010 р., Україна) (рис.2.), максимально прискорювальною напругою 90кВ



Рисунок 2. Рентгенологічний прилад ВАТЕЛ – 1

Результати та їх обговорення.

Проведення рентгенологічного дослідження ушкодженого суглобу має не лише важливу діагностичну мету, а й дозволяє проводити моніторинг якості проведеного лікування патологічного процесу.

Слід відмітити, що у дослідних тварин на 7 добу експерименту видимих рентгенологічних зміни у колінному суглобі не виявлено. На 14 добу (рис. 3) експерименту, після формування патологічного процесу в колінних суглобах при проведенні рентгенографії також видимої кісткової патології не відмічено, висота суглобової щілини збережена білатерально. Відсутність змін на рентгенівському знімку вказує на не високу чутливість даного методу досліджень. При цьому на

рентгенівському знімку не виражений запальний процес.

Через високий вміст води хрящ не можна візуалізувати за допомогою звичайної рентгенографії. Тому руйнування хряща можна ідентифікувати при проведенні рентгенографії лише за звуженням простору (який зазвичай займає здоровий суглобовий хрящ між двома кістковими поверхнями суглоба [2]).

Як видно із рис. 4, на 21 добу в ділянці правого колінного суглобу (в якому формували патологічний процес) під час проведення рентгенографії відмічається помірне зниження висоти суглобової щілини з перевагою в медіальному відділі. Лівий колінний суглоб без видимої кісткової патології. Це пов'язано з дегенеративними змінами та втратою

Горкава І. М., Малюк М. О.

хрящової тканини в колінному суглобі в який було введено подразнюючу речовину, що викликає звуження

суглобової щілини починаючи з сторони де було більше накопичення подразнюючої речовини.

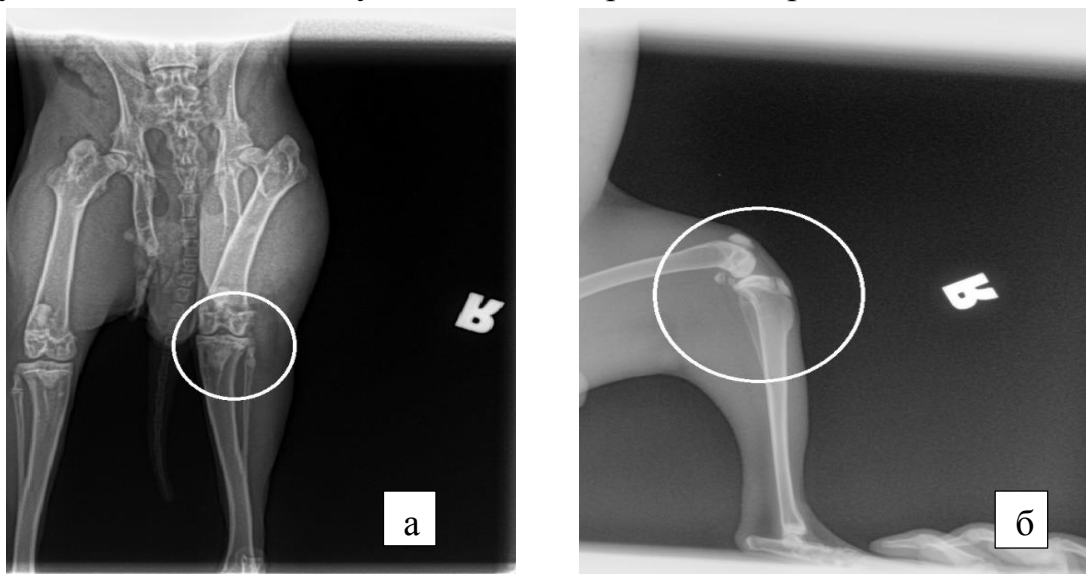


Рисунок 3. Рентгенівський знімок колінного суглобу кроля за експерментального остеоартрозу на 14 добу експерименту: а – вентро-дорсальна проекція; б – медіо-латеральна проекція

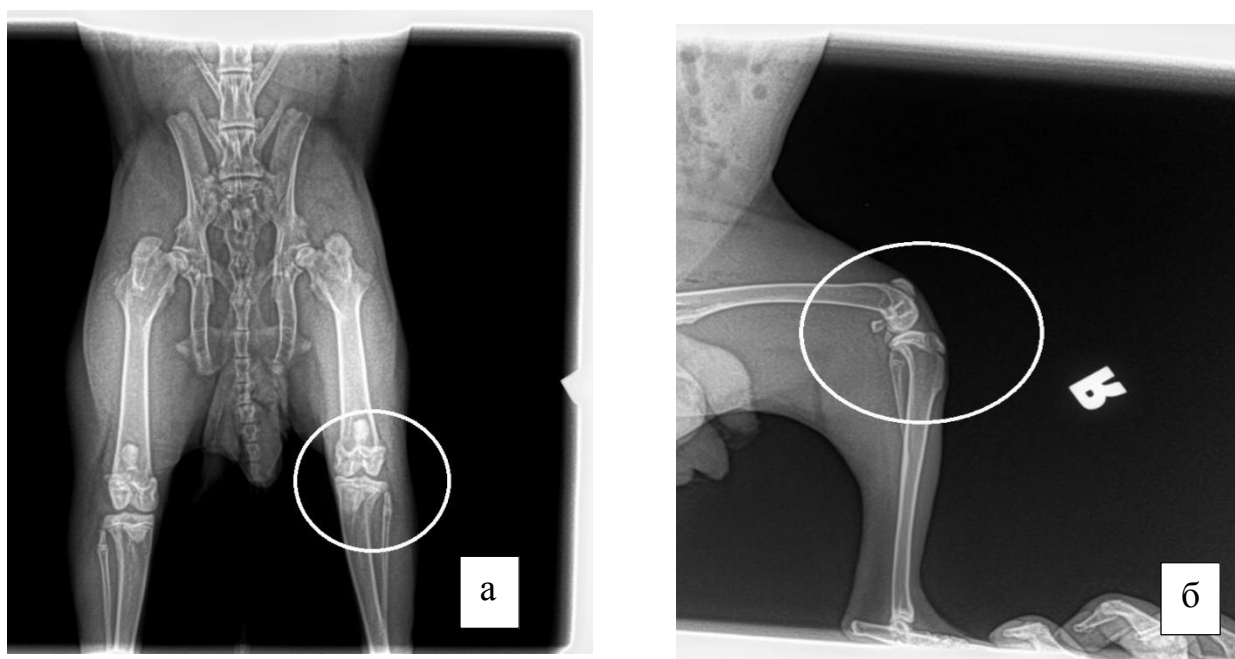


Рисунок 4. Рентгенівський знімок колінного суглобу кроля на 21 добу експерименту: а – вентро-дорсальна проекція; б – медіо-латеральна проекція

У тварин на 28 добу експерименту в ділянці правого колінного суглобу (в якому формували патологічний процес) під час

проведення рентгенографії відмічається рівномірне зниження висоти суглобової щілини (рис. 5.). Лівий колінний суглоб без видимої

Горкава І. М., Малюк М. О.

кісткової патології. Дані зміни вказують на прогресуючі дегенеративні зміни з втратою хряща в колінному суглобі. Наші

дослідження відповідають результатам досліджень SR Torelli [20] та Carol Muehleman [2].

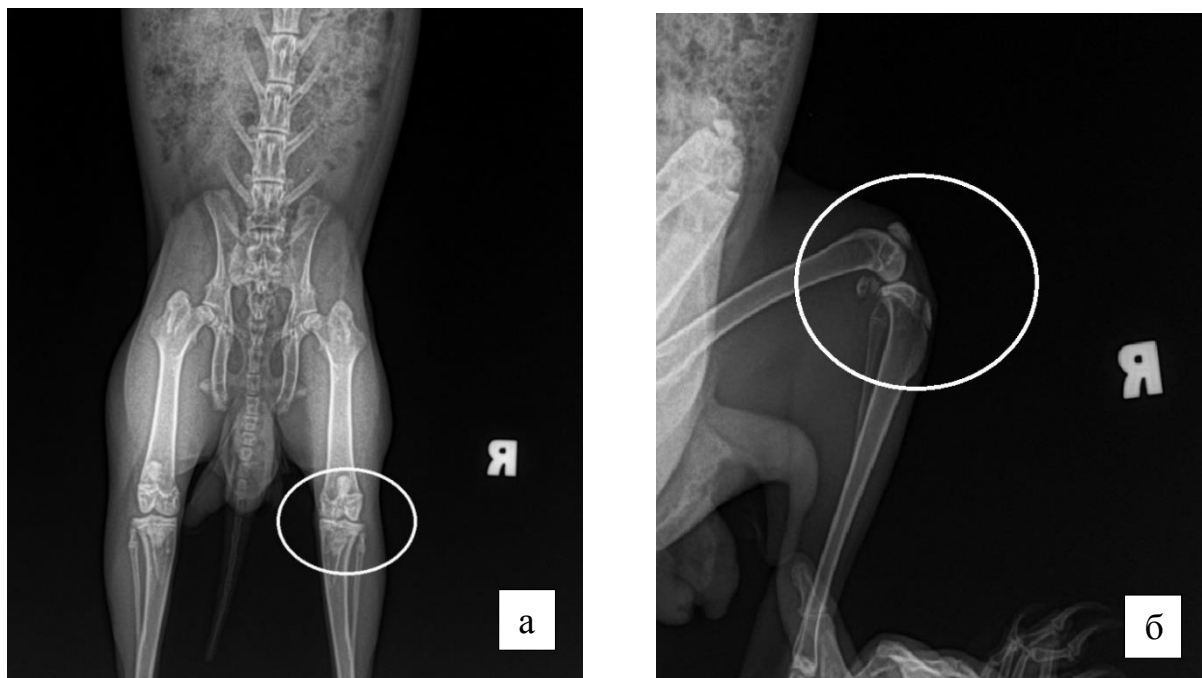


Рисунок 5. Рентгенівський знімок колінного суглобу кроля на 28 добу експерименту: а – вентро-дорсальна проекція; б – медіо-латеральна проекція

Перспективи подальших досліджень. Вивчення ефективності використання аутологічної плазми збагаченої тромбоцитами, як більш перспективного методу лікування артрозів у тварин.

Висновки

1. Поступові дегенеративні зміни та руйнування суглобового хряща, характерні для остеоартрозу колінного суглобу. Руйнування суглобів виявляється при рентгенологічному дослідженні лише

Список використаних джерел

1. Allan G., Davies S. Radiographic Signs of Joint Disease in Dogs and Cats. Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology.

на пізній стадії експериментальних досліджень. При цьому суглобова щілина колінного суглоб звужується.

2. Оскільки за внутрішньосуглобового уведення 4 % розчину ретинолу ацетату і коєвої кислоти відбувається руйнація хрящової тканини, що призводить до звуження суглобової щілини. На цьому етапі дегенеративні зміни у хрящовій тканині колінного суглобу впливають на його функціональність.

2018. Р. 403–433. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-48247-9.00033-4> (date of access: 01.11.2023).

Горкава І. М., Малюк М. О.

2. Radiography of rabbit articular cartilage with diffraction-enhanced imaging / C. Muehleman et al. *The Anatomical Record*. 2003. Vol. 272A, no. 1. P. 392–397. URL: <https://doi.org/10.1002/ar.a.10043> (date of access: 01.11.2023).
3. Canzhang Li Yinhong He, Yanlin Li, Guoliang Wang, Dejian Liu, Guofeng Cai & Chuan He A novel method to establish the rabbit model of knee osteoarthritis: intra-articular injection of SDF-1 induces OA// *BMC Musculoskeletal Disorders*. - USA : Springer Nature, 03 April 2021 p.. - 22. - ISSN: 1471-2474.
4. Wen C., Lu W. W., Chiu K. Y. Importance of subchondral bone in the pathogenesis and management of osteoarthritis from bench to bed. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2014. Vol. 2, no. 1. P. 16–25. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jot.2013.11.004> (date of access: 01.11.2023).
5. Regulation of VEGF expression by HIF-1 α in the femoral head cartilage following ischemia osteonecrosis / C. Zhang та ін. *Scientific Reports*. 2012. T. 2, № 1. URL: <https://doi.org/10.1038/srep00650> (дата звернення: 01.11.2023).
6. Englund M. The role of biomechanics in the initiation and progression of OA of the knee. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. 2010. Vol. 24, no. 1. P. 39–46. URL: <https://doi.org/10.1016/j.berh.2009.08.008> (date of access: 01.11.2023).
7. Інститут кардіології ім. акад. М.Д. Стражеска АМН України. Пат. 79206 Україна, МПК8 G 09 B 23/28.C Спосіб моделювання остеоартрозу з синовітом [Патент] : 200510418. - Україна, 25 березня 2007 р..
8. Kellgren J. H., Lawrence J. S. Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 1957. Vol. 16, no. 4. P. 494–502. URL: <https://doi.org/10.1136/ard.16.4.494> (date of access: 01.11.2023).
9. Radiographic-Based Grading Methods and Radiographic Measurement of Joint Space Width in Osteoarthritis / M.-P. Hellio Le Graverand et al. *Radiologic Clinics of North America*. 2009. Vol. 47, no. 4. P. 567–579. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2009.04.004> (date of access: 01.11.2023).
10. Radiographic Grading and Measurement of Joint Space Width in Osteoarthritis / M.-P. Hellio Le Graverand et al. *Rheumatic Disease Clinics of North America*. 2009. Vol. 35, no. 3. P. 485–502. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rdc.2009.08.005> (date of access: 01.11.2023).
11. Коваленко В.М., Борткевич О.П. (2010) Остеоартроз. Практична настанова. 3-тє вид., зі змінами і доп., МОПІОН, Київ, 608 с. www.umj.com.ua/uk/publikatsia-93870-osteoartroz-rannya-diagnostika-ta-likuvannya#list
12. Шуба В. Й. Остеоартроз: рання діагностика та лікування / В. Й. Шуба // *Український медичний часопис*. - 2016. - № 1. - С. 59-66. - http://nbuv.gov.ua/UJRN/UMCh_2016_1_13
13. Porter D. G. Ethical scores for animal experiments. *Nature*. 1992. Vol. 356, no. 6365. P. 101–102. URL: <https://doi.org/10.1038/356101a0> (date of access: 01.11.2023).
14. Резніков О. Г., Соловійов А. І., Добреля Н. В., Стефанов О. В., Біоетична експертиза доклінічних та інших наукових досліджень, що виконуються на тваринах (методичні рекомендації) [Стаття] // *Вісник фармакології та фармації*. - 2007 р.. - 7. - сс. С. 47–61.
15. handa m. Moral Standing of Animals in Scientific Experiments. *SSRN Electronic Journal*. 2013. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2361094> (date of access: 01.11.2023).
16. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes: Strasbourg, 18 March 1986. London : H.M.S.O., 1986. 44 p.
17. ЗАКОН УКРАЇНИ „ Про захист тварин від жорстокого поводження „ // *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*, № 27. - 2006 р.. - с. 230. - Документ 3447-IV , Редакція від 08.08.2021, підстава - 1684-IX.
18. Jim Gourdon Anna Jimenez, *Comparative Medicine & Animal Resources Centre STANDARD OPERATING PROCEDURE #114* // McGill University

Горкава І. М., Малюк М. О.

Animal Care Committee. - Montréal (Québec), Canada :, 13 January 2021 p.. - сс. 1-5.

19. Sibbald R. Principles of rabbit anaesthesia for veterinary nurses. *The Veterinary Nurse*. 2018. Vol. 9, no. 4. P. 202–206. URL:

<https://doi.org/10.12968/vetn.2018.9.4.202>

(date of access: 01.11.2023)

20. Radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging at 0.5 Tesla of mechanically induced osteoarthritis in rabbit knees / S. R. Torelli et al. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2004. Vol. 37, no. 4. P. 493–501. URL: <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2004000400006> (date of access: 01.11.2023).

References

1. Allan, G., & Davies, S. (2018b). Radiographic Signs of Joint Disease in Dogs and Cats. *Y Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology* (с. 403–433). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-48247-9.00033-4>

2. Muehleman, C., Chapman, L. D., Kuettner, K. E., Rieff, J., Mollenhauer, J. A., Massuda, K., & Zhong, Z. (2003a). Radiography of rabbit articular cartilage with diffraction-enhanced imaging. *The Anatomical Record*, 272A(1), 392–397. <https://doi.org/10.1002/ar.a.10043>

3. Li, C., He, Y., Li, Y., Wang, G., Liu, D., Cai, G., & He, C. (2021). A novel method to establish the rabbit model of knee osteoarthritis: intra-articular injection of SDF-1 induces OA. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04188-7>

4. Wen, C., Lu, W. W., & Chiu, K. Y. (2014). Importance of subchondral bone in the pathogenesis and management of osteoarthritis from bench to bed. *Journal of Orthopaedic Translation*, 2(1), 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2013.11.004>

5. Zhang, C., Li, Y., Cornelia, R., Swisher, S., & Kim, H. (2012). Regulation of VEGF expression by HIF-1 α in the femoral head cartilage following ischemia osteonecrosis. *Scientific Reports*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/srep00650>

6. Englund, M. (2010). The role of biomechanics in the initiation and progression of OA of the knee. *Best Practice & Research*

Clinical Rheumatology, 24(1), 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2009.08.008>

7. Sirenko, Y. M., & Torbas, O. O. (2020). State Institution “National Scientific Center “M.D. Strazhesko Institute of Cardiology” of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. *HYPERTENSION*, 13(1), 27–36. <https://doi.org/10.22141/2224-1485.13.1.2020.197886>

8. Kellgren, J. H., & Lawrence, J. S. (1957). Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 16(4), 494–502. <https://doi.org/10.1136/ard.16.4.494>

9. Hellio Le Graverand, M.-P., Mazzuca, S., Duryea, J., & Brett, A. (2009). Radiographic-Based Grading Methods and Radiographic Measurement of Joint Space Width in Osteoarthritis. *Radiologic Clinics of North America*, 47(4), 567–579. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2009.04.004>

10. Hellio Le Graverand, M.-P., Mazzuca, S., Duryea, J., & Brett, A. (2009b). Radiographic Grading and Measurement of Joint Space Width in Osteoarthritis. *Rheumatic Disease Clinics of North America*, 35(3), 485–502. <https://doi.org/10.1016/j.rdc.2009.08.005>

11. Biliavska, V., Kovalenko, V., Bortkevych, O., Garmish, O., Boyko, Y., Omelchenko, L., Oshlyanska, O., Marushko, T., Bogmat, L., & Shevchenko, N. (2017). THU0510 Ukrainian registry of jia patients receiving biologics: implementation into clinical practice and recent data. *Y Annual European Congress of Rheumatology*, 14–17 June, 2017. BMJ Publishing Group Ltd and European League Against Rheumatism. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2017-eular.4681>

12. Kolb, W., Guhlmann, H., Windisch, C., & Kolb, K. (2012). High Tibial Open-Wedge Osteotomy – New Techniques and Early Results. *Y Osteoarthritis - Diagnosis, Treatment and Surgery*. InTech. <https://doi.org/10.5772/29838>

13. Porter, D. G. (1992). Ethical scores for animal experiments. *Nature*, 356(6365), 101–102. <https://doi.org/10.1038/356101a0>

14. Reznikov O.G., Solovyov A.I., Dobrolya N.V., Stefanov O.V., Bioethical examination of preclinical and other scientific

Горкава І. М., Малюк М. О.

research performed on animals (guidelines) [Article] // Journal of Pharmacology and Pharmacy. - 2007 p.. - 7. - pp. С. 47-61.

15. handa, m. (2013). Moral Standing of Animals in Scientific Experiments. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2361094>

16. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes: Strasbourg, 18 March 1986. (1986). H.M.S.O.

17. Law of Ukraine "On the Protection of Animals from Cruel Treatment" // Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine (VVR), No. 27 - 2006. - c. 230. - Document 3447-IV, edition of 08.08.2021, basis - 1684-IX.

18. Jim Gourdon Anna Jimenez, Comparative Medicine & Animal Resources

Centre STANDARD OPERATING PROCEDURE #114 // McGill University Animal Care Committee. - Montréal (Québec), Canada., 13 January 2021. - pp. 1-5.

19. Sibbald, R. (2018). Principles of rabbit anaesthesia for veterinary nurses. The Veterinary Nurse, 9(4), 202–206. <https://doi.org/10.12968/vetn.2018.9.4.202>

20. Torelli, S. R., Rahal, S. C., Volpi, R. S., Yamashita, S., Mamprim, M. J., & Crocci, A. J. (2004). Radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging at 0.5 Tesla of mechanically induced osteoarthritis in rabbit knees. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 37(4), 493–501. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2004000400006>

RADIOLOGICAL CHANGES OF THE RABBIT KNEE JOINT IN EXPERIMENTAL OSTEOARTHRITIS

I. M. Gorkava, M. O. Malyuk

Abstract. *In veterinary medicine, radiological examinations are considered to be the most common and affordable method of diagnosing diseases of the musculoskeletal system in animals [1].*

In this regard, the studies described in this article were aimed at assessing the degree of degenerative changes during the modelling of knee osteoarthritis using an X-ray apparatus.

The material of the study was the joints of experimental animals (rabbits) with formed osteoarthritis of the knee joint on days 14, 21 and 28 of the experiment.

The rabbits were modelled for degenerative changes in the knee joint by intra-articular injection of a 4% solution of retinol acetate and kojic acid. On days 7, 14, 21, and 28 of the experiment, X-ray examination was performed.

Radiological examinations were performed in two projections, namely, in the direct (ventro-dorsal) and lateral (medio-lateral) projections. The study was carried out on the basis of the training laboratory Veterinary Radiology and Radiodiagnostics" of the Department of Therapy and Clinical Diagnostics of the Faculty of Veterinary Medicine of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine using the radiological device VATEL-1.

On the 14th day of experimental studies, no visible bone pathology was observed in animals, the height of the joint gap was preserved bilaterally. On the 21st day, in the area of the right knee joint (where the pathological process was formed), a moderate decrease in the height of the joint gap was noted during radiography with a predominance in the medial section. On the 28th day of the experiment, a uniform decrease in the height of the joint gap was observed in the right knee joint during

Горкава І. М., Малюк М. О.

radiography. These changes indicate progressive degenerative changes with cartilage loss in the knee joint of the experimental animals.

Thus, on X-ray images on days 21 and 28 of the experiment, a decrease in the height of the articular gap in the knee joint was noted.

Keywords: *osteoarthritis, knee joint, experimental model, articular cartilage, visual diagnostics, radiography*

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ СОБАК ЗА КОРОТКОТРИВАЛОЇ ХАРЧОВОЇ ДЕПРИВАЦІЇ**Т. В. КОРИНЕВСЬКА**, аспірант*Одеський державний аграрний університет***О. В. ДАНЧУК**, доктор ветеринарних наук, професор, заступник директора з наукової роботи, <https://orcid.org/0000-0002-9226-1499>

E-mail: olexdanchuk@gmail.com

*Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН
України*[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.017](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.017)

Анотація. Встановлено достовірний вплив типу вищої нервової діяльності на вміст загального протеїну ($F = 11,2 > FU = 2,90$; $P < 0,001$), альбумінів ($F = 14,6 > FU = 2,90$; $P < 0,001$), глобулінів ($F = 3,02 > FU = 2,90$; $P < 0,05$), β -глобулінів ($F = 4,07 > FU = 2,90$; $P < 0,05$), γ -глобулінів ($F = 5,52 > FU = 2,90$; $P < 0,01$), лактату ($F = 36,2 > FU = 2,90$; $P < 0,001$) та пірувату ($F = 4,1 > FU = 2,90$; $P < 0,01$), загального холестеролу ($F = 4,1 > FU = 2,90$; $P < 0,05$) та триацилгліцеролів ($F = 4,9 > FU = 2,90$; $P < 0,01$) в крові собак. Тоді, як впливу вищої нервової діяльності на вміст глюкози ($F = 0,69 < FU = 2,90$; $p = 0,56$) та α -глобулінів ($F = 1,50 < FU = 2,90$; $p = 0,24$) в плазмі крові собак не встановлено. Короткотермінова харчова депривація також достовірно впливала на вміст глюкози ($F = 18,7 > FU = 4,15$; $P < 0,001$), β -глобулінів ($F = 39,3 > FU = 4,15$; $P < 0,001$), γ -глобулінів ($F = 11,7 > FU = 4,15$; $P < 0,001$), альбумінів ($F = 19,1 > FU = 4,15$; $P < 0,001$), глобулінів ($F = 7,71 > FU = 4,15$; $P < 0,01$), лактату ($F = 50,0 > FU = 4,15$; $P < 0,001$), пірувату ($F = 20,7 > FU = 4,15$; $P < 0,001$), загального холестеролу ($F = 5,7 > FU = 4,15$; $P < 0,05$) та триацилгліцеролів ($F = 11,5 > FU = 4,15$; $P < 0,01$) в крові собак. Впливу харчової депривації на вміст загального протеїну ($F = 0,44 < FU = 4,15$; $p = 0,28$) та α -глобулінів ($F = 0,88 < FU = 4,15$; $p = 0,36$) в крові піддослідних собак не встановлено. Протягом усього експерименту міжфакторної взаємодії між короткотерміновою харчовою депривацією і типом вищої нервової діяльності не встановлено ($F = 0,01-1,29 < FU = 2,90$; $p = 0,29-1,00$), що вказує на відсутність впливу депривації на тип вищої нервової діяльності тварин..

Ключові слова: собаки, вища нервова діяльність, депривація, метаболізм, білки, жири, вуглеводи

Актуальність. Темперамент тварин характеризується як біологічно детермінована, відносно постійна частина особистості [1, 2]. Риси темпераменту впливають на інтенсивність метаболізму і є предикторами метаболічного синдрому [3, 4]. На сьогодні риси

Кориневська Т. В., Данчук О. В.

темпераменту, постульовані в регулятивній теорії темпераменту, також можуть розглядатися як ендотипи ожиріння [5]. Доведено вплив темпераменту на обмін вуглеводів, зокрема за цукрового діабету [3, 6]. У літературі в основному згадується вплив темпераменту на обмін речовин сільськогосподарських тварин, зокрема у свиней [7, 8], корів [9], коней [10], проте робіт в цьому напрямку на собаках істотно бракує. З іншого боку добре досліджені зміни метаболізму за голодування собак, зокрема встановлені зміни обміну речовин уже через добу після початку депривації [11], показано зміни метаболізму з харчової депривації у собак [12], інших тварин і людей [12–14]. Однак, питання впливу короткотривалої харчової депривації на показники кров у організмі собак залишилось поза увагою дослідників. У зв'язку з цим з наукової точки зору важливо дослідити індивідуальні фізіологічні реакції організму собак на вплив харчової депривації, зокрема, з метою попередження або мінімізації небажаних наслідків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Темперамент є невід'ємною частиною особистості [15]. Під особистістю розуміють сукупність психологічних рис, що визначають реакцію тварини на ту чи іншу ситуацію [16]. Темперамент, у свою чергу, розуміється як вроджена схильність до прояву певних рис [15].

Темперамент визначається як біологічна та інстинктивна частина особистості. Перші відкриття в цій галузі були зроблені Іваном Павловим, засновником вчення про типи вищої нервової діяльності І. П. Павлов, вивчаючи фізіологічні основи темпераменту, зазначає: «З гіркотою треба визнати, що найкраща домашня тварина людини - собака, завдяки саме її високому розумовому та моральному розвитку, найчастіше є жертвою біологічного експерименту. ... Вона є ніби учасником вашого досвіду на ній, своєю тямущістю і готовністю надзвичайно сприяючи успіху дослідження» [17]. Вища нервова діяльність визначає індивідуальні особливості організму, його реактивність та адаптогенність [18], доведено зв'язок між темпераментом та окремими біохімічними показниками та реактивністю на лікарські засоби [19]. Вищим проявом темпераменту є поведінка собак яка залежить від когнітивних функцій головного мозку [20–24].

Zapata повідомляє про наявність повногеномних асоціацій (GWAS) середніх показників поведінки страху та агресії в кількох когортах із різним породним складом у собак [25, 26]. Також встановлено кореляцію розміру тіла та поведінки у собак, що спостерігалась в етологічних [27] і генетичних дослідженнях [29]. Виходячи з біологічної значущості, доведено, що кореляції поведінки та

Кориневська Т. В., Данчук О. В.

розміру тіла зумовлені плейотропією [29], а не структурою популяції [21]. Тому, актуальним напрямом наукових досліджень є вивчення функціональних та біохімічних особливостей організму собак з різним типом нервової діяльності, як в інтактному стані, так і за дії стресового фактору, що дозволить розробити індивідуальний підхід щодо покращення робочих якостей тварин.

Мета дослідження – встановити вплив короткотермінової харчової депривації на окремі показники обміну речовин у крові собак з різними типами вищої нервової діяльності.

Матеріали і методи дослідження. Всього для експерименту використано 20 собак (*Canis familiaris*, або *Canis lupus familiaris*) породи бігль (англ. beagle). Собаки-аналоги за віком (1-1,5 роки) для експерименту були підібрані з розплідників, так і у приватних господарів. Розплідники, в яких проводились дослідження, під час виконання дисертаційної роботи були вільними від заразних захворювань. Стан здоров'я собак оцінювали за загальним клінічним оглядом та лабораторними дослідженнями. Досліди проводились виключно на клінічно здорових тваринах. Лабораторні дослідження проводились в Багатопрофільній лабораторії ветеринарної медицини ОДАУ, м.

Одеса, ветеринарних клініках «ВІТАВЕТ» та «Bravo Vet» м. Кам'янець-Подільський.

Силу, врівноваженість та рухливість нервових процесів у собак визначали авторською модифікованою методикою. На підставі експерименту сформовано 4 групи тварин, по 5 голів у кожній: I група – сильний врівноважений рухливий тип (СВР); II група – сильний врівноважений інертний тип (СВІ); III група – сильний нерівноважений тип ВНД (СН); IV групи – слабкий тип вищої нервової діяльності (С). Харчову депривацію проводили упродовж 36 годин, доступ до води у тварин був вільний. Матеріалом для досліджень були відібрані зразки крові отримані до харчової депривації та через одну та три доби після початку депривації.

Для оцінки стану обміну речовин у організмі собак в плазмі крові визначали: вміст загального протеїну за методом Лоурі [28]; альбуміну - у реакції з бромкрезоловим зеленим; вміст глобуліну розраховували як різницю між показником загального білка та альбумінів [20]; білкові фракції крові за турбідиметричним методом Олла і Маккорда в модифікації С. А. Карпюка, що базується на вибірковій здатності різних білкових фракцій сироватки крові осаджуватись фосфатними розчинами певної концентрації [22]; вмісту загального холестеролу ферментативно-фотометричним

Кориневська Т. В., Данчук О. В.

методом (Chol-DAC.Lq, Spectro Med, Молдова); триацилгліцеролів–ферментативно-фотометричним методом (TG-DAC.Lq); глюкози – глюкозооксидазним методом [23]; лактату – за принципом накопиченням лактату заліза, який утворюється при взаємодії лактат-іонів з FeCl_3 [34] (Rattu et al., 2021); пірувату – за модифікованим методом Умбрайта [25].

Усі експериментальні дослідження проведені із дотримання вимог Закону України № 3447-IV від 21.02.06 р. «Про захист тварин від жорстокого поводження» та узгоджуються з основними принципами «Європейської конвенції з захисту хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та наукових цілей» (Страсбург, 1986), декларації «Про гуманне ставлення до тварин» (Гельсінкі, 2000).

Результати дослідження та їх обговорення. Стан обміну білка визначає та регулює більшість хімічних перетворень в організмі [36]. Встановлено достовірний вплив типу вищої нервової діяльності на вміст загального протеїну ($F = 11,2 > FU = 2,90; P < 0,001$), альбумінів ($F = 14,6 > FU = 2,90; P < 0,001$), глобулінів в крові собак ($F = 3,02 > FU = 2,90; P < 0,05$).

Короткотермінова харчова депривація також достовірно впливала на кількість альбумінів ($F =$

$19,1 > FU = 4,15; P < 0,001$) та глобулінів в плазмі крові тварин ($F = 7,71 > FU = 4,15; P < 0,01$). Впливу харчової депривації на вміст загального протеїну в крові піддослідних собак не встановлено ($F = 0,44 < FU = 4,15; p = 0,28$). Поряд з цим, достовірної міжфакторної взаємодії встановлено не було (табл. 1).

Встановлено, що тип вищої нервової діяльності чинить достовірний вплив (табл. 2) на вміст β -глобулінів ($F = 4,07 > FU = 2,90; P < 0,05$) та γ -глобулінів ($F = 5,52 > FU = 2,90; P < 0,01$) та не впливає на вміст α -глобулінів ($F = 1,50 < FU = 2,90; p = 0,24$) в плазмі крові собак. Поряд з цим, дія стресового фактору чинить достовірний вплив на вміст β -глобулінів ($F = 39,3 > FU = 4,15; P < 0,001$) та γ -глобулінів ($F = 11,7 > FU = 4,15; P < 0,001$) та не чинить впливу на вміст α -глобулінів ($F = 0,88 < FU = 4,15; p = 0,36$) в плазмі крові собак.

Проведеним аналізом встановлено, що тип вищої нервової діяльності чинить достовірний вплив на вміст лактату ($F = 36,2 > FU = 2,90; P < 0,001$) та пірувату ($F = 4,1 > FU = 2,90; P < 0,01$), загального холестеролу ($F = 4,1 > FU = 2,90; P < 0,05$) та триацилгліцеролів ($F = 4,9 > FU = 2,90; P < 0,01$) в крові собак. Тоді, як впливу вищої нервової діяльності на вміст глюкози в плазмі крові собак не встановлено ($F = 0,69 < FU = 2,90; p = 0,56$).

1. Двофакторний дисперсійний аналіз в плазмі крові собак з різним типом вищої нервової діяльності за дії харчової депривації

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P-значення	F критичне
Загальний протеїн						
Тип ВНД	390,1	3	130,0	11,2	< 0,001	2,90
Дія подразника	5,11	1	5,11	0,44	0,51	4,15
Взаємозв'язок	0,299	3	0,10	0,01	1,00	2,90
Внутрішня	372,8	32	11,7	–	–	–
Всього	768,3	39	–	–	–	–
Альбуміни						
Тип ВНД	172,2	3	57,4	14,6	< 0,001	2,90
Дія подразника	75,1	1	75,1	19,1	< 0,001	4,15
Взаємозв'язок	1,21	3	0,40	0,10	0,96	2,90
Внутрішня	126,0	32	3,94	–	–	–
Всього	374,5	39	–	–	–	–
Глобуліни						
Тип ВНД	48,2	3	16,1	3,02	< 0,05	2,90
Дія подразника	41,0	1	41,0	7,71	< 0,01	4,15
Взаємозв'язок	0,61	3	0,205	0,04	0,99	2,90
Внутрішня	170,0	32	5,31	–	–	–
Всього	259,8	39	–	–	–	–
α-глобуліни						
Тип ВНД	21,7	3	7,23	1,497	0,234	2,90
Дія подразника	4,23	1	4,23	0,876	0,356	4,15
Взаємозв'язок	10,5	3	3,49	0,724	0,545	2,90
Внутрішня	154,4	32	4,825	–	–	–
Всього	190,8	39	–	–	–	–
β-глобуліни						
Тип ВНД	99,1	3	33,0	4,07	0,015	2,90
Дія подразника	319,2	1	319,2	39,3	< 0,001	4,15
Взаємозв'язок	1,08	3	0,358	0,04	0,9871	2,90
Внутрішня	259,6	32	8,11	–	–	–
Всього	679,0	39	–	–	–	–
γ-глобуліни						
Тип ВНД	48,7	3	16,2	5,52	0,004	2,90
Дія подразника	34,2	1	34,2	11,7	< 0,001	4,15
Взаємозв'язок	6,88	3	2,29	0,780	0,514	2,90
Внутрішня	94	32	2,94	–	–	–
Всього	183,8	39	–	–	–	–

Примітки: df – кількість рівнів фактора (-1); F – критерій оцінки фактора впливу на залежну змінну; F критичне – критичне значення фактора впливу; MS – середнє квадратичне; SS – сума квадратів; P – достовірність.

Короткотермінова харчова депривація, на відміну від вищої нервової діяльності, достовірно впливає на вміст лактату ($F = 50,0 < FU = 4,15; P < 0,001$) і пірувату ($F = 20,7 < FU = 4,15; P < 0,001$) в крові тварин. Лактат є ключовим продуктом енергетичного обміну, він

Кориневська Т. В., Данчук О. В.

синтезується в багатьох тканинах, включаючи скелетні м'язи та печінку, в якій піддається глюконеогенезу для синтезу глюкози [27]. Тому встановлений вплив харчової депривації на вміст глюкози в крові собак ($F = 18,7 > F_U = 4,15; P < 0,001$),

підтверджує комплексний вплив депривації на метаболізм, що супроводжується збільшенням інтенсивності глюконеогенезу в пепінці з таких попередників як жирні кислоти, амінокислоти та лактат.

2. Двофакторний дисперсійний аналіз в плазмі крові собак з різним типом вищої нервової діяльності за дії харчової депривації

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P-значення	F критичне
Глюкоза						
Тип ВНД	0,092	3	0,031	0,694	0,563	2,90
Дія подразника	0,827	1	0,827	18,66	< 0,001	4,15
Взаємозв'язок	0,1534	3	0,051	1,158	0,341	2,90
Внутрішня	1,418	32	0,044	–	–	–
Всього	2,49	39	–	–	–	–
Лактат						
Тип ВНД	0,165	3	0,06	36,2	< 0,001	2,90
Дія подразника	0,076	1	0,08	50,0	< 0,001	4,15
Взаємозв'язок	0,001	3	0,0003	0,203	0,894	2,90
Внутрішня	0,049	32	0,0015	–	–	–
Всього	0,291	39	–	–	–	–
Піруват						
Тип ВНД	271,3	3	90,4	4,1	0,01	2,90
Дія подразника	459,0	1	459,0	20,7	< 0,001	4,15
Взаємозв'язок	86,0	3	28,7	1,29	0,294	2,90
Внутрішня	709,5	32	22,2	–	–	–
Всього	1525	39	–	–	–	–
Загальний холестерол						
Тип ВНД	0,523	3	0,174	4,068	0,015	2,90
Дія подразника	0,246	1	0,246	5,741	0,023	4,15
Взаємозв'язок	0,137	3	0,046	1,064	0,378	2,90
Внутрішня	1,372	32	0,043	–	–	–
Всього	2,278	39	–	–	–	–
Триацилгліцероли						
Тип ВНД	0,062	3	0,021	4,894	0,007	2,90
Дія подразника	0,048	1	0,048	11,488	0,002	4,15
Взаємозв'язок	0,002	3	0,001	0,127	0,943	2,90
Внутрішня	0,134	32	0,004	–	–	–
Всього	0,246	39	–	–	–	–

Примітки: df – кількість рівнів фактора (-1); F – критерій оцінки фактора впливу на залежну змінну; F критичне – критичне значення фактора впливу; MS – середнє квадратичне; SS – сума квадратів; P – достовірність.

Наші дослідження узгоджуються з наявними даними щодо змін обміну ліпідів за голодування [28, 29]. Зокрема, короткотермінова харчова

Кориневська Т. В., Данчук О. В.

депривація достовірно впливала на вміст загального холестеролу ($F = 5,7 < FU = 4,15$; $P < 0,05$) та триацилгліцеролів ($F = 11,5 < FU = 4,15$; $P < 0,01$) в крові собак.

Цікаво відмітити, що протягом усього експерименту міжфакторної взаємодії між короткотерміною харчовою депривацією і типом вищої нервової діяльності не встановлено ($F = 0,01-1,29 < FU = 2,90$; $p = 0,29-1,00$), що вказує на відсутність впливу депривації на тип вищої нервової діяльності тварин, однак це не відмінняє зміну проявів вищої нервової діяльності, що було виражено у зміні поведінці тварин.

Висновки і перспективи. За допомогою двофакторного дисперсійного аналізу встановлено

References

1. Arden, R., Bensky, M. K., & Adams, M. J. (2016). A review of cognitive abilities in dogs, 1911 through 2016: more individual differences, please! *Current Directions in Psychological Science*, 25(5), 307–312.
2. Asp, H. E., Fikse, W. F., Nilsson, K., & Strandberg, E. (2015). Breed differences in everyday behaviour of dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 169, 69–77.
3. Barber, A. L. A., Mills, D. S., Montealegre-Z, F., Ratcliffe, V. F., Guo, K., & Wilkinson, A. (2020). Functional performance of the visual system in dogs and humans: A comparative perspective. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, 15, 1–44.
4. Bensky, M. K., Gosling, S. D., & Sinn, D. L. (2013). The world from a dog's point of view: a review and synthesis of dog cognition research. *Advances in the Study of Behavior*, 45, 209–406.
5. Bray, E. E., Otto, C. M., Udell, M. A. R., Hall, N. J., Johnston, A. M., & MacLean, E. L. (2021). Enhancing the Selection and Performance of Working Dogs. *Frontiers in*

достовірний вплив вищої нервової діяльності на вміст окремих метаболітів в крові собак. Показано вплив короткотривалої харчової депривації на вміст глюкози, лактату, пірувату, альбуміну, триацилгліцеролів, загального холестеролу, глобулінів та їх окремих фракцій в плазмі крові собак. Доведено, що короткотривала харчова депривація не впливає на вищу нервову діяльність у собак.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці нових методів корекції обміну речовин на основі застосування наноаквахелатів біогенних металів з урахуванням індивідуальних особливостей організму собак.

Veterinary Science, 8, 644431.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2021.644431>

6. Byosiere, S.-E., Chouinard, P. A., Howell, T. J., & Bennett, P. C. (2018). What do dogs (*Canis familiaris*) see? A review of vision in dogs and implications for cognition research. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 1798–1813.

7. Casey, R. A., Loftus, B., Bolster, C., Richards, G. J., & Blackwell, E. J. (2014). Human directed aggression in domestic dogs (*Canis familiaris*): Occurrence in different contexts and risk factors. *Applied Animal Behaviour Science*, 152, 52–63.

8. Christensen, N. J. (1967). Notes on the glucose oxidase method. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 19(4), 379–384.

9. Cooper, G. R., Henderson, L. O., Smith, S. J., & Hannon, W. H. (1991). Clinical applications and standardization of apolipoprotein measurements in the diagnostic workup of lipid disorders. *Clinical Chemistry*, 37(5), 619–620.

Кориневська Т. В., Данчук О. В.

10. Davis, A. L., Schwebel, D. C., Morrongiello, B. A., Stewart, J., & Bell, M. (2012). Dog Bite Risk: An Assessment of Child Temperament and Child-Dog Interactions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(8), 3002. <https://doi.org/10.3390/IJERPH9083002>
11. Duckett, M. E., Curran, K. M., Leeper, H. J., Ruby, C. E., & Bracha, S. (2021). Fasting reduces the incidence of vincristine-associated adverse events in dogs. *Veterinary and Comparative Oncology*, 19(1), 61–68. <https://doi.org/10.1111/vco.12638>
12. EI, B. (2022). Fundamentals of Pathophysiology of Higher Nervous Activity - Literature Review. *Cytology & Histology International Journal*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.23880/chij-16000137>
13. Fratkin, J. L., Sinn, D. L., Patall, E. A., & Gosling, S. D. (2013). Personality consistency in dogs: a meta-analysis. *PloS One*, 8(1), e54907.
14. Friedewald, W. T., Levy, R. I., & Fredrickson, D. S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, 18(6), 499–502.
15. Hsu, Y., & Sun, L. (2010). Factors associated with aggressive responses in pet dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 123(3–4), 108–123.
16. Huber, L. (2016). How dogs perceive and understand us. *Current Directions in Psychological Science*, 25(5), 339–344.
17. Khoo, A. W. S., Taylor, S. M., & Owens, T. J. (2019). Successful management and recovery following severe prolonged starvation in a dog. In *Journal of veterinary emergency and critical care (San Antonio, Tex. : 2001)* (Vol. 29, Issue 5, pp. 542–548). <https://doi.org/10.1111/vec.12878>
18. Kujala, M. V. (2017). Canine emotions as seen through human social cognition. *Animal Sentience*, 2(14), 1.
19. Lea, S. E. G., & Osthaus, B. (2018). In what sense are dogs special? Canine cognition in comparative context. *Learning & Behavior*, 46(4), 335–363.
20. Netter, P. (2018). Benefits and limitations of drug studies in temperament research: biochemical responses as indicators of temperament. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1744). <https://doi.org/10.1098/RSTB.2017.0165>
21. Pointer, E., Reisman, R., Windham, R., & Murray, L. (2013). Starvation and the clinicopathologic abnormalities associated with starved dogs: a review of 152 cases. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 49(2), 101–107. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-5762>
22. Rattu, G., Khansili, N., Maurya, V. K., & Krishna, P. M. (2021). Lactate detection sensors for food, clinical and biological applications: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 1135–1152.
23. Riemer, S., Müller, C., Virányi, Z., Huber, L., & Range, F. (2014). The predictive value of early behavioural assessments in pet dogs—a longitudinal study from neonates to adults. *PloS One*, 9(7), e101237.
24. Schupp, H. T., & Renner, B. (2011). Food Deprivation: A neuroscientific perspective BT - *Handbook of Behavior, Food and Nutrition* (V. R. Preedy, R. R. Watson, & C. R. Martin (eds.); pp. 2239–2257). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-92271-3_142
25. Sherman, C. K., Reisner, I. R., Taliaferro, L. A., & Houpt, K. A. (1996). Characteristics, treatment, and outcome of 99 cases of aggression between dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 47(1–2), 91–108.
26. Siniscalchi, M., d’Ingeo, S., Fornelli, S., & Quaranta, A. (2018). Lateralized behavior and cardiac activity of dogs in response to human emotional vocalizations. *Scientific Reports*, 8(1), 77.
27. Sundman, A., Johnsson, M., Wright, D., & Jensen, P. (2016). Similar recent selection criteria associated with different behavioural effects in two dog breeds. *Genes, Brain and Behavior*, 15(8), 750–756.
28. Tonoike, A., Otaki, K.-I., Terauchi, G., Ogawa, M., Katayama, M., Sakata, H., Miyasako, F., Mogi, K., Kikusui, T., & Nagasawa, M. (2022). Identification of genes associated with human-canine communication in canine evolution. *Scientific Reports*, 12(1), 6950. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11130-x>

Кориневська Т. В., Данчук О. В.

29. van den Berg, S. M., Heuven, H. C. M., van den Berg, L., Duffy, D. L., & Serpell, J. A. (2010). Evaluation of the C-BARQ as a

measure of stranger-directed aggression in three common dog breeds. *Applied Animal Behaviour Science*, 124(3–4), 136–141.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF NERVOUS PROCESSES ON THE BIOCHEMICAL INDICATORS OF THE BLOOD OF DOGS DURING SHORT-TERM FOOD DEPRIVATION

T. V. Korynevskaya, O. V. Danchuk

Abstract. A significant influence of the type of higher nervous activity on the content of total protein ($F = 11.2 > FU = 2.90$; $P < 0.001$), albumins ($F = 14.6 > FU = 2.90$; $P < 0.001$), globulins ($F = 3.02 > FU = 2.90$; $P < 0.05$), β -globulins ($F = 4.07 > FU = 2.90$; $P < 0.05$), γ -globulins ($F = 5.52 > FU = 2.90$; $P < 0.01$), lactate ($F = 36.2 > FU = 2.90$; $P < 0.001$) and pyruvate ($F = 4.1 > FU = 2.90$; $P < 0.01$), total cholesterol ($F = 4.1 > FU = 2.90$; $P < 0.05$) and triacylglycerols ($F = 4.9 > FU = 2.90$; $P < 0.01$) in the blood of dogs. Then, as the influence of higher nervous activity on the content of glucose ($F = 0.69 < FU = 2.90$; $p = 0.56$) and α -globulins ($F = 1.50 < FU = 2.90$; $p = 0.24$) was not detected in the blood plasma of dogs. Short-term food deprivation also had a significant effect on the content of glucose ($F = 18.7 > FU = 4.15$; $P < 0.001$), β -globulins ($F = 39.3 > FU = 4.15$; $P < 0.001$), γ -globulins ($F = 11.7 > FU = 4.15$; $P < 0.001$), albumins ($F = 19.1 > FU = 4.15$; $P < 0.001$), globulins ($F = 7.71 > FU = 4.15$; $P < 0.01$), lactate ($F = 50.0 > FU = 4.15$; $P < 0.001$), pyruvate ($F = 20.7 > FU = 4.15$; $P < 0.001$), total cholesterol ($F = 5.7 > FU = 4.15$; $P < 0.05$) and triacylglycerols ($F = 11.5 > FU = 4.15$; $P < 0.01$) in the blood of dogs. The influence of food deprivation on the content of total protein ($F = 0.44 < FU = 4.15$; $p = 0.28$) and α -globulins ($F = 0.88 < FU = 4.15$; $p = 0.36$) in the blood of experimental dogs has not been determined. During the entire experiment, no interfactorial interaction between short-term food deprivation and the type of higher nervous activity was established ($F = 0.01–1.29 < FU = 2.90$; $p = 0.29–1.00$), which indicates the absence of the influence of deprivation on the type of higher nervous activity of animals.

Key words: dogs, higher nervous activity, deprivation, metabolism, proteins, fats, carbohydrates

УДК 636.2.09:615.35:616.8

ВАРІАЦІЙНО-ПУЛЬСОМЕТРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОНУСУ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ У СВИНЕЙ

В. Б. ТОДОРЮК, докторант, <https://orcid.org/0000-0002-9902-0524>

В. І. КАРПОВСЬКИЙ, доктор ветеринарних наук, професор,
<https://orcid.org/0000-0003-3858-0111>

E-mail: karpovskiy@meta.ua

О. В. ЖУРЕНКО, доктор ветеринарних наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0002-4933-0372>

E-mail: Zhurenko-lena@ukr.net

Д. І. КРИВОРУЧКО, кандидат ветеринарних наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0003-1788-6090>

E-mail: kryvoruchko@nubip.edu.ua

В. В. ЖУРЕНКО, кандидат ветеринарних наук, старший викладач,
<https://orcid.org/0000-0003-2097-9212>

E-mail: VV.1972@ukr.net

С. В. КРАВЧУК, аспірантка, <https://orcid.org/0009-0008-0767-9032>
E-mail: Svitlanakrawchuk@ukr.net

П. С. ХИМИНЕЦЬ, аспірант, <https://orcid.org/0009-0000-6249-1026>
E-mail: Polsivet@gmail.com

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.018](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.018)

***Анотація.** Дослідження та вивчення ролі автономної нервової системи у регулюванні діяльності серцево-судинної системи у тварин є актуальним, оскільки дозволить поглибити існуючі знання про вегетативну регуляцію фізіологічних функцій організму свиней. Метою роботи було вивчити показники варіабельності серцевого ритму залежно від тонусу автономної нервової системи у свиней. Експериментальні дослідження проводили на свинях. Було сформовано три групи тварин: нормотоніки, симпатотоніки та ваготоніки. На основі проведених досліджень встановлено, що тварини-нормотоніки мали середні значення показників, які досліджували порівняно з іншими дослідними групами. У тварин-симпатотоніків встановлено високу частоту серцевих скорочень $95 \pm 1,41$ ударів/хв ($p \leq 0,001$) та низкою інтенсивність інтервалу R-R $0,63 \pm 0,01$ с ($p \leq 0,001$). У ваготоніків дані показники були децю нижчими $54 \pm 1,24$ ударів/хв і вищим $1,12 \pm 0,03$ с ($p \leq 0,001$). Крім того, свині-симпатотоніки характеризувалися найбільшою величиною амплітуди моди розподілу $39,55 \pm 2,23$ % ($p \leq 0,001$). Децю нижчою була у нормотоніків $25,00 \pm 0,83$ % і найнижчою – у ваготоніків $11,90 \pm 0,54$ % ($p \leq 0,001$). Найбільшою різниця між максимальним і мінімальним значенням моди була у тварин-ваготоніків*

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

($0,25 \pm 0,01$ с, $p \leq 0,001$), децю нижча у нормотоніків ($0,13 \pm 0,01$ с) і найнижча – у симпатотоніків ($0,07 \pm 0,01$ с, $p \leq 0,05$). У тварин-ваготоніків, навпаки було встановлено меншу частоту серцевих скорочень ($p \leq 0,001$), більший інтервалу R-R ($p \leq 0,001$), меншу амплітуду моди ($p \leq 0,001$), менший індекс напруги, автономний показник ритму, індексом автономної рівноваги ($p \leq 0,001$), більшу різницю між максимальним і мінімальним значенням моди (Δx).

Таким чином при врахуванні отриманих результатів, свині, залежно від впливу тону автономної нервової системи, мають відмінності у діяльності серцево-судинної системи.

Ключові слова: нормотоніки, симпатотоніки, ваготоніки, свині, автономна нервова система

Актуальність проблеми.

Свинарство сьогодні є важливою галуззю, що забезпечує ринки тваринної продукції білковою їжею. Під час аналізу даного виробництва можна побачити багато варіацій організації даної системи по вирощуванню свиней. В більшості спільні ознаки прослідковуються [1, 5]. Свинарні комплекси характеризуються тим, що сама ферма поділена на секції умовно: відділ де запліднюються і утримуються свиноматки, родилка, дорощування, відгодівля та інші приміщення залежно від технології відгодівлі залежні від періоду росту свиней [14]. Головна ціль даного виробництва, це максимальний приріст живої маси за більш короткий термін. Переважно термін за який свиня може максимально набрати вагу із зменшим вмістом жиру коливається в межах 6 місяців [16]. Слід зазначити, що цей процес циклічний і секції на фермі постійно заповнюються тваринами з різним етапом відгодівлі, не забуваючи про збереження

мікроклімату приміщенні з дотриманням технології пусти-зайнято. Також з розвитком індустріалізації, ферми оснащені системами корегування кліматичної сталості приміщенні. Оскільки будь які негативні зміни в показниках температури, вмісту кисню, аміаку та інше вплинуть на продуктивність всього поголів'я [11, 20, 22].

Зі стрімким покращення умов життя свиней та автоматизації виробництва постає питання, як перевірити їх ефективність та вплив на організм тварини. Вченими розроблено багато напрямків у вирішенні даної проблеми. Головна проблема, що по стає на шляху кожного виробництва, це запобігання розвитку стресу або полегшення його перебігу [19, 21]. Причинами розвитку стресової ситуації для свиней на підприємстві є сам технологічний процес [13]. Кожен етап їхнього життя складається у перемішені та перегрупуванні як мінімум 4 рази у їх житті. Наприклад перший масштабний стрес який вони

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

відчувають є відлучення їх від свиноматки та перегін у іншу секцію для дорощування. Це викликає значні впливи на організм свині, що може сказатися на процесах гомеостазу [3, 4, 7].

Гомеостаз у організмі тварини та людини корелюється нейро-гуморальною системою, що збалансовує його використовуючи багато відділів, які їй підпорядковуються. Автономна нервова система займає одну із ключових ролей у вирішенні даних питання [15, 18]. Наприклад коли свиню перемішують із секції дорощування на відгодівлю, у тварини виникає стрес на фоні створення даного фактору впливу. Відбувається активація симпатичної нервової системи, що спричиняє розщеплення резервів поживних речовин та підвищення активності серцево-судинної системи для найшвидшого поширення їх по організму. При завершенні стресового перегрупування свиней і привикання тварини до нового місця перебування активується парасимпатична нервова система, яка забезпечує процеси синтезу, травлення та пригнічення надмірної активності симпатичної нервової системи [2, 6]. Слід зазначити, що відділи автономної нервової системи постійно взаємодіють з організмі та один з одним. Кожна свиня це не одна і та сама, вони різні і відповідно до цього мають різний індивідуальні

особливості. Враховуючи це активність симпатичної і парасимпатичної нервової системи буде різна, що буде відображатися у симпато-вагусному балансі. Дані особливості будуть характеризуватися у вигляді тонусу автономної нервової системи. Внаслідок цього тварин можна буде розподілити на три групи: симпатотоніки, ваготоніки та нормотоніки. Залежно від цього свині по різному будуть реагувати на перемінні у їх житті, що матиме відображення у їх гомеостазі і як наслідок у наборі маси [8, 17].

Для визначення і аналізу тонусу автономної нервової системи часто застосовують варіаційно-пульсометричне дослідження, що є неінвазійним і ефективним методом у аналізі показників активності симпатичної і парасимпатичної нервової системи. На підставі результатів даного дослідження, можна розподілити тварин відповідно до симпато-вагусного балансу, що дає можливість кращого розуміння протікання обмінних процесів та прогнозування реакції організму свині на вплив стресового фактору [10,].

Актуальність даного питання, пояснюється у необхідності аналізу симпато-вагусного балансу за допомогою варіаційно-пульсометричного дослідження для з'ясування, ролі тонусу автономної нервової системи у гомеостазі свиней.

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

Це дає можливість кращого розуміння благополуччя тварини на підприємстві та перебігу процесів синтезу та розщеплення поживних речовин [12].

Метою дослідження було вивчити показники варіабельності серцевого ритму залежно від тонузу автономної нервової системи у свиней.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилися на свиноматках різного віку. Для варіаційно-пульсометричного дослідження було відібрано 21 клінічно здорових свиней. Дослідні групи тварин формували відповідно за результатами електрокардіографічного дослідження за методикою Баєвського. Електрокардіографічне дослідження проводили за допомогою одноканального електрокардіографа Heart Mirror ІКО Угорщина Innomed. Для розміщення електродів використовували електричні затискачі типу крокодил, які розташовували за системою трьох відведень. Швидкість протяжки стрічки під час запису кардіосигналів становила 50 мм/с. Обрахунок отриманих результатів кардіологічного дослідження проводився вручну. За варіаційно-пульсометричним дослідження було визначено основні показники, такі як: мода (Mo) – інтервал, який найчастіше зустрічається на проміжку R-R серцевого скорочення;

амплітуда моди (AMo) – відсоткове значення моди, що формує моду, тобто відсоткове значення найбільш частого значення; варіаційний розмах (Δx) – різниця між максимальним і мінімальним значенням моди; індекс напруги (ИН) – показник, який відображає стан напруги організму, тобто відображає індекс стресу, що характеризує тонус автономної нервової системи, індекс автономної рівноваги (IAP) – показник, який відображає вплив симпатичної і парасимпатичної нервової системи на організм, визначається різницею між амплітудою моди та варіаційним розмахом; автономний показник ритму (АПР) – показник, що відображає вплив симпатичної нервової системи на організм. За отриманими результатами було сформовано три дослідні групи свиней: нормотоніки – тварини з симпато-вагальним балансом, симпатотоніки – тварини з домінуванням симпатичної нервової системи, ваготоніки – тварини з домінуванням парасимпатичної нервової системи.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили загальноприйнятими методами варіаційної статистики. Вірогідність різниці показників оцінювали за t-критерієм Ст'юдента. Відмінності між показниками, що порівнювались, вважали вірогідними за рівня значимості $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$.

Результати досліджень. За результатами варіаційно-пульсометричного дослідження сформовано три дослідні групи тварин: нормотоніки, ваготоніки,

симпатотоніки. Дані групи мають відмінності у показника активності серцево-судинної системи, що відображено у табл. 1.

1. Показники варіабельності серцевого ритму залежно від тонуру автономної нервової системи у свиней

Показники	Нормотоніки	Симпатотоніки	Ваготоніки
Пультс, ударів/хв	69±2,70	95±1,41***	54±1,24***
Мо, с	0,88±0,04	0,63±0,01***	1,12±0,03***
АМо, %	25,00±0,83	39,55±2,23***	11,90±0,54***
Δх, с	0,14±0,01	0,06±0,01*	0,27±0,01***
ІН	133±8,11	489±34,81***	21,15±0,87***
ІАР	197±8,96	613±37,71***	47,28±1,74***
АПР	9,11±0,77	25,08±2,31***	3,59±0,22**

Примітка: *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001 – відносно даних групи нормотоніків.

Щодо показників моди, то у симпатотоніків вони були найнижчими ($p \leq 0,001$). Варто зазначити, що у тварин даної дослідної групи мода $0,63 \pm 0,01$ с найменша порівняно з іншими групами внаслідок дії симпатичної нервової системи. Адже відомо, що за впливу будь якого екзогенного чинника на організм свиней, з боку автономної нервової системи переважає явище симпатотонії. У результаті чого серцево-судинна система збільшує свою збудливість, що призводить до зростання частоти серцевих скорочень і, відповідно, показників пульсу. Варто зазначити, що показники моди $1,12 \pm 0,03$ ($p \leq 0,001$) у ваготоніків найбільші в порівнянні з іншими дослідними групами.

Амплітуда моди у симпатотоніків $39,55 \pm 2,23$ має найвищий показник ($P < 0,001$) по відношенню до інших дослідних груп, це свідчить про активність симпатичної нервової системи. Найменші значення АМо відмічаються у ваготоніків $11,90 \pm 0,54$ ($P < 0,001$), що характеризує активність парасимпатичної нервової системи.

Варіаційний розмах у ваготоніків має найбільші показники $0,27 \pm 0,01$, а симпатотоніки найменшими $0,06 \pm 0,01$, що відображає стан симпато-вагусного балансу ($P < 0,05$; $P < 0,001$). За рахунок активності симпатичної нервової системи, зростає частота серцевих скорочень, що сприяє зростанню сталості інтервалу між серцевими скороченнями, про це свідчить зменшення Δx .

Індекс напруги за результатами варіаційно-пульсометричного дослідження має високі показники у симпатотоніків $489 \pm 34,81$ та низькі у ваготоніків $21,15 \pm 0,87$ ($P < 0,001$). Даний показник описує стан тварин у стресі, враховуючи фактор того, що під час впливу стресового фактору у свиней активується симпатична нервова система, ІН буде зростати.

Індекс автономної рівноваги описує співвідношення впливу симпатичної нервової системи і парасимпатичної нервової системи. Підвищення значень даного показника характеризується зростанням симпатотонії, а зниження ваготонією. Симпатотоніків мають найбільший ІАР $613 \pm 37,71$, а ваготоніки найменший $47,28 \pm 1,74$ ($P < 0,001$).

Автономний показник ритму відображає активність симпатичної нервової системи в організмі тварини. Чим більше значення ти сильніший вплив симпатотонії. Дослідна група ваготоніки мають найменший показники АПР $3,59 \pm 0,22$, а симпатотоніки найбільші $25,08 \pm 2,31$ ($P < 0,01$; $P < 0,001$).

Аналізуючи результати отриманні за допомогою варіаційно-пульсометричного дослідження було встановлено тонус автономної нервової системи. Свині симпатотоніки характеризуються активністю симпатичної нервової системи. Про це свідчить мода, яка

має найменші показники в наслідок збільшеної частоти серцевих скорочень, що зменшує час тривалості інтервалу R–R. Зв'язку з чим збільшується відсоток амплітуди моди. Варіаційний розмах відповідає низьким показникам в наслідок зменшення інтервалу між найменшим і найбільшим значення моди.

Свині ваготоніки характеризуються активністю парасимпатичної нервової системи. Встановлено, що у даної дослідної групи високі показники моди та варіаційного розмаху та низькі показники амплітуди моди. Для додаткового підтвердження тону автономної нервової системи було визначено індекс напруги, автономний показник ритму та індекс автономної рівноваги. ІН, АПР, ІАР надають точну інформацію про симпато-вагусний баланс, зростання даних показників свідчить про перевагу симпатичної нервової системи, а зменшення відображає вплив парасимпатичної нервової системи.

Висновки

Тонус автономної нервової системи у свиней має вплив на серцево-судинну систему. На це вказують результати визначення варіабельності серцевого ритму у дослідних тварин. Встановлено, що тварини з симпатотонією мали високу частоту серцевих скорочень $95 \pm 1,41$ ($p \leq 0,001$), меншим інтервалу R-R

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

0,63±0,01 с ($p \leq 0,001$), більшу амплітуду моди 39,55±2,23% ($p \leq 0,001$), меншу різницю між максимальним і мінімальним значенням моди (Δx) 0,07±0,01 ($p \leq 0,05$) та високим індекс напруги, автономний показник ритму, індексом автономної рівноваги ($p \leq 0,001$).

Список використаних джерел

1. Acharya, R. Y., Hemsworth, P. H., Coleman, G. J., & Kinder, J. E. (2022). The animal-human interface in farm animal production: Animal fear, stress, reproduction and welfare. *Animals*, 12(4), 487. DOI: 10.3390/ani12040487
2. Cerón, J. J., Contreras-Aguilar, M. D., Escribano, D., Martínez-Miró, S., López-Martínez, M. J., Ortín-Bustillo, A., ... & Tecles, F. (2022). Basics for the potential use of saliva to evaluate stress, inflammation, immune system, and redox homeostasis in pigs. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 81. DOI: 10.1186/s12917-022-03176-w
3. Collins, L. M., & Smith, L. M. (2022). Smart agri-systems for the pig industry. *animal*, 16, 100518. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100518
4. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicout, D. J., Calistri, P., Canali, E., ... & Herskin, M. (2022). Welfare of pigs during transport. *EFSA Journal*, 20(9), e07445. DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7445
5. Grela, E. R., Kowalczyk-Vasilev, E., Świątkiewicz, M., & Skiba, G. (2023). Barley, Triticale, or Rye? The Type of Grain Can Affect the Growth Performance and Meat Quality of Sustainable Raised Pigs. *Animals*, 13(8), 1331. DOI: 10.3390/ani13081331
6. Guevara, R. D., Pastor, J. J., Manteca, X., Tedo, G., & Llonch, P. (2022). Systematic review of animal-based indicators to measure thermal, social, and immune-related stress in pigs. *PloS one*, 17(5), e0266524. DOI: 10.1371/journal.pone.0266524
7. Huong, L. T. T., Takahashi, Y., Duy, I. V., Chung, D. K., & Yabe, M. (2023). Development of Livestock Farming System and Technical Efficiency: A Case Study on Pig Production in Vietnam. DOI: 10.5109/6770291
8. Hyun, U., & Sohn, J. W. (2022). Autonomic control of energy balance and glucose

У тварин-ваготоніків, навпаки було встановлено меншу частоту серцевих скорочень ($p \leq 0,001$), більший інтервалу R-R ($p \leq 0,001$), меншу амплітуду моди ($p \leq 0,001$), менший індекс напруги, автономний показник ритму, індексом автономної рівноваги ($p \leq 0,001$), більшу різницю між максимальним і мінімальним значенням моди (Δx).

homeostasis. *Experimental & Molecular Medicine*, 54(4), 370-376. DOI: 10.1038/s12276-021-00705-9

9. Jänig, W. (2022). The integrative action of the autonomic nervous system: neurobiology of homeostasis. Cambridge University Press.

10. Kim, D., Kim, N., Lee, Y., Kim, S., & Kwon, J. (2023). Sound stimulation using the individual's heart rate to improve the stability and homeostasis of the autonomic nervous system. *Physiological Reports*, 11(18), e15816. DOI: 10.3390/agriculture12081139

11. Kim, J. G., Lee, I. B., Lee, S. Y., Park, S. J., Jeong, D. Y., Choi, Y. B., ... & Yeo, U. H. (2022). Development of an air-recirculated ventilation system for a piglet house, Part 1: Analysis of representative problems through field experiment and aerodynamic analysis using CFD simulation for evaluating applicability of system. *Agriculture*, 12(8), 1139. DOI: 10.14814/phy2.15816

12. LeBouef, T., Yaker, Z., & Whited, L. (2022). Physiology, autonomic nervous system. In *StatPearls* [Internet]. StatPearls Publishing.

13. Liu, F., Zhao, W., Le, H. H., Cottrell, J. J., Green, M. P., Leury, B. J., ... & Bell, A. W. (2022). What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry?. *animal*, 16, 100349. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100349

14. Mahfuz, S., Mun, H. S., Dilawar, M. A., & Yang, C. J. (2022). Applications of smart technology as a sustainable strategy in modern swine farming. *Sustainability*, 14(5), 2607. DOI: 10.3390/su14052607

15. Pelot, N. A., Vaseghi, M., Reznikov, L., Osborne, P. B., & Conde, S. V. (2023). Multiscale anatomy and biophysics of the autonomic nervous system: implications for neuromodulation. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1289177. DOI: 10.3389/fnins.2023.1289177

16. Soloviev, D. A., Bakirov, S. M., Strelnikov, V. A., Logacheva, O. V., & Kolganov, D. A. (2022, April). Development of a neural network

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

architecture for controlling a technological feeding line in a pigsty. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1010, No. 1, p. 012161). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/1010/1/012161

17. Stukelj, M., Hajdinjak, M., & Pusnik, I. (2022). Stress-free measurement of body temperature of pigs by using thermal imaging—Useful fact or wishful thinking. *Computers and Electronics in Agriculture*, 193, 106656. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106656

18. Surai, P. F., & Earle-Payne, K. (2022). Antioxidant defences and redox homeostasis in animals. *Antioxidants*, 11(5), 1012. DOI: 10.3390/antiox11051012

19. Van Milgen, J., Eugenio, F. A., & Le Floc'H, N. (2022). A model to analyse the postprandial nutrient concentration in the plasma of pigs. *Animal-Open Space*, 1(1), 100007. DOI: 10.1016/j.anopes.2022.100007

20. Zeng, J., Shen, X., Yin, H., Sun, X., Dong, H., & Huang, G. (2022). Oxygen dynamics, organic matter degradation and main gas emissions during pig manure composting: Effect of intermittent aeration. *Bioresource Technology*, 361, 127697. DOI: 10.1016/j.biortech.2022.127697

21. Zhang, J., Yan, E., Zhang, L., Wang, T., & Wang, C. (2022). Curcumin reduces oxidative stress and fat deposition in longissimus dorsi muscle of intrauterine growth-retarded finishing pigs. *Animal Science Journal*, 93(1), e13741. DOI: 10.1111/asj.13741

22. Zhou, K., Wang, H., Wu, J., & Li, J. (2023). Effect of digital economy on large-scale pig farming: An empirical study from China. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 2238985. DOI: 10.1080/23311932.2023.2238985

Reference

1. Acharya, R. Y., Hemsworth, P. H., Coleman, G. J., & Kinder, J. E. (2022). The animal-human interface in farm animal production: Animal fear, stress, reproduction and welfare. *Animals*, 12(4), 487. DOI: 10.3390/ani12040487

2. Cerón, J. J., Contreras-Aguilar, M. D., Escribano, D., Martínez-Miró, S., López-Martínez, M. J., Ortín-Bustillo, A., ... & Tecles, F. (2022). Basics for the potential use of saliva to evaluate stress, inflammation, immune system, and redox homeostasis in pigs. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 81. DOI: 10.1186/s12917-022-03176-w

3. Collins, L. M., & Smith, L. M. (2022). Smart agri-systems for the pig industry.

animal, 16, 100518. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100518

4. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicot, D. J., Calistri, P., Canali, E., ... & Herskin, M. (2022). Welfare of pigs during transport. *EFSA Journal*, 20(9), e07445. DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7445

5. Grela, E. R., Kowalczyk-Vasilev, E., Świątkiewicz, M., & Skiba, G. (2023). Barley, Triticale, or Rye? The Type of Grain Can Affect the Growth Performance and Meat Quality of Sustainable Raised Pigs. *Animals*, 13(8), 1331. DOI: 10.3390/ani13081331

6. Guevara, R. D., Pastor, J. J., Manteca, X., Tedo, G., & Llonch, P. (2022). Systematic review of animal-based indicators to measure thermal, social, and immune-related stress in pigs. *PloS one*, 17(5), e0266524. DOI: 10.1371/journal.pone.0266524

7. Huong, L. T. T., Takahashi, Y., Duy, I. V., Chung, D. K., & Yabe, M. (2023). Development of Livestock Farming System and Technical Efficiency: A Case Study on Pig Production in Vietnam. DOI: 10.5109/6770291

8. Hyun, U., & Sohn, J. W. (2022). Autonomic control of energy balance and glucose homeostasis. *Experimental & Molecular Medicine*, 54(4), 370-376. DOI: 10.1038/s12276-021-00705-9

9. Jänig, W. (2022). The integrative action of the autonomic nervous system: neurobiology of homeostasis. Cambridge University Press.

10. Kim, D., Kim, N., Lee, Y., Kim, S., & Kwon, J. (2023). Sound stimulation using the individual's heart rate to improve the stability and homeostasis of the autonomic nervous system. *Physiological Reports*, 11(18), e15816. DOI: 10.3390/agriculture12081139

11. Kim, J. G., Lee, I. B., Lee, S. Y., Park, S. J., Jeong, D. Y., Choi, Y. B., ... & Yeo, U. H. (2022). Development of an air-recirculated ventilation system for a piglet house, Part 1: Analysis of representative problems through field experiment and aerodynamic analysis using CFD simulation for evaluating applicability of system. *Agriculture*, 12(8), 1139. DOI: 10.14814/phy2.15816

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

12. LeBouef, T., Yaker, Z., & Whited, L. (2022). Physiology, autonomic nervous system. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.
13. Liu, F., Zhao, W., Le, H. H., Cottrell, J. J., Green, M. P., Leury, B. J., ... & Bell, A. W. (2022). What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry?. *animal*, 16, 100349. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100349
14. Mahfuz, S., Mun, H. S., Dilawar, M. A., & Yang, C. J. (2022). Applications of smart technology as a sustainable strategy in modern swine farming. *Sustainability*, 14(5), 2607. DOI: 10.3390/su14052607
15. Pelot, N. A., Vaseghi, M., Reznikov, L., Osborne, P. B., & Conde, S. V. (2023). Multiscale anatomy and biophysics of the autonomic nervous system: implications for neuromodulation. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1289177. DOI: 10.3389/fnins.2023.1289177
16. Soloviev, D. A., Bakirov, S. M., Strelnikov, V. A., Logacheva, O. V., & Kolganov, D. A. (2022, April). Development of a neural network architecture for controlling a technological feeding line in a pigsty. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1010, No. 1, p. 012161). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/1010/1/012161
17. Stukelj, M., Hajdinjak, M., & Pusnik, I. (2022). Stress-free measurement of body temperature of pigs by using thermal imaging—Useful fact or wishful thinking. *Computers and Electronics in Agriculture*, 193, 106656. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106656
18. Surai, P. F., & Earle-Payne, K. (2022). Antioxidant defences and redox homeostasis in animals. *Antioxidants*, 11(5), 1012. DOI: 10.3390/antiox11051012
19. Van Milgen, J., Eugenio, F. A., & Le Floc'H, N. (2022). A model to analyse the postprandial nutrient concentration in the plasma of pigs. *Animal-Open Space*, 1(1), 100007. DOI: 10.1016/j.anopes.2022.100007
20. Zeng, J., Shen, X., Yin, H., Sun, X., Dong, H., & Huang, G. (2022). Oxygen dynamics, organic matter degradation and main gas emissions during pig manure composting: Effect of intermittent aeration. *Bioresource Technology*, 361, 127697. DOI: 10.1016/j.biortech.2022.127697
21. Zhang, J., Yan, E., Zhang, L., Wang, T., & Wang, C. (2022). Curcumin reduces oxidative stress and fat deposition in longissimus dorsi muscle of intrauterine growth retarded finishing pigs. *Animal Science Journal*, 93(1), e13741. DOI: 10.1111/asj.13741
22. Zhou, K., Wang, H., Wu, J., & Li, J. (2023). Effect of digital economy on large-scale pig farming: An empirical study from China. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 2238985. DOI: 10.1080/23311932.2023.2238985

VARIATION-PULSOMETRIC STUDY OF THE TONE OF THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM IN PIGS

V. Todoryuk, V. Karpovskiy, O. Zhurenko, D. Kryvoruchko, V. Zhurenko, S. Kravchuk, P. Khyminets

Abstract. *Research and study of the role of the autonomic nervous system in regulating the activity of the cardiovascular system in animals is relevant, as it will allow to deepen the existing knowledge about the vegetative regulation of the physiological functions of the pig body. The aim of the work was to study indicators of heart rate variability depending on the tone of the autonomic nervous system in pigs. Experimental studies were conducted on pigs. Three groups of animals were formed: normotonics, sympathotonics and vagotonics. On the basis of the conducted research, it was established that the normotonic animals had average values of the indicators that were studied in comparison with other experimental groups. In sympathotonic animals, a high heart rate of 95 ± 1.41 beats/min ($p \leq 0.001$) and a low R-R interval intensity of 0.63 ± 0.01 s ($p \leq 0.001$) were established. In vagotonics, these indicators*

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

were slightly lower at 54 ± 1.24 beats/min and higher at 1.12 ± 0.03 s ($p \leq 0.001$). In addition, sympathotonic pigs were characterized by the largest amplitude of the distribution mode of $39.55 \pm 2.23\%$ ($p \leq 0.001$). It was somewhat lower in normotonics $25.00 \pm 0.83\%$ and the lowest in vagotonics $11.90 \pm 0.54\%$ ($p \leq 0.001$). The greatest difference between the maximum and minimum value of the mode was in vagotonic animals (0.25 ± 0.01 s, $p \leq 0.001$), slightly lower in normotonic animals (0.13 ± 0.01 s) and the lowest in sympathotonic animals (0.07 ± 0.01 s, $p \leq 0.05$). In vagotonic animals, on the contrary, a lower heart rate ($p \leq 0.001$), a longer R-R interval ($p \leq 0.001$), a smaller amplitude of the mode ($p \leq 0.001$), a lower stress index, an autonomous rhythm index, an autonomous balance index ($p \leq 0.001$), a greater difference between the maximum and minimum value of the mode (Δx).

Thus, taking into account the obtained results, pigs, depending on the influence of the tone of the autonomic nervous system, have differences in the activity of the cardiovascular system.

Key words: normotonics, sympathotonics, vagotonics, pigs, autonomic nervous system

**ДИНАМІКА ВМІСТУ СТАТЕВИХ ГОРМОНІВ В КРОВІ
СУК РІЗНОГО ВІКУ****В. І. ФОРКУН**, аспірант кафедри фізіології та біохімії тварин<https://orcid.org/0009-0000-4810-4114>**О. М. БОБРИЦЬКА**, доктор ветеринарних наук, професор<https://orcid.org/0000-0002-5368-8094>*Державний біотехнологічний університет*

E-mail: olga.bobritskaya2410@gmail.com

[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.019](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.019)

Анотація. Статтю присвячено встановленню вікових особливостей нервово-гуморальної регуляції відтворювальної функції у сук. Експеримент проведено на 15 суках (*Canis familiaris*) породи бультер'єр різного віку (зрілі суки з середнім віком 4,8; молоді – з середнім віком 1,4 роки; старі – з середнім віком 8,6 років). В плазмі крові сук протягом усього статевого циклу з різною періодичністю вимірювали вміст фолікулостимулюючого, лютеїнізуючого гормону, естрадіолу та прогестерону. Проведеними дослідженнями встановлено, що у молодих сук вік впливає на рівень лютеїнізуючого гормону (на 120–150-ту добу після сплеску LH – $\eta^2_{\chi}=0,46$; $P\leq 0,05$), естрадіолу (за три та одну добу до і у день після сплеску LH – $\eta^2_{\chi}=0,45-0,62$; $P\leq 0,05-0,001$), та прогестерону (на 23–30-й день після сплеску LH – $\eta^2_{\chi}=0,43$; $P\leq 0,05$). У старших сук вік впливає на рівень фолікулостимулюючого гормону (на 4-й, 9-й та 23–30-й день після сплеску LH – $\eta^2_{\chi}=0,43-0,48$; $P\leq 0,05$) та прогестерону (на 9-й та 35–40-й день після сплеску LH – $\eta^2_{\chi}=0,50-0,52$; $P\leq 0,05$). Встановлений вплив характеризується більшим рівнем статевих гормонів у крові репродуктивних сук середнього віку від показників сук старшого і молодшого віку. Різниця у рівні статевих гормонів у сук різного віку за вагітності збільшується.

Ключові слова. собаки, вік, прогестерон, лютеїнізуючий гормон, фолікулостимулюючий гормон, естрадіол

Актуальність. Собаки є найпопулярнішими домашніми тваринами [1], інтерес до яких продовжує зростати [2, 3]. Однак, забруднення навколишнього середовища, стреси різної етіології, заразні та незаразні хвороби, інбридинг та інші фактори негативно впливають на відтворення собак [4–7]. Ця проблема ускладнюється

браком знань про фізіологію відтворення [8], багато механізмів залишаються невідомі, а деякі загальноприйняті переконання ґрунтуються на старих дослідженнях, які не були повторені чи перевірені [9]. Нервово-гуморальна регуляція статевого циклу відбувається через статеві гормони, однак наявні дані щодо динаміки їх вмісту в крові сук

Форкун В. І., Бобрицька О. М.

протягом статевого циклу часто обмежені [10], фрагментарні [11] та деколи протиречливі [12, 13]. Дані щодо рівня статевих гормонів у сук різного віку породи бультер'єр в доступній літературі зовсім відсутні. З огляду на те, що собака є однією з найкращих лабораторних моделей, зокрема для дослідження порівняльних аспектів репродуктивної фізіології у ссавців і людей [14], краще розуміння механізмів, які беруть участь у встановленні та підтримці вагітності, може бути корисним для встановлення патогенезу деяких патологій і сприятиме розробці кращих клінічних протоколів [2].

Незважаючи на велику кількість публікацій з регуляції статевих циклів і лютеїнової функції жовтого тіла у тварин і людей, питання вікових особливостей організму на динаміку статевих гормонів у плазмі крові протягом статевого циклу сук залишилось поза увагою дослідників.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За обстеження *Iditarod Trail Dog Race* 4804 елітних їздових собак, тренуваних на витривалість, встановлено ключовий вплив віку на гематологічні та біохімічні показники тварин [15]. Що стосується впливу віку сук на стан репродуктивної функції сук, дані обмежені і деколи суперечливі [10]. У ретроспективних спостереженнях репродуктивних параметрів, проведених кінологічними клубами [16],

повідомляється про значний вплив віку на продуктивність сук, зокрема відмічено зменшення багатоплідності у старших сук та у сук після п'ятої вагітності [17, 18]. У сук такси молодше 2,5 років мали значно менше цуценят, ніж старші суки [18], а при дослідженні сук породи бігль, і древер отримано менші розміри тіла у цуценят при перших пологах [16, 19]. Проти цього Marinelli (2009) не виявив ніякого впливу віку на кількість приплоду, а тільки на частоту овуляції, яка була вище у літніх сук [10]. Поряд із цим, встановлено, що для більшості порід плідність під час першої вагітності не відрізняється [19]. Оскільки розмір посліду є результатом швидкості овуляції, швидкості зачаття і виживання ембріонів, вищезгадані дослідження не оцінювали вплив віку сук на нервово-гуморальну регуляцію репродуктивної функції тварин.

Мета дослідження – встановити вплив віку сук на динаміку вмісту статевих гормонів в їх крові.

Матеріали і методи дослідження. Експеримент проведено на 15 суках (*Canis familiaris*) породи бультер'єр різного віку. На час проведення досліджень усі тварини були вільні від інфекційних та інвазійних захворювань. Стан здоров'я тварин оцінювали за допомогою клінічного огляду та лабораторних досліджень. Було підібрано три групи тварин (по 5 у кожній): контрольна (зрілі

Форкун В. І., Бобрицька О. М.

тварини) – суки з середнім віком 4,8 роки (від 3,5 до 6,2 років); I дослідна група (молоді тварини) – суки з середнім віком 1,4 роки (від 15 до 18 місяців); II дослідна група (старі тварини) – суки з середнім віком 8,6 років (від 8 до 9 років). Осіменіння сук проводили різними методами (як природнім, так і штучним способом). Скринінг вагітності проводили на (або на 21-28-й день після овуляції). Матеріалом для досліджень були зразки крові сук відібрані з яремної вени на -3, -1, 0, 2, 4, 9, 23-30, 35-40, 55-60 та 120-150-й день після сплеску лютеїнізуючого гормону (LH). В плазмі крові сук вимірювали вміст естрадіолу (Dog E2 ELISA Kit, ICNE2KT, Innovative Research, США), фолікулостимулюючого гормону (Dog Follicle Stimulating Hormone (FSH) ELISA Kit, Abbexa LTD, Велика Британія), лютеїнізуючого гормону (Dog Luteinizing Hormone (LH) ELISA Kit, Abbexa LTD, Велика Британія) та прогестерону («Прогестерон – ІФА», ХЕМА, Україна). Вимірювання проводили на універсальному рідері для мікропланшет ELx800 (Bio-Tek Instruments, США).

Експеримент проведено із дотримання вимог Закону України № 3447-IV від 21.02.06 р. «Про захист тварин від жорстокого поводження» та в повній мірі узгоджуються з принципами «Європейської конвенції з захисту хребетних тварин, що використовуються для

експериментальних та наукових цілей» (Страсбург, 1986).

Результати дослідження та їх обговорення. Динаміка рівня FSH в плазмі крові сук породи бультер'єр під час проєструса не залежала від віку тварин (рис. 1). Однак, уже на стадії еструс з 2-го до 4-го дня після сплеску LH рівень FSH в плазмі крові сук контрольної групи («зрілі» тварини) зменшується у 3,3 раза ($P \leq 0,001$), тоді, як у сук I дослідної групи («молоді» тварини) у 2,7 раза ($P \leq 0,001$), а у тварин II дослідної групи («старі» тварини) лише у 2,4 раза ($P \leq 0,001$). Таким чином, у цей час рівень FSH в плазмі крові сук II дослідної групи становив 4,78 (3,81–5,55) ng/ml, що на 30,1 % ($P \leq 0,05$) достовірно більше від показників контрольних сук. З 4-ї до 9-ї доби після сплеску LH рівень FSH в плазмі крові сук контрольної групи збільшується у 1,8 раза ($P \leq 0,001$), тоді, як у тварин I дослідної та II дослідної групи у 2,0 раза ($P \leq 0,001$). Так, у цей час рівень гормону в крові сук II дослідної групи більше на 46,6 % ($P \leq 0,05$) від показника сук контрольної групи. Потрібно відмітити, що через 4-ри та 9-ть діб після сплеску LH рівень FSH в плазмі крові сук I дослідної групи був на 10,5; та 21,5 % більшим від такого у тварин контрольної групи, однак за рахунок високої варіабельності значень в середині популяції ці значення були недостовірні.

Форкун В. І., Бобрицька О. М.

Рівень FSH в плазмі крові тварин контрольної групи з 9-ї до 23–30-ї доби після сплеску LH показує тенденцію до зростання (на 28,8%), тоді, як у сук I та II дослідних груп зменшується відповідно на 6,0% та 14,8%. Однак уже надалі, до 35–40-ї доби після сплеску LH рівень гормону

в крові сук контрольної групи зменшується на 35% ($P \leq 0,05$), тоді, як у дослідних сук лише на 6,0–14,8%. Так, в цей час рівень FSH в плазмі крові сук II дослідної групи становив 8,19 (6,29–11,24) ng/ml, що достовірно більше на 46,6% ($P \leq 0,05$) від показників контрольних сук.

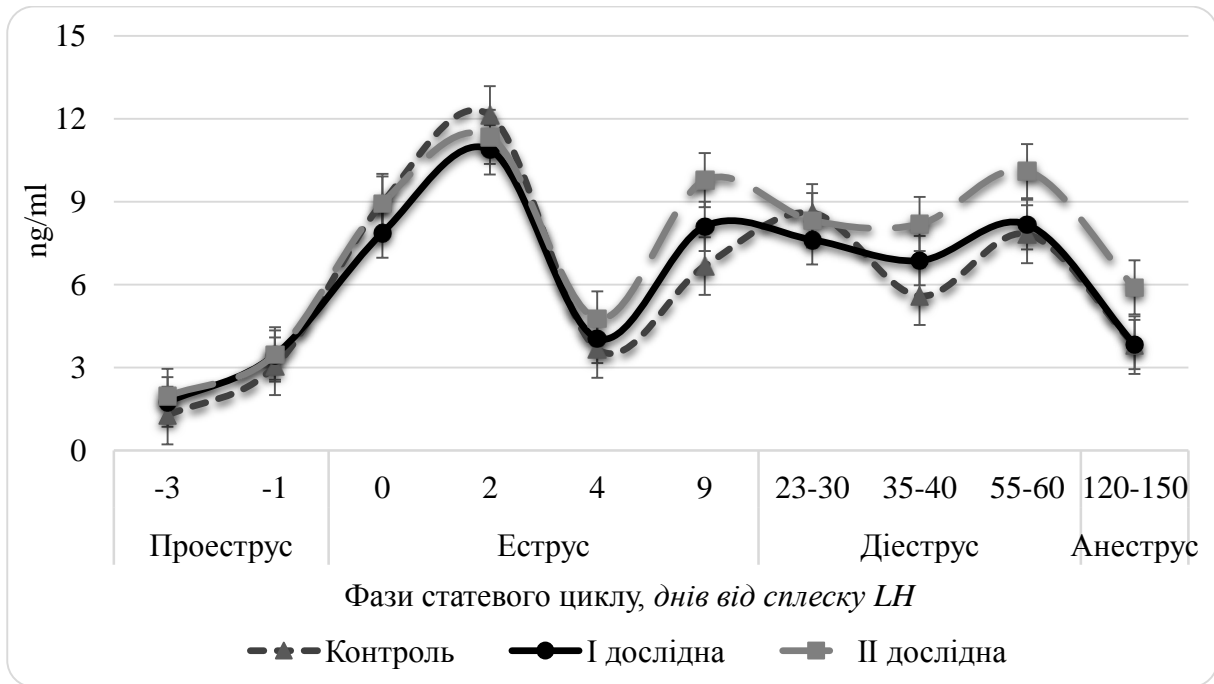


Рис. 1. Динаміка рівня фолікулостимулюючого гормону в плазмі крові вагітних сук різного віку ($n=5$; ng/ml).

Відмітимо стійку тенденцію щодо більшого рівня FSH в плазмі крові сук II дослідної групи на 55–60-й та 120–150-й день після сплеску LH. Тоді, як у тварин I дослідної групи таких закономірностей не встановлено.

Зростання рівня FSH з віком пов'язують із менопаузою у жінок [20], однак відомо, що у сук таке явище, як менопауза відсутнє [21], і теоретично собаки можуть продовжувати тічку і завагітніти протягом усього життя, навіть у

старшому віці, однак періоди між тічками значно збільшуються, рівень гормонів змінюється, що є ризиком для розвитку піометри [22]. Можна припустити, що зменшення рівня FSH в плазмі крові сук віком 8-9 років пов'язано зі зниженням рівня інгібіну (INH) (глікопротеїновий гормон, який пригнічує секрецію гонадотропіну гіпофіза, переважно FSH) [23]. Рівень інгібіну в крові домашніх тварин з віком зменшується [24], а після менопаузи жінок зовсім відсутній [20].

Форкун В. І., Бобрицька О. М.

Проведеними дослідженнями встановлено істотні різниці у вмісті E2 в плазмі крові сук різного віку на початку статевого циклу (рис. 2). Так, рівень гормону в плазмі крові сук

контрольної групи за три доби до сплеску LH був більший від такого у сук I та II дослідної групи відповідно на 29,4 % ($P \leq 0,05$) та 22,1 % і становив 54,44 (45,1–70,7) pg/ml.

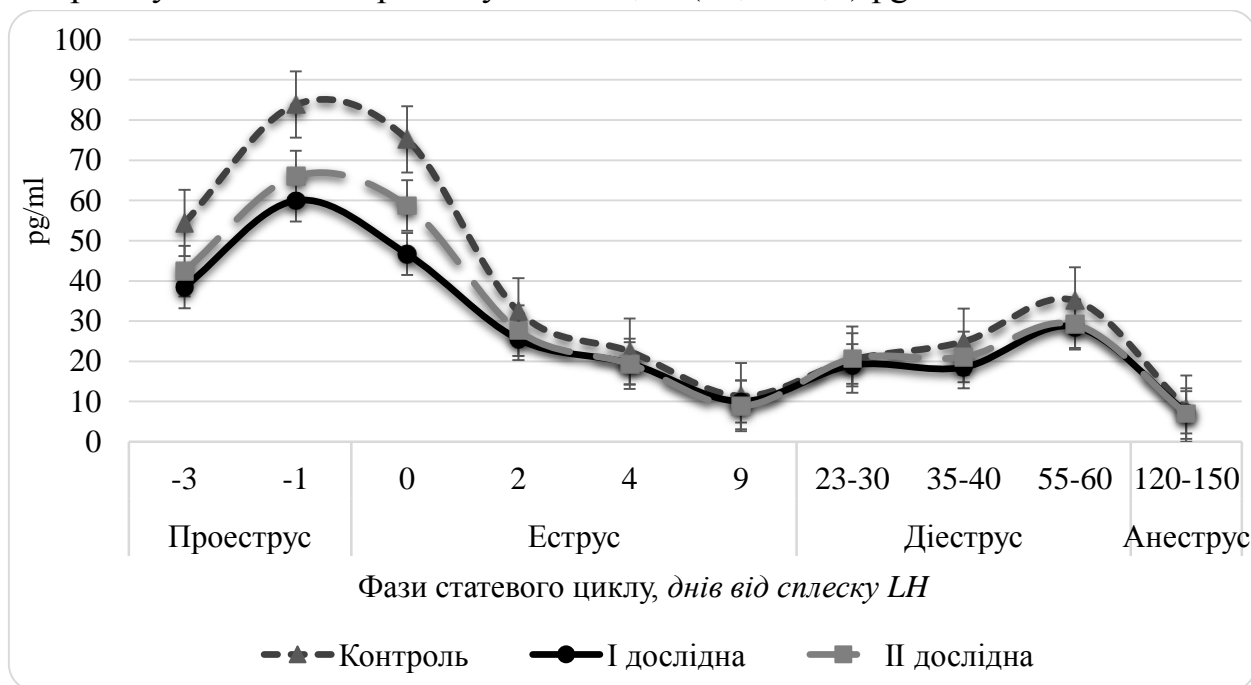


Рис. 2. Динаміка рівня естрадіолу в плазмі крові вагітних сук різного віку (n= 5; pg/ml).

Рівень E2 протягом з -3-ї до -1-ї доби до сплеску LH в плазмі крові сук незалежно від віку збільшується у 1,5–1,6 раза ($P \leq 0,01$). Так, за добу до сплеску LH, рівень E2 в плазмі крові сук контрольної групи був більший від такого у сук I та II дослідної групи відповідно на 28,5 % ($P \leq 0,05$) та 21,2 % і у цей час становив 83,84 (71,1–114,9) pg/ml. Надалі до сплеску LH рівень E2 залежно в плазмі крові сук контрольної та II дослідної групи зменшується на 10,3–11,1%, тоді, як у сук I дослідної групи на 22,1%. Завдяки цьому рівень гормону в крові сук I дослідної групи в цей час був

достовірно менше на 37,9 % від такого у сук контрольної групи і становив 46,7 (32,6–61,3) pg/ml. У подальшому в плазмі крові сук I дослідної групи рівень E2 до другої доби після сплеску LH зменшується у 1,8 раза ($P \leq 0,001$), тоді, як у контрольних тварин та сук II дослідної групи у 2,1–2,3 раза ($P \leq 0,001$) і перестає достовірно відрізнятись до кінця дослідного періоду. Слід відмітити лише чітку тенденцію щодо більшого рівня гормону в плазмі крові сук контрольної групи протягом усього наступного періоду досліджень. Зокрема, на стадії еструса починаючи

Форкун В. І., Бобрицька О. М.

від другої доби після сплеску ЛН рівень Е2 в плазмі крові сук I дослідної групи був менше на 11,6–21,4 %, а у тварин II дослідної групи на 13,7–21,4 %. На стадії дієструса (на 35–40-й та 55–60-й день від сплеску ЛН) рівень Е2 в плазмі крові сук I та II дослідної групи був менше на 15,2–25,6 % від значень у тварин контрольної групи. А на стадії анеструса (120–150-й день від сплеску ЛН) рівень естрадіолу в плазмі крові сук I та II дослідної групи породи бультер'єр був менше в середньому на 10,9–15,3 % від значень у тварин контрольної групи.

Відомо, що у жінок рівні ЛГ, Е2 та Р4 повільно знижувалися з віком [20], однак даних щодо динаміки статевих гормонів у сук у доступній літературі відсутні. Наявні закономірності щодо вищого рівня Е2 в плазмі крові сук віком від 3 до 6 років порівняно з старшими (8–9 років) та молодшими (15–18 міс.) суками.

Якщо порівнювати рівень Е2 в плазмі крові сук I та II дослідної групи, то достовірних різниць між показниками встановлено не було, однак слід відмітити чітку тенденцію щодо меншого рівня гормону в плазмі крові сук I дослідної групи протягом усього періоду досліджень. Зокрема ця закономірність

найбільше була виражена під час сплеску ЛН, коли рівень Е2 в плазмі крові сук I дослідної групи був менше на 20,5 % від такого у тварин II дослідної групи.

Встановлено, що рівень ЛН до його сплеску (день 0) збільшувався залежно від віку тварин (рис. 3). Так, у сук контрольної групи рівень гормону збільшується від 3 доби до сплеску ЛН у 8,6 раз ($P \leq 0,001$), тоді, як у сук I та II дослідної групи у 4,9–6,0 раз ($P \leq 0,001$). В день сплеску ЛН, його рівень в плазмі крові сук контрольної групи був на 17,2–24,6 % більшим від такого у сук I та II дослідної групи і становив 13,06 (8,32–20) ng/ml. Уже до другої доби після сплеску ЛН рівень гормону в крові сук контрольної групи зменшується у 4,9 раза ($P \leq 0,001$), тоді, як у сук I та II дослідної групи лише у 4,9–6,0 раза ($P \leq 0,001$). Відмітимо відсутність достовірних різниць рівня ЛН в плазмі крові сук контрольної та II дослідної групи протягом усього експерименту. Поряд із цим, у сук I дослідної групи рівень гормону на 120–150-й день після сплеску ЛН був достовірно менше на 28,8 % ($P \leq 0,05$) від такого у тварин контрольної групи і на 40,0 % ($P \leq 0,01$) менше від такого у тварин II дослідної групи.

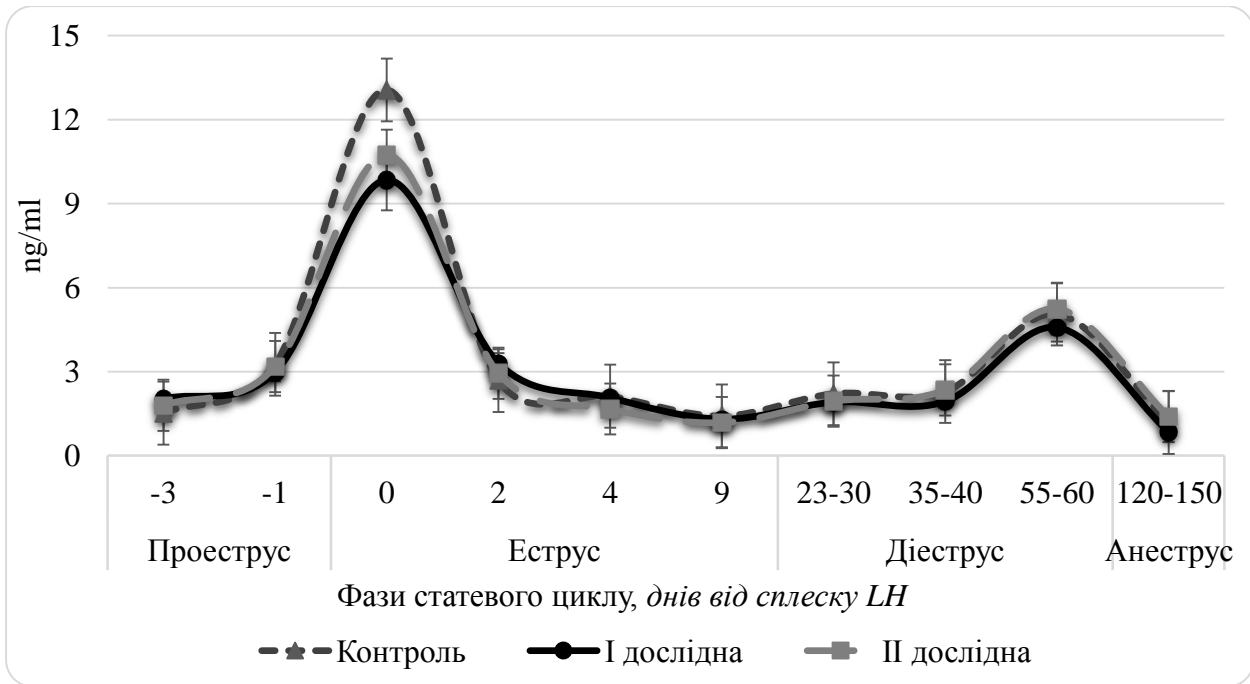


Рис. 3. Динаміка рівня лютеїнізуючого гормону в плазмі крові вагітних сук різного віку (n= 5; ng/ml).

Рівень P4 в плазмі крові сук різного віку до 9-ї доби після сплеску LH достовірно не відрізняється. Слід відмітити лише тенденцію щодо вищого рівня гормону в крові сук контрольної групи, порівняно з показниками тварин I і II дослідної групи (рис. 4). Рівень P4 в плазмі крові сук I дослідної групи на 9-й день після сплеску LH достовірно менше у 24,3 % ($P \leq 0,05$) від такого у сук контрольної групи і на 18,4 % від показників тварин II дослідної групи. Однак, надалі, до 23–30-го дня після сплеску LH рівень P4 в плазмі крові тварин I дослідної, контрольної і II дослідної групи збільшується відповідно у 2,1 раза ($P \leq 0,001$), 2,5 раза ($P \leq 0,001$) і 2,9 раза ($P \leq 0,001$), внаслідок чого у тварин II дослідної групи перестає достовірно відрізнятися від показників сук I

дослідної групи, а у сук I дослідної групи стає достовірно менше на 21,1 % ($P \leq 0,05$) від показника тварин контрольної групи.

Вже відомо, що вік суки істотно впливає на характеристики лютеїнової тканини, зокрема старші суки мали більшу кількість CL ($P < 0,001$), а у молодих сук відмічено знижену ефективність продукції P4 (P4/mg, P4/DNA) [10].

Слід відмітити достовірне збільшення рівня P4 в крові сук контрольної та II дослідної групи з 23–30-го до 55–60-го дня після сплеску LH у 1,5 раза ($P \leq 0,01$), тоді, як у тварин I дослідної групи даний показник достовірно не змінюється, внаслідок чого стає менше на 37,5% ($P \leq 0,05$) від такого у сук контрольної групи і на 22,8 % від показників тварин I дослідної групи. На

Форкун В. І., Бобрицька О. М.

подальших етапах досліджень крові сук різного віку встановлено не достовірних різниць у вмісті Р4 в було.

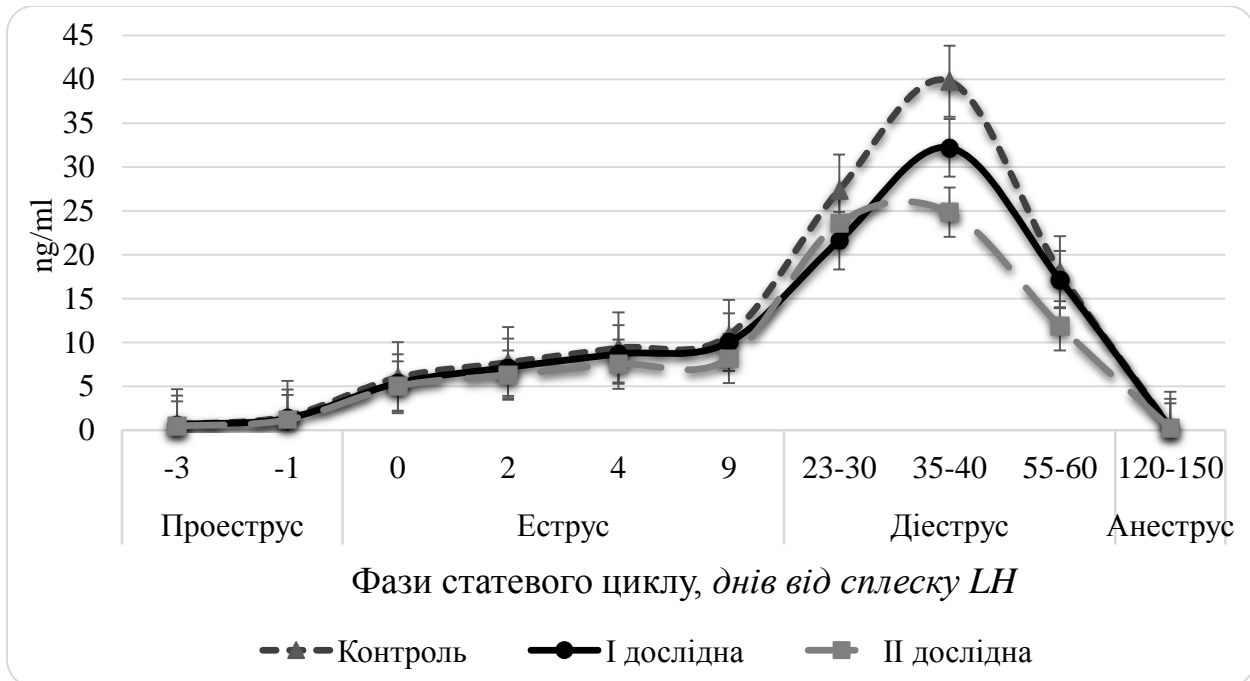


Рис. 4. Динаміка рівня прогестерону в плазмі крові вагітних сук різного віку ($n=5$; ng/ml).

Однофакторним дисперсійним аналізом встановлено, що на рівень LH в плазмі крові на 120–150-ту добу після сплеску LH (анеструс) чинить вплив молодий вік тварин ($\eta^2_\chi=0,46$; $P\leq 0,05$), тоді, як старість не впливала на рівень гормону в крові. На відміну від цього, молодий вік тварин не чинить вплив на рівень FSH, незалежно від стадії статевого циклу, однак «старість» впливає на рівень гормону на 4-й ($\eta^2_\chi=0,47$; $P\leq 0,05$), 9-й ($\eta^2_\chi=0,48$; $P\leq 0,05$) та 23–30-й ($\eta^2_\chi=0,43$; $P\leq 0,05$) день після сплеску LH (табл. 1). На рівень естрадіолу в плазмі крові сук «старість» не чинила

достовірного впливу, тоді, як встановлено достовірний вплив «молодого» віку сук на -3-й ($\eta^2_\chi=0,47$; $P\leq 0,05$), -1-й ($\eta^2_\chi=0,45$; $P\leq 0,05$) та 0-й ($\eta^2_\chi=0,62$; $P\leq 0,001$) день після сплеску LH.

На рівень прогестерону в плазмі крові сук «молодість» впливає лише на 23–30-й день після сплеску LH – $\eta^2_\chi=0,43$ ($P\leq 0,05$). У той же час «старість» на рівень прогестерону в плазмі крові вагітності впливала на 9-й ($\eta^2_\chi=0,52$; $P\leq 0,05$), та 35–40-й ($\eta^2_\chi=0,50$; $P\leq 0,05$) день після сплеску LH.

1. Сила впливу (η^2_χ) віку тварин на рівень статевих гормонів в плазмі крові вагітних (n= 5; ум. од.)

Стадія статевого циклу	Дні	Гормони							
		LH		FSH		E2		P4	
		Молоді	Старі	Молоді	Старі	Молоді	Старі	Молоді	Старі
Проєструс	-3	0,29	0,15	0,32	0,42	0,47*	0,41	0,02	0,31
	-1	0,05	0,00	0,12	0,33	0,45*	0,24	0,1	0,34
Еструс	0	0,18	0,10	0,07	0,00	0,62**	0,36	0,05	0,12
	2	0,33	0,06	0,04	0,02	0,23	0,21	0,03	0,27
	4	0,00	0,08	0,08	0,47*	0,13	0,19	0,04	0,40
	9	0,08	0,19	0,21	0,48*	0,03	0,13	0,06	0,52*
Дієструс	23–30	0,13	0,26	0,04	0,01	0,13	0,01	0,43*	0,14
	35–40	0,15	0,00	0,27	0,43*	0,21	0,12	0,15	0,50*
	55–60	0,04	0,01	0,02	0,28	0,12	0,16	0,01	0,35
Анеструс	120–150	0,46*	0,35	0,00	0,33	0,11	0,15	0,10	0,29

Примітка. Показники достовірні за: *P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001.

Висновки і перспективи. У молодих сук (15–18 міс.) вік впливає на рівень лютеїнізуючого гормону (на 120–150-ту добу після сплеску LH – $\eta^2_\chi=0,46$; $P\leq 0,05$), естрадіолу (за три та одну добу до і у день після сплеску LH – $\eta^2_\chi=0,45–0,62$; $P\leq 0,05–0,001$), та прогестерону (на 23–30-й день після сплеску LH – $\eta^2_\chi=0,43$; $P\leq 0,05$). У старших сук (8–9 років) вік впливає на рівень фолікулостимулюючого гормону (на 4-й, 9-й та 23–30-й день

після сплеску LH – $\eta^2_\chi=0,43–0,48$; $P\leq 0,05$) та прогестерону (на 9-й та 35–40-й день після сплеску LH – $\eta^2_\chi=0,50–0,52$; $P\leq 0,05$). Встановлений вплив характеризується більшим рівнем статевих гормонів у крові репродуктивних сук середнього віку (3-6 років) від показників сук старшого і молодшого віку. Різниця у рівні статевих гормонів у сук різного віку за вагітності збільшується.

Reference

1. Arden, R., Bensky, M. K., & Adams, M. J. (2016). A review of cognitive abilities in dogs, 1911 through 2016: more individual differences, please! *Current Directions in Psychological Science*, 25(5), 307–312.
2. Asp, H. E., Fikse, W. F., Nilsson, K., & Strandberg, E. (2015). Breed differences in everyday behaviour of dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 169, 69–77.
3. Barber, A. L. A., Mills, D. S., Montealegre-Z, F., Ratcliffe, V. F., Guo, K., & Wilkinson, A. (2020). Functional performance of the visual system in dogs and humans: A

comparative perspective. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, 15, 1–44.

4. Bensky, M. K., Gosling, S. D., & Sinn, D. L. (2013). The world from a dog's point of view: a review and synthesis of dog cognition research. *Advances in the Study of Behavior*, 45, 209–406.

5. Bray, E. E., Otto, C. M., Udell, M. A. R., Hall, N. J., Johnston, A. M., & MacLean, E. L. (2021). Enhancing the Selection and Performance of Working Dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 644431. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.644431>

6. Byosiere, S.-E., Chouinard, P. A., Howell, T. J., & Bennett, P. C. (2018). What do

Форкун В. І., Бобрицька О. М.

dogs (*Canis familiaris*) see? A review of vision in dogs and implications for cognition research. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 1798–1813.

7. Casey, R. A., Loftus, B., Bolster, C., Richards, G. J., & Blackwell, E. J. (2014). Human directed aggression in domestic dogs (*Canis familiaris*): Occurrence in different contexts and risk factors. *Applied Animal Behaviour Science*, 152, 52–63.

8. Christensen, N. J. (1967). Notes on the glucose oxidase method. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 19(4), 379–384.

9. Cooper, G. R., Henderson, L. O., Smith, S. J., & Hannon, W. H. (1991). Clinical applications and standardization of apolipoprotein measurements in the diagnostic workup of lipid disorders. *Clinical Chemistry*, 37(5), 619–620.

10. Davis, A. L., Schwebel, D. C., Morrongiello, B. A., Stewart, J., & Bell, M. (2012). Dog Bite Risk: An Assessment of Child Temperament and Child-Dog Interactions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(8), 3002. <https://doi.org/10.3390/IJERPH9083002>

11. Duckett, M. E., Curran, K. M., Leeper, H. J., Ruby, C. E., & Bracha, S. (2021). Fasting reduces the incidence of vincristine-associated adverse events in dogs. *Veterinary and Comparative Oncology*, 19(1), 61–68. <https://doi.org/10.1111/vco.12638>

12. EI, B. (2022). Fundamentals of Pathophysiology of Higher Nervous Activity - Literature Review. *Cytology & Histology International Journal*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.23880/chij-16000137>

13. Fratkin, J. L., Sinn, D. L., Patall, E. A., & Gosling, S. D. (2013). Personality consistency in dogs: a meta-analysis. *PloS One*, 8(1), e54907.

14. Friedewald, W. T., Levy, R. I., & Fredrickson, D. S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, 18(6), 499–502.

15. Hsu, Y., & Sun, L. (2010). Factors associated with aggressive responses in pet dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 123(3–4), 108–123.

16. Huber, L. (2016). How dogs perceive and understand us. *Current Directions in Psychological Science*, 25(5), 339–344.

17. Khoo, A. W. S., Taylor, S. M., & Owens, T. J. (2019). Successful management and recovery following severe prolonged starvation in a dog. In *Journal of veterinary emergency and critical care* (San Antonio, Tex. : 2001) (Vol. 29, Issue 5, pp. 542–548). <https://doi.org/10.1111/vec.12878>

18. Kujala, M. V. (2017). Canine emotions as seen through human social cognition. *Animal Sentience*, 2(14), 1.

19. Lea, S. E. G., & Osthaus, B. (2018). In what sense are dogs special? Canine cognition in comparative context. *Learning & Behavior*, 46(4), 335–363.

20. Netter, P. (2018). Benefits and limitations of drug studies in temperament research: biochemical responses as indicators of temperament. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1744). <https://doi.org/10.1098/RSTB.2017.0165>

21. Pointer, E., Reisman, R., Windham, R., & Murray, L. (2013). Starvation and the clinicopathologic abnormalities associated with starved dogs: a review of 152 cases. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 49(2), 101–107. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-5762>

22. Rattu, G., Khansili, N., Maurya, V. K., & Krishna, P. M. (2021). Lactate detection sensors for food, clinical and biological applications: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 1135–1152.

23. Riemer, S., Müller, C., Virányi, Z., Huber, L., & Range, F. (2014). The predictive value of early behavioural assessments in pet dogs—a longitudinal study from neonates to adults. *PloS One*, 9(7), e101237.

24. Schupp, H. T., & Renner, B. (2011). Food Deprivation: A neuroscientific perspective BT - *Handbook of Behavior, Food and Nutrition* (V. R. Preedy, R. R. Watson, & C. R. Martin (eds.); pp. 2239–2257). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-92271-3_142

25. Sherman, C. K., Reisner, I. R., Taliaferro, L. A., & Houpt, K. A. (1996). Characteristics, treatment, and outcome of 99

Форкун В. І., Бобрицька О. М.

cases of aggression between dogs. Applied Animal Behaviour Science, 47(1–2), 91–108.

26. Siniscalchi, M., d'Ingeo, S., Fornelli, S., & Quaranta, A. (2018). Lateralized behavior and cardiac activity of dogs in response to human emotional vocalizations. Scientific Reports, 8(1), 77.

27. Sundman, A., Johnsson, M., Wright, D., & Jensen, P. (2016). Similar recent selection criteria associated with different behavioural effects in two dog breeds. Genes, Brain and Behavior, 15(8), 750–756.

28. Tonoike, A., Otaki, K.-I., Terauchi, G., Ogawa, M., Katayama, M., Sakata, H.,

Miyasako, F., Mogi, K., Kikusui, T., & Nagasawa, M. (2022). Identification of genes associated with human-canine communication in canine evolution. Scientific Reports, 12(1), 6950. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11130-x>

29. van den Berg, S. M., Heuven, H. C. M., van den Berg, L., Duffy, D. L., & Serpell, J. A. (2010). Evaluation of the C-BARQ as a measure of stranger-directed aggression in three common dog breeds. Applied Animal Behaviour Science, 124(3–4), 136–141.

DYNAMICS OF STATE HORMONES IN THE BLOOD OF BITCHES

V. I. Forkun, O. M. Bobrytska

Abstract. The article is devoted to the establishment of age-old features of the neuro-humoral regulation of creative function in bitches. The experiment was carried out on 15 bitches (*Canis familiaris*) of the Bull Terrier breed (mature bitches with a middle age of 4.8; young - with a middle age of 1.4 years; old - with a middle age of 8.6 years). In the blood plasma of bitches over the course of a long period of time, follicle-stimulating hormone, luteinizing hormone, estradiol and progesterone were vibrated at different intervals. With doslizni, the young people have a bitch in the row of the Lutheanizuyuchi hormone (at 120–150 a doba of the Pisl splash $LH-\eta^2_\chi = 0.46$; $p \leq 0.05$), ESTRADIOLLOLOLOLOLOLOLOLOL (for three that one doba for the day after the LH surge – $\eta^2_\chi = 0.45–0.62$; $P \leq 0.05–0.001$), and progesterone (on the 23–30th day after the LH surge – $\eta^2_\chi = 0.43$; $P \leq 0.05$). In older bitches, the eyelid rises to the level of follicle-stimulating hormone (on the 4th, 9th and 23–30th day after the LH surge - $\eta^2_\chi = 0.43–0.48$; $P \leq 0.05$) and progesterone (on 9 the 35th–40th day after the LH surge – $\eta^2_\chi = 0.50–0.52$; $P \leq 0.05$). The formation of influx is characterized by a greater level of state hormones in the blood of reproductive bitches of middle age compared to reproductive bitches of older and younger age. The difference in the level of state hormones in females of different ages will increase due to gravidity.

Key words. dogs, eyelids, progesterone, luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, estradiol

ГРОМАДСЬКІ ОБ'ЄДНАННЯ СПЕЦІАЛІСТІВ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ, ВЕТЕРИНАРНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА АСОЦІАЦІЇ

М. О. ЖУКОВСЬКИЙ, асистент

В. В. НЕДОСЄКОВ, доктор ветеринарних наук, професор

E-mail: nfvm@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.020](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.020)

Анотація. У статті розглянуто структуру, завдання і повноваження громадських об'єднань та спеціалізованих ветеринарних організацій і асоціацій, проаналізовано особливості їх діяльності та вплив таких об'єднань на розвиток ветеринарної науки і кваліфікацію лікарів ветеринарної медицини як в Україні так і в інших країнах.

Проведене дослідження показало, що у багатьох країнах світу інтереси спеціалістів ветеринарної медицини представлені ветеринарними асоціаціями та об'єднаннями, як лікарів загальної практики так і вузько профільних спеціалістів, ці організації існують досить тривалий час і давно вже вироблені правила їх діяльності.

Також, ряд міжнародних ветеринарних асоціацій зараз активно допомагають Україні через своїх партнерів шляхом підтримки лікарів ветеринарної медицини, які потребують допомоги у відновленні роботи клінік, власникам тварин, що потребують допомоги та притулком для тварин.

Наразі в Україні працюють об'єднання і асоціації з досить різними напрямками і спеціалізаціями, проте не вистачає глобальної організації, що могла б об'єднати абсолютно усіх спеціалістів ветеринарної медицини і перебрати на себе цілий ряд дозвільних, контролюючих функцій від Держспродспоживслужби України за прикладом колег з інших країн. Крім того, помітно певні фінансові проблеми у деяких з організацій, відсутність офіційного веб сайту, а деякі з них існують формально, не проводячи будь яких заходів.

Ключові слова: міжнародні ветеринарні організації та асоціації, громадські об'єднання спеціалістів ветеринарної медицини, ветеринарна наука, підвищення кваліфікації

Актуальність та постановка проблеми. Спеціалісти ветеринарної медицини по всьому світу все частіше є членами різноманітних ветеринарних організацій та об'єднань, які покликані захищати професійні, економічні, юридичні права та свободи лікарів ветеринарної

медицини, а головне, сприяти їх підвищенню кваліфікації та професійному зростанню.

У світі є загальноприйнятою практикою, що такі глобальні міжнародні об'єднання визначають напрямок розвитку ветеринарної науки, ветеринарної освіти та власне

Жуковський М. О., Недосеков В. В.

практичної діяльності спеціалістів ветеринарної медицини. Нажаль, у нас в Україні небагато профільних ветеринарних об'єднань порівняно з країнами ЄС та країнами Північної Америки, а деякі з них існують формально, не проводячи будь яких заходів. Тому, на нашу думку, доцільним буде поглянути на досвід країн ЄС та Північної Америки де такі об'єднання було започатковано більше ста років тому, а їх діяльність чітко регламентується законом, а деякі з них навіть перебрали на себе повноваження з атестації, ліцензування та контролю за роботою лікарів ветеринарної медицини.

Тому, великого значення набуває співпраця Держпродспоживслужби України, факультетів ветеринарної медицини, науково-дослідних інститутів та різних об'єднань і асоціацій спеціалістів ветеринарної медицини нашої країни з профільними організаціями світового рівня та з об'єднаннями з інших країн, а також членство в них окремих спеціалістів ветеринарної медицини з України.

Мета дослідження – розглянути структуру, завдання і повноваження громадських об'єднань та спеціалізованих ветеринарних організацій і асоціацій, проаналізувати особливості їх діяльності та вплив таких об'єднань на розвиток ветеринарної науки і кваліфікацію лікарів ветеринарної медицини.

Матеріали та методи дослідження. Матеріали досліджень слугували: дані офіційних веб-сайтів, літературних джерел, статистична інформація. Використано аналітичний, історичний, системний методи, а також системно-діяльнісний підхід.

Результати дослідження та їх обговорення. Громадські об'єднання у сфері ветеринарної медицини та спеціалізовані ветеринарні організації і асоціації приймають активну участь у формуванні державної політики у сфері ветеринарної медицини по всьому світу; сприяють підвищенню кваліфікації спеціалістів ветеринарної медицини; фінансують найбільш актуальні дослідження в сфері ветеринарної медицини [10]; утворюють дорадчі та консультативні органи; здійснюють атестацію, ліцензування та контроль за діяльністю лікарів ветеринарної медицини; приймають активну участь в громадському обговоренні проектів законів та нормативно-правових актів з питань, що стосуються ветеринарної медицини; здійснюють правовий та економічний захист спеціалістів ветеринарної медицини; фінансують профільне навчання талановитої молоді; розвивають вузькопрофільні та прогресивні спеціалізації серед лікарів ветеринарної медицини; надають фінансову підтримку та кредитування для молодих лікарів; створюють пенсійні фонди та

Жуковський М. О., Недосєков В. В.

виконують цілий ряд інших важливих завдань.

Слід зазначити що громадські об'єднання, організації і асоціації спеціалістів ветеринарної медицини можна розділити на два види: об'єднання спеціалістів в межах країни та міжнародні асоціації по хворобам певних видів тварин чи спеціалізації. Права та повноваження перших закордоном значно ширші ніж у нас в країні, вони перебрали на себе ряд повноважень Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, Міністерства економіки України та ряду інших державних органів і установ.

В Україні працюють наступні асоціації ветеринарних спеціалістів: «Асоціація спеціалістів ветеринарної медицини України», «Українська асоціація лікарів ветеринарної медицини дрібних тварин», «Всеукраїнська гільдія ветеринарів», «Всеукраїнська спілка ветеринарних стоматологів», ГО «Спілка Власників Ветеринарної Справи в Україні», «Об'єднання лікарів ветеринарної медицини» та деякі дотичні.

Протягом 33 років діє «Асоціація спеціалістів ветеринарної медицини України» (АСВМУ), котра об'єднує понад 20 тисяч членів. Першочерговим завданням асоціації залишається захист прав та інтересів ветеринарних фахівців та створення умов для їх нормальної праці. Дана служба є гарантом впевненості

спеціаліста у своїх діях. Адже лікар впевнено займається своєю справою лише тоді, коли знає, що його права не будуть порушені, а честь і гідність залишаться недоторканою. Також, протягом багатьох років АСВМУ проводила Міжнародні конгреси спеціалістів ветеринарної медицини, за підтримки Держпродспоживслужби України і попередників та Об'єднання лікарів ветеринарної медицини і випускала науково-практичний журнал «Ветеринарна практика».

Українська асоціація лікарів ветеринарної медицини дрібних тварин (USAVA) – це асоціація для сприяння професійному розвитку ветеринарних лікарів дрібних домашніх тварин в Україні і ближньому зарубіжжі. В своїй діяльності організація керується принципами Всесвітня ветеринарна асоціація дрібних домашніх тварин (WSAVA) [8]. Основна мета діяльності асоціації захист соціальних, економічних, творчих та інших інтересів членів асоціації, сприяння розвитку ветеринарної справи в Україні і вирішення координаційних питань співпраці ветеринарних клінік, практикуючих лікарів і підрозділів державної ветеринарної медицини. Керівними органами організації є загальні збори членів і президент.

Асоціація досить плідно співпрацює з Всесвітньою ветеринарною асоціацією дрібних

Жуковський М. О., Недосєков В. В.

домашніх тварин (WSAVA) [7], Федерацією ветеринарних асоціацій, що займаються тваринами-компаньйонами (FECAVA) [9], Міжнародним фондом захисту тварин (IFAW), Всесвітньою організацією із захисту тварин (FOUR-PAWS), Американською ветеринарною асоціацією (AVMA), Словенською асоціацією лікарів ветеринарної медицини дрібних тварин (SSAVA).

Наразі, USAVA за підтримки вищеперахованих партнерів заснувала програму BASED, яка включає різні напрямки, а саме, для лікарів ветеринарної медицини, які потребують допомоги у відновленні роботи клінік; для власників тварин, які потребують допомоги; для притулків тварин, що потребують допомоги; для лікарів ветеринарної медицини, що потребують нових знань та для ветеринарів, які потребують допомоги у проведенні ремонтних робіт в клініках внаслідок руйнувань.

Всеукраїнська гільдія ветеринарів – громадська організація, заснована в 2015 році в Києві ветеринарними лікарями [3]. Члени організації – практикуючі ветеринарні лікарі, що прагнуть розвитку ветеринарної медицини в Україні. Голови комітетів з вузькопрофільних напрямків – кращі спеціалісти в тій чи іншій галузі в Україні.

Щороку Гільдія організовує та проводить два великих Міжнародних

Ветеринарних Конгреса в Києві (більше двох тисяч учасників), а також низку вузькоспеціалізованих навчальних заходів для вже досвідчених ветеринарних спеціалістів.

Всеукраїнська спілка ветеринарних стоматологів (ВСВС) – це професійне об'єднання ветеринарних лікарів, зацікавлених ветеринарною стоматологією [4]. Організацію засновано у 2021 році, в місті Києві. Основні завдання організації: всебічний розвиток ветеринарної стоматології в Україні та підвищення загального рівня культури утримання домашніх тварин; створення умов для безперервного професійного зростання ветеринарних спеціалістів, надання ними якісних та зручних ветеринарних послуг з повагою до тварин на засадах доказової медицини; розробка основних принципів надання ветеринарної стоматологічної допомоги.

Громадське об'єднання «Спілка Власників Ветеринарної Справи в Україні» [5]. Основні завдання: у мирний час – створити комфортне професійне та правове поле для діяльності ветеринарного бізнесу в Україні; в умовах війни надати допомогу практикуючим ліцензіатам, які втратили ветеринарний бізнес, повністю або частково втратили приміщення, обладнання через руйнування або вимушену евакуацію. У першу чергу тим, хто й надалі хоче

Жуковський М. О., Недосєков В. В.

працювати й розвивати ветеринарну справу саме в Україні.

У Німеччині представництво інтересів спеціалістів ветеринарної медицини організовуються на федеральному рівні (незалежно в кожній федеральній землі). Палати ветеринарних лікарів є професійними об'єднаннями, що діють у рамках публічного права та підлягають правовому нагляду з боку відповідного міністерства федеральної землі [11].

Кожна федеральна земля має принаймні одну власну палату ветеринарних лікарів (в Північному Рейні-Вестфалії дві палати ветеринарних лікарів (ПВЛ Вестфален-Ліппе (Westfalen-Lippe) та ПВЛ Північний Рейн (Nordrhein))), так що в даний час на території всієї Федерації існує 17 палат ветеринарних лікарів.

До відповідної палати ветеринарних лікарів належать всі ветеринарні спеціалісти, які займаються ветеринарною практикою у відповідному регіоні. Вона також включає тих ветеринарних працівників, які тимчасово не займаються своєю професією або взагалі не мають роботи та живуть у відповідному регіоні, якщо тільки вони не відмовляються від своєї приналежності до палати шляхом письмової заяви до неї з проханням про виключення.

Як орган самоврядування та самоуправління для своїх членів,

палати виробили та прийняли детальні норми щодо обов'язкових внесків, пенсійних фондів, виборів та професійних правових норм. Наприклад, професійні норми регулюють, які вимоги ставляться до облаштування професійної практики або клініки, чи в якій мірі дозволяється реклама своєї професійної діяльності.

Основними завданнями палат є:

- створення професійних норм;
- нагляд за дотриманням ветеринарних стандартів;
- пропозиції та контроль за продовженням навчання та підвищенням кваліфікації для ветеринарних спеціалістів;
- вирішення суперечок між ветеринарними спеціалістами;
- нагляд за професійним навчанням найманих працівників у ветеринарній практиці;
- визнання спеціалізованих ветеринарних підтверджень та додаткових призначень;
- нагляд за дотриманням правил щодо стягнення зборів з ветеринарних спеціалістів;
- перевірка та допуск для ветеринарних клінік тощо.

Американська ветеринарна асоціація (AVMA) – це провідна національна асоціація спеціалістів ветеринарної медицини Сполучених штатів, це одна з найстаріших та найбільших ветеринарних організацій у світі. До цього об'єднання входить понад 100 000 членів [1]. AVMA

Жуковський М. О., Недосєков В. В.

захищає та відстоює інтереси і потреби спеціалістів ветеринарної медицини в США, прагне покращити здоров'я та благополуччя тварин, людей та стан навколишнього середовища. Окрім догляду за улюбленими домашніми тваринами країни – від собак і котів до птахів, коней, рептилій тощо – ветеринари-члени AVMA працюють у медичних дослідженнях, наукових дослідженнях спрямованих на запобігання біо- та агротероризму, безпеці харчових продуктів, державній службі, промисловості, силових структурах, тощо.

Витоки AVMA сягають 1863 року, коли практикуючі ветеринарні лікарі з семи штатів східного узбережжя вперше зібралися в Нью-Йорку. Зустрічі передувало дворічне листуванням між делегатами, і в ній взяли участь близько 40 учасників, які представляли штати: Нью-Йорк, Массачусетс, Нью-Джерсі, Пенсільванію, Мен, Огайо та Делавер. Ця група заснувала Ветеринарну медичну асоціацію США (USVMA), яка в 1898 році стала Американською ветеринарною асоціацією (AVMA).

Засновники USVMA спочатку погодилися прийняти до асоціації будь-якого «практикуючого ветеринара» або студента не менше третього курсу, який склав усний іспит і мав документи або свідоцтва, що підтверджують його кваліфікацію. На 1913 рік кількість членів AVMA зросла до 1650 чоловік. Вимоги до

членства були переглянуті, від студентів вимагалось закінчення коледжу та отримання диплому.

Асоціація формує стратегію своєї діяльності через ряд основних напрямів:

- етичний – контроль за дотриманням професійних норм членами асоціації;

- науковий – фінансування різноманітних наукових досліджень спрямованих на покращення здоров'я та добробуту тварин і людей, випуск доволі авторитетного у світі науково-практичного журналу з ветеринарної медицини;

- інклюзивний – підтримка спеціалістів ветеринарної медицини різних напрямків та перспектив щодо розвитку;

- орієнтація на тварин – підтримка лікарів ветеринарної медицини у їх піклуванні про здоров'я і благополуччя тварин та їх роль у зміцненні громадського здоров'я;

- орієнтація на членів асоціації – захист інтересів і потреб лікарів, що є членами об'єднання є одним із головних завдань;

- підтримка – AVMA може запропонувати багато програм, що допоможуть у відкритті приватної ветеринарної практики та розширення вже існуючого бізнесу;

- фінансова звітність – всі витрати організації і використання внесків учасників є прозорими,

Жуковський М. О., Недосєков В. В.

фінансовий облік і звітність є у вільному доступі;

- розвиток ефективності – програми, продукти, благодійна діяльність змінюється по мірі появи більш ефективних рішень;

- інноваційний – заохочується креативність та новітні підходи до різних питань з боку членів асоціації.

Рада директорів є адміністративним органом AVMA. Він визначає політику AVMA в межах статуту асоціації та просуває місію та стратегію AVMA. Правління може діяти від імені Палати делегатів між сесіями Палати.

Також, Американська ветеринарна асоціація створила свій власний фонд (AVMF) [2], який займається допомогою пораненим або покинутим тваринам; допомагає притулкам для тварин і організаціям по захисту диких тварин; фінансує зусилля з ліквідації наслідків стихійних лих; має досить багато стипендіальних програм для студентів ветеринарних коледжів; фінансує дослідження, які допомагають запобігати, діагностувати та лікувати хвороби тварин.

Британська ветеринарна асоціація (BVA) [6] – найбільше об'єднання спеціалістів ветеринарної медицини у Великобританії, налічує більше 19 тисяч членів. Основні завдання діяльності BVA: підтримка лікарів ветеринарної медицини; сертифікація практикуючих лікарів;

фінансування різноманітних наукових програм; ведення бази вакансій для спеціалістів ветеринарної медицини; популяризація професії та її важливої ролі у суспільстві; формування національної політики в сфері ветеринарної медицини.

На думку BVA інвестиції у підготовку та підвищення кваліфікації спеціалістів ветеринарної медицини безпосередньо впливають на здоров'я та добробут тварин, про яких вони піклуються, а це, в свою чергу, забезпечить добробут і благополуччя планети та людей, які живуть на ній. BVA пропонує низку власних ресурсів, щоб практикуючі лікарі могли бути в курсі останніх новин і досліджень на різноманітні ветеринарні теми.

Висновки і перспективи.

Проведене дослідження показало, що у багатьох країнах світу інтереси спеціалістів ветеринарної медицини представлені ветеринарними асоціаціями та об'єднаннями, як лікарів загальної практики так і вузько профільних спеціалістів, ці організації існують досить тривалий час і давно вже вироблені правила їх діяльності. Значення цих організацій важко переоцінити, вони приймають активну участь у формуванні державної політики у сфері ветеринарної медицини; сприяють підвищенню кваліфікації спеціалістів ветеринарної медицини; фінансують

Жуковський М. О., Недосеков В. В.

найбільш актуальні дослідження в сфері ветеринарної медицини; утворюють дорадчі та консультативні органи; здійснюють атестацію, ліцензування та контроль за діяльністю лікарів ветеринарної медицини; створюють пенсійні фонди та виконують цілий ряд інших важливих завдань.

Слід зазначити, що такі організації як Всесвітня ветеринарна асоціація дрібних домашніх тварин (WSAVA), Федерація ветеринарних асоціацій, що займаються тваринами-компаньйонами (FECAVA), Міжнародний фонд захисту тварин (IFAW), Всесвітня організація із захисту тварин (FOUR-PAWS) зараз активно допомагають Україні через своїх партнерів шляхом підтримки лікарів ветеринарної медицини, які

Список використаних джерел

1. Бачення, місія та цінності. Офіційний сайт AVMA. Режим доступу: <https://www.avma.org/about/vision-mission-and-values> (дата звернення 5.11.2023 р.).

2. Головна AVMF. Офіційний сайт AVMF. Режим доступу: <https://www.avmf.org/> (дата звернення 5.11.2023 р.).

3. Головна «Всеукраїнська гільдія ветеринарів». Офіційний сайт «Всеукраїнська гільдія ветеринарів». Режим доступу: <https://ivc.net.ua/> (дата звернення 10.11.2023 р.).

4. Головна «Всеукраїнська спілка ветеринарних стоматологів». Офіційний сайт «Всеукраїнська спілка ветеринарних стоматологів». Режим доступу: <https://www.vsvetstom.org.ua/> (дата звернення 8.11.2023 р.).

5. Головна ГО «Спілка власників ветеринарної справи». Офіційний сайт ГО «Спілка власників ветеринарної справи».

потребують допомоги у відновленні роботи клінік, власникам тварин, що потребують допомоги та притулком для тварин.

Наразі в Україні працюють об'єднання і асоціації з досить різними напрямками і спеціалізаціями, проте не вистачає глобальної організації за прикладом Німеччини, США чи Великобританії, що могла б об'єднати абсолютно усіх спеціалістів ветеринарної медицини і перебрати на себе цілий ряд дозвільних, контролюючих функцій від Держпродспоживслужби України за прикладом колег з інших країн. Крім того, помітно певні фінансові проблеми у деяких з організацій, відсутність офіційного веб сайту, а деякі з них існують формально, не проводячи будь яких заходів.

Режим доступу: <http://www.uacbbc.org/ua> (дата звернення 8.11.2023 р.).

6. Місія Британської ветеринарної асоціації. Офіційний сайт BVA. Режим доступу: <https://www.bva.co.uk/about-us/> (дата звернення 2.11.2023 р.).

7. Місія та стратегічний план розвитку WSAVA. Офіційний сайт WSAVA. Режим доступу: <https://www.wsava.org/About/Mission-Plan> (дата звернення 12.11.2023 р.).

8. Програма USAVA «BASED» Офіційний сайт USAVA. Режим доступу: <https://www.usava.org.ua/based/> (дата звернення 7.11.2023 р.).

9. Робочі групи і комітети. Офіційний сайт FECAVA. Режим доступу: <https://www.fecava.org/policies-actions/working-groups-committees/> (дата звернення 12.11.2023 р.).

10. Жуковський М. Міжнародні ветеринарні організації. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2019, №6

Жуковський М. О., Недосєков В. В.

(82).

<http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.06.018>

11. Недосєков В. Організація та економіка ветеринарної справи: навч. посібник / В. Недосєков, Е. Хаунхорст, В. Ситнік, В. Шевчук, М. Жуковський. – Київ: НУБіП України, 2019. – 408с.

References

1. Bachennya, misiya ta tsinnosti. Ofitsiyinyi sayt AVMA. Rezhim dostupu: <https://www.avma.org/about/vision-mission-and-values> (data zvernennya 5.11.2023 r.).

2. Golovna AVMF. Ofitsiyinyi sayt AVMF. Rezhim dostupu: <https://www.avmf.org/> (data zvernennya 5.11.2023 r.).

3. Golovna «Vseukrayinska gildiya veterinariv». Ofitsiyinyi sayt «Vseukrayinska gildiya veterinariv». Rezhim dostupu: <https://ivc.net.ua/> (data zvernennya 10.11.2023r.).

4. Golovna «Vseukrayinska spilka veterinariv stomatologiv». Ofitsiyinyi sayt «Vseukrayinska spilka veterinariv stomatologiv». Rezhim dostupu: <https://www.vsvetstom.org.ua/> (data zvernennya 8.11.2023 r.).

5. Golovna GO «Spilka vlasnikov veterinarivoyi spravi». Ofitsiyinyi sayt GO «Spilka vlasnikov veterinarivoyi spravi».

Rezhim dostupu: <http://www.uacbbc.org/ua> (data zvernennya 8.11.2023 r.).

6. Misiya britanskoyi veterinarivoyi asotsiatsiyi. Ofitsiyinyi sayt BVA. Rezhim dostupu: <https://www.bva.co.uk/about-us/> (data zvernennya 2.11.2023 r.).

7. Misiya ta strategichniy plan rozvitku WSAVA. Ofitsiyinyi sayt WSAVA. Rezhim dostupu: <https://www.wsava.org/About/Mission-Plan> (data zvernennya 12.11.2023 r.).

8. Programa USAVA «VASED». Ofitsiyinyi sayt USAVA. Rezhim dostupu: <https://www.usava.org.ua/based/> (data zvernennya 7.11.2023 r.).

9. Robochi grupi i komiteti. ofitsiyinyi sayt FECAVA. Rezhim dostupu: <https://www.fecava.org/policies-actions/working-groups-committees/> (data zvernennya 12.11.2023 r.).

10. Zhukovskiy M. Mizhnarodni veterinarivni organizatsiyi. (2019). Naukovi dopovidi Natsionalnogo universitetu bioresursiv i priroдокoristuvannya Ukrayini. #6 (82).

<http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.06.018>

11. Nedosekov V. Organizatsiya ta ekonomika veterinarivoyi spravi: navch. posibnik / V. Nedosekov, E. Haunhorst, V. Sitnik, V. Shevchuk, M. Zhukovskiy. – Kiyiv: NUBIP Ukrayini, 2019. – 408s.

PUBLIC ASSOCIATIONS OF VETERINARY MEDICINE SPECIALISTS, VETERINARY ORGANIZATIONS AND ASSOCIATIONS

M. O. Zhukovskiy, V. V. Nedosekov

Abstract. *The article considers the structure, tasks, and authorities of public associations, specialized veterinary organizations and associations, analyzes their activity features and impact on the development of veterinary medicine and the qualification of veterinarians in both Ukraine and in other countries.*

The conducted study has shown that in many countries interests of veterinary medicine specialists are represented by veterinary associations of both general practitioners and veterinarians with a narrow expertise. These organizations have been in existence for a quite long time and the rules of their operation were developed a long time ago.

In addition, several international veterinary associations are now actively assisting Ukraine through their partners by supporting veterinarians who need help in restoring clinic operations, pet owners in need of assistance, and animal shelters.

Жуковський М. О., Недосков В. В.

At present, there are associations in Ukraine with quite diverse directions and specializations. But there is a lack of a global organization that could unite all the veterinary medicine specialists and take on a range of permissive, regulatory functions from the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection by following the example of the colleagues from other countries. Furthermore, certain financial problems and the absence of the official website are noticeable in some of the organizations. Some of them exist formally, without holding any events.

Keywords: *international veterinary organizations and associations, public associations of veterinary medicine specialists, veterinary science, advanced training*

УДК: 577.115:591.11/18

ВМІСТ НАСИЧЕНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ В ПЛАЗМІ КРОВІ КІЗ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТОНУСУ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

Б. І. БОЙЧУК, аспірант, <https://orcid.org/0009-0000-6169-004X>

E-mail: boychuk.bohdan.zoolux@gmail.com

В. І. КАРПОВСЬКИЙ, доктор ветеринарних наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0003-3858-0111>

E-mail: karpovskiy@meta.ua

І. А. ГРИЩУК, аспірант, <https://orcid.org/0000-0003-2571-6876>

E-mail: hryshchuk.ihor.a@gmail.com

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В. В. КАРПОВСЬКИЙ, кандидат ветеринарних наук,

<https://orcid.org/0000-0003-3858-0111>

E-mail: superamigo80@gmail.com

Одеський державний аграрний університет

А. В. ГРИЩУК, кандидат ветеринарних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-4608-337X>

E-mail: vet-lubny@ukr.net

Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка

[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.021](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.021)

***Анотація.** Козівництво в даний час активно рухається на одну з перших позицій на ринку молочної та м'ясної продукції. Люди все частіше споживають козяче молоко ніж коров'яче. Вчені в даний час активну вивчають питання по факторам, що мають вплив на вміст жирних кислот в організмі кіз та у молоці, яке вони виробляють. Одним з найбільш суттєвих факторів можна охарактеризувати індивідуальні особливості кожного організму. Автономна нервова система є одною із складових, що входить до низки системи в корегуванні гомеостазу тварин. Мета дослідження – встановити вплив тонусу автономної нервової системи на вмісту насичених жирних кислот у плазмі крові кіз. Дослідження проводилися на базі приватної молочної ферми с. Княгинінок, Луцького району, Волинської області, порода кіз – Зааненська. Для варіаційно-пульсометричного дослідження було відібрано фізіологічно здорових 50 кіз 2-3 лактації. Типи автономної регуляції визначали за рахунок визначення стану серцево-судинної системи за Баєвським. Вміст насичених жирних кислот у ліпідах плазмі крові визначали за методом газової хроматографії. Порівнюючи отримані результати було встановлено відмінності за вмістом насичених жирних кислот у ліпідах плазмі крові кіз. Встановлено, що тонус автономної нервової системи має вплив на вміст насичених жирних кислот у плазмі крові кіз. Визначено, що тварини з перевагою симпатичної нервової системи маю менший вміст насичених жирних кислот (C10:0, C14:0, C16:0, C18:0) по*

Бойчук Б. І., Карповський В. І., Грищук І. А., Карповський В. В., Грищук А. В.

відношенню до інших дослідних груп ($P < 0,05$, $P < 0,001$). Дослідна група ваготоніки мають найбільший вміст насичених жирних кислот (C10:0, C14:0, C16:0, C18:0) у плазмі крові кіз ($P < 0,05$, $P < 0,01$, $P < 0,001$).

Ключові слова: кози, автономна нервова система, насичені жирні кислоти, кров, плазма

Актуальність. У сьогоденні на ринку молочної продукції активну участь починає займати козівництво. Такі зміни пояснюються тим, що люди все частіше замінюють молоко від корів на козяче. В сучасних реаліях зростає кількість споживачів молочної продукції, які мають харчову алергію або погано завоюють її. Молоко отримане від кіз займає актуальне місце як аналог коров'ячого молока. Але не тільки це відображає переваги розвитку козівництва. Саме молоко отримане від кіз на відміну від коров'ячого має менші жирові кульки, що поліпшує його засвоювання організмом тварини. Також воно збагачене великою кількістю жирних кислот, які є невід'ємною складовою ліпідного гомеостазу та незамінною частиною існування організму в цілому [1]. На вміст даних складових впливає безліч факторів: раціон, додаткові ліпідні добавки, пора року, період лактації, індивідуальні особливості тварин та навколишнє середовище та ін. Враховуюче це слід звернути увагу на автономну нервову систему. Завдяки ній та низькі інших системи організм кози підтримується сталість гомеостазу. Також слід враховувати, що кожна тварина має свої

індивідуальні особливості. Виходячи з цього відділи автономної нервової системи будуть постійно взаємодіяти між собою та в залежності від обставин переважати один над одним. Це створює поняття симпато-вагусного балансу, що відображає вплив складових даної нервової системи. В залежності від індивідуальних особливостей тварини мають різне співвідношення впливу симпатичного і парасимпатичного відділу автономної нервової системи. Як наслідок кози під дією різних зовнішніх факторів по різному будуть реагувати на них, що в подальшому відобразиться на гомеостазі ліпідів. Вивчення цих особливостей симпато-вагусного балансу та його роль у обміні насичених жирних кислот є актуальним питанням на фоні активного розвитку козівництва [3].

Аналіз останніх досліджень. Козівництво в даний час активно рухається на одну з перших позицій на ринку молочної та м'ясної продукції. Люди все частіше споживають козяче молоко ніж коров'яче. Така зміна вподобань споживача виникає при зменшенні засвоюваності продукції від великої рогатої худоби або розвитку харчової

Бойчук Б. І., Карповський В. І., Грищук І. А., Карповський В. В., Грищук А. В.

алергій. Вчені в даний час активну вивчають питання по факторам, що мають вплив на вміст жирних кислот в організмі кіз та у молоці, яке вони виробляють. Багато чинників вже вивчено і проаналізовано, але з плином часу їх кількість лише зростає. Одним з найбільш суттєвих факторів можна охарактеризувати індивідуальні особливості кожного організму. Автономна нервова система є одною із складових, що входить до низки системи в корегуванні гомеостазу тварин [2, 5].

Автономна нервова система поділяється на два відділи: симпатична та парасимпатична нервова система. Дані складові нервової системи відповідають за адаптацію організму під впливом факторів зовнішнього середовища. Симпатична нервова система стимулює роботу серцево судинної системи, активує процеси розщеплення поживних речовин, які по току крові розносяться по всьому організму, пригнічує процеси травлення. Парасимпатична нервова система має протилежну роль, вона зменшує активні серцево судинної системи, забезпечує активацію процесів травлення та зростанню реакцій синтезу поживних речовин із відкладанням їх у депо резерву. Відділи автономної нервової системи постійно взаємодіють один з одним корегуючи свою роботу у організмі, що називається симпато-вагусним балансом. У залежності від

індивідуальних особливостей організму тварин симпатична нервова система може переважати на парасимпатичною та навпаки. Як наслідок цього під впливом факторів зовнішнього середовища, коза по різному буде корегувати обмінні процеси, що відобразиться на метаболічних процесах ліпідів [6, 14].

Жирні кислоти (ЖК) – це органічні кислоти, які значною мірою визначаються довжиною та насиченістю аліфатичного бічного ланцюга, приєднаного до карбонової кислоти. Насичені жирні кислоти — це жирні кислоти, в яких відсутні ненасичені (в тому числі й подвійні) зв'язки у ланцюзі карбонового скелету. У тварин бічні ланцюги містять парну кількість атомів карбону та поділяються на: коротко ланцюгові (2-6 атомів карбону), середньо ланцюгові (8-12 атомів карбону), довго ланцюгові (14-18 атомів карбону), дуже довго ланцюгові (20-26 атомів карбону). Основними типами жирних кислот в кровообігу та в тканинах ссавців є довголанцюгові жирні кислоти з різним ступенем насичення [4, 7, 9].

Метаболізм жирних кислот у організмі тварин є значущим, але не єдиним фактором варіації профілю жирних кислот у продуктах тваринного походження. Ліпіди, що всмоктуються в тонкій кишці, транспортуються ліпопротеїдами до різних тканин і органів тварини, де піддаються метаболічним

Бойчук Б. І., Карповський В. І., Грищук І. А., Карповський В. В., Грищук А. В.

модифікаціям. Таким чином, незважаючи на те, що жуйні поглинають переважно довголанцюгові насичені жирні кислоти, деякі специфічні ізомери присутні в молоці та м'ясі, тоді як у кормах вони відсутні [8, 11, 16].

Основними попередньо сформованими насиченими жирними кислотами у крові кіз є пальмітинова (C16:0), стеаринова (C18:0). Жирні кислоти можуть утилізуватися чотирма різними способами в печінці: вони можуть виділятися в жовч, повністю окислюватися до вуглекислого газу або частково до оцтової кислоти або кетонових тіл [7, 10, 15].

Значна частина жирних кислот є проміжними продуктами ліпідного обміну в рубці. Однак більшість із цих кислот присутні в залишкових кількостях, а основними жирними кислотами молочного жиру є насичені жирні кислоти від C4:0 до C18:0, пальмітолеїнова кислота, олеїнова кислота, лінолева кислота та транс-ізомери олеїнової кислоти. Міристинова (C14:0), пальмітинова (C16:0) і стеаринова (C18:0) кислоти становлять близько 75 % загальної кількості ЖК, 21 % – це мононенасичені кислоти, з яких олеїнова кислота є найпоширенішою. Лише 4% молочних жирних кислот становлять поліненасичені жирні кислоти, особливо лінолева та α -ліноленова кислоти. Жирні кислоти в молоці отримують з двох джерел –

синтезу *de novo* та поглинання попередньо сформованих. Субстратами для синтезу *de novo* є оцтова кислота і β -гідроксималяна кислота, що утворюються при перетравленні клітковини в рубці. Вони використовуються епітеліальними клітинами для синтезу коротко- та середньоланцюгових жирних кислот (C4:0-C14:0), а також у складі 16-вуглецевих жирних кислот (~50%) [19].

У нормальних умовах близько половини жирних кислот молока (за молярним співвідношенням) синтезується в молочній залозі. Модифікації даних кислот, що відбуваються в молочній залозі, каталізуються ферментами, особливо дельта-9-десатуразою, яка перетворює транс-11-олеїнову на цис-9, транс-11-лінолеву і стеаринову до цис-9-олеїнову [9, 13, 17].

Як було описано вище, жирнокислотний склад продуктів лише певною мірою відображає профіль жирних кислот раціону, оскільки після споживання вони зазнають різноманітних метаболічних модифікацій в організмі тварини. Таким чином, регуляція вмісту даних кислот вимагає розуміння взаємозв'язку між надходженням ліпідів в раціон, ферментацією рубця та метаболічними змінами, що відбуваються в печінці, м'язах, жировій тканині та молочній залозі [20, 22, 23].

Мета дослідження. Встановити вплив тонусу автономної нервової системи на вмісту насичених жирних кислот у плазмі крові кіз.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводилися на базі приватної молочної ферми с. Княгинінок, Луцького району, Волинської області, порода кіз – Зааненська. Для варіаційно-пульсометричного дослідження було відібрано фізіологічно здорових 50 кіз 2-3 лактації. Типи автономної регуляції визначали за рахунок визначення стану серцево-судинної системи за Баєвським. Суть методу полягає у тому, що тварині проводять електрокардіограму (ЕКГ), після цього визначають моду в діапазоні значень кардіоінтервалу, потім формують групи тварин (3 групи): нормотоніки – тип нервової діяльності з урівноваженою дією симпатичної і парасимпатичної нервової систем; симпатотоніки – тип нервової діяльності, де симпатична нервова система переважає над парасимпатичною; ваготоніки – тип нервової діяльності де парасимпатична нервова діяльність переважає над симпатичною.

Від тварини на дослідження відбирали кров, стабілізовану гепарином. З крові методом центрифугування отримували плазму.

Ліпіди з плазми крові і тканин екстрагували сумішшю хлороформу і метанолу у відношенні 2:1 за методом Фолча. Ідентифікацію жирних кислот проводили методом газової хроматографії.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили загальноприйнятими методами варіаційної статистики. Вірогідність різниці показників оцінювали за t-критерієм Ст'юдента. Відмінності між показниками, що порівнювались, вважали вірогідними за рівня значимості $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$.

Результати та їх обговорення. Розглядаючи питання щодо впливу на організм тонусу автономної нервової системи, було сформовано 3 групи тварин: нормотоніки, симпатотоніки і ваготоніки. При хроматографічному дослідженні жирнокислотного стану плазми крові було отримано показники у відсотковому відношенні жирних кислот. Основана увага зосереджена на аналізі відносного вмісту насичених жирних кислот.

У плазмі крові кіз з різним тонусом автономної регуляції було виявлено 12 насичених жирних кислот, серед яких: масляна, капронова, каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова, маргарінова, стеаринова, арахінова, трикозанова кислоти (табл. 1).

1. Вміст насичених жирних кислот в плазмі кіз з різним тонусом автономної регуляції, % ($M \pm m$, $n=5$)

Назва кислоти	Код кислоти	Тонус автономної регуляції		
		Нормотоніки	Симпатотоніки	Ваготоніки
Масляна	C4:0	0,43±0,02	0,26±0,09	1,01±0,09***
Капронова	C6:0	0,33±0,01	1,42±0,00***	0,71±0,08*
Каприлова	C8:0	0,55±0,01	0,55±0,01	0,54±0,01
Капринова	C10:0	0,49±0,04	0,45±0,01	0,86±0,08**
Лауринова	C12:0	0,62±0,04	0,51±0,11	1,14±0,10**
Міристинова	C14:0	2,00±0,14	2,44±0,12*	3,63±0,29***
Пентадеканова	C15:0	0,48±0,04	0,29±0,05*	0,62±0,01**
Пальмітинова	C16:0	22,62±0,48	21,84±0,32	24,08±0,34*
Маргарінова	C17:0	0,37±0,01	0,30±0,04	0,38±0,01
Стеаринова	C18:0	17,75±0,17	16,28±0,13***	18,13±0,39
Арахінова	C20:0	0,21±0,01	0,29±0,01**	0,22±0,01
Трикозанова	C23:0	1,14±0,02	1,02±0,01**	1,01±0,01**

Примітка. * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$ – відносно даних групи нормотоніків; дані представлено як масова частка насичених жирних кислоти у % від суми жирних кислот.

Підчас аналізу результатів хроматографічного дослідження, дослідну групу тварин нормотоніки використовували як контрольну групу для порівняння, оскільки дані корови мають збалансований симпато-вагусний баланс. Після статичної обробки показників насичених жирних кислот встановлено:

- Масляна кислота у тварин з ваготонією, що становить $1,01 \pm 0,09$ мала найбільший відсотковий вміст в порівнянні з нормотоніками ($P < 0,001$);

- Капронова кислота у нормотоніків на 76 % менша за відсотковим вмістом відносно симпатотоніків та на 54 % менша в порівнянні з ваготоніками ($P < 0,05$; $P < 0,001$);

- Капринова кислота має найбільший вміст у ваготоніків на 43 % відносно нормотоніків ($P < 0,01$);

- Лауринова кислота має найбільший вміст у ваготоніків на 47 % відносно нормотоніків ($P < 0,01$);

- Міристинова кислота у нормотоніків на 18 % менша за відсотковим вмістом відносно

Бойчук Б. І., Карповський В. І., Грищук І. А., Карповський В. В., Грищук А. В.

симпатотоніків та на 45 % менша в порівнянні з ваготоніками ($P < 0,05$; $P < 0,001$);

- Пентадеканова кислота у тварин з нормотонією на 40 % більший вміст в порівнянні з симпатотоніками та на 23 % менший відносно ваготоніків ($P < 0,05$; $P < 0,01$);

- Пальмітинова кислота має найбільший вміст у ваготоніків на 6% відносно нормотоніків ($P < 0,01$);

- Стеаринова кислота у симпатотоніків на 8 % менший вміст у порівнянні з нормотоніками ($P < 0,001$);

- Арахінова кислота у симпатотоніків на 28 % більший вміст у порівнянні з нормотоніками ($P < 0,01$);

- Трикозанова кислота у тварин з нормотонією на 11 % більший вміст в порівнянні з симпатотоніками та на 12 % відносно ваготоніків ($P < 0,05$; $P < 0,01$);

На сучасному ринку молочної продукції відслідковується тенденція до зростання у відсотковому співвідношенні товарів з ферм де вирощують кіз. За останні 50 років виробництво молока і м'ясо у козівництві зросло у 2 рази. На даний час найбільшими виробниками продукції від кіз є країни Азії, Європи, Америки, Африки. Такий розвиток сприяє зростанню уваги до козівництва та розробки методів покращення як збільшення об'єму отриманого молока і м'яса та і покращення його якості. Слід

відмітити, що одним з вирішальних і актуальних питань у поліпшенні якості продукції від кіз, є збільшення вмісту в їх організмі ненасичених жирних кислот. Насичені жирні кислоти при високому вмісті в організмі тварини можуть стати причиною погіршення якості м'яса та цінності молока. За рахунок порушення співвідношення жирних кислот, продукція з часткою де менше ненасичених жирних кислот, негативно відобразиться на здоров'ї споживача [12, 18].

Вченими розроблено безліч методів для поліпшення накопичення ненасичених жирних кислот та зменшенню відсотку насичених жирних кислот. Одними з яких є збалансування раціону, створення та дослідження різних добавок рослинного походження для штучного підвищення ненасичених жирних кислот. Також ведеться активна робота у пошуку факторів, що впливають на синтез жирних кислот [21].

Аналізуючи роботи вчених, можна знайти безліч дослідів по покращенні вмісту жирних кислот, але мало хто звертає увагу на індивідуальні особливості тварин. Якщо переглядати їх роботу чітко видно, що вони беруть загальну кількість кіз та продумують напрямки у реалізації запланованої мети. Мало хто враховує особливості метаболічних процесів, які протікають під впливом різних

Бойчук Б. І., Карповський В. І., Грищук І. А., Карповський В. В., Грищук А. В.

системи організму. Тонус автономної нервової системи один з ключових параметрів у аналізі гомеостазу кіз. Враховуючи наші результати, бачимо чітку картину того, що тварини з симпатотонією мають менший показник насичених жирних кислот серед інших. Ваготоніки в загальному плані мають більшу показники вмісту жирних кислот. Тому під час досліджень з поставлення мети покращити відсоткове співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот, варто додати тонус автономної нервової

системи як, ще показник впливу на метаболічні процеси ліпідів у організмі [5, 9, 13].

Висновки. Встановлено, що тонус автономної нервової системи має вплив на вміст насичених жирних кислот у плазмі крові кіз. Визначено, що тварини з перевагою симпатичної нервової системи маю менший вміст насичених жирних кислот по відношенню до інших дослідних груп. Дослідна група ваготоніки мають найбільший вміст насичених жирних кислот у плазмі крові.

References

1. Almeida, O. C., Ferraz Jr, M. V., Susin, I., Gentil, R. S., Polizel, D. M., Ferreira, E. M., ... & Pires, A. V. (2019). Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish. *Small Ruminant Research*, 170, 125-130.
2. Avondo, M., Di Trana, A., Valenti, B., Criscione, A., Bordonaro, S., De Angelis, A., ... & Di Gregorio, P. (2019). Leptin gene polymorphism in goats fed with diet at different energy level: Effects on feed intake, milk traits, milk fatty acids composition, and metabolic state. *Animals*, 9(7), 424.
3. Azzaz, H. H., Kholif, A. E., Murad, H. A., El-Bordeny, N. E., Ebeid, H. M., Hassaan, N. A., & Anele, U. Y. (2021). A new pectinase produced from compared with a commercial pectinase enhanced feed digestion, milk production and milk fatty acid profile of Damascus goats fed pectin-rich diet. *Annals of Animal Science*, 21(2), 639-656.
4. Currò, S., Manuelian, C. L., De Marchi, M., Claps, S., Rufrano, D., & Neglia, G. (2019). Effects of breed and stage of lactation on milk fatty acid composition of Italian goat breeds. *Animals*, 9(10), 764.
5. Gama, K. V. M. F., Pereira Filho, J. M., Soares, R. F., Cordão, M. A., Cézar, M. F., Batista, A. S. M., ... & Bezerra, L. R. (2020). Fatty acid, chemical, and tissue composition of

meat comparing Santa Inês breed sheep and Boer crossbreed goats submitted to different supplementation strategies. *Tropical animal health and production*, 52, 601-610.

6. Malik, V., Linz, D., & Sanders, P. (2023). The Role of the Autonomic Nervous System as Both “Trigger and “Substrate” in Atrial Fibrillation. *Cardiac Electrophysiology Clinics*.

7. Mitsiopoulou, C., Karaiskou, C., Simoni, M., Righi, F., Pappas, A. C., Sotirakoglou, K., & Tsiplakou, E. (2021). Influence of dietary sesame meal, vitamin E and selenium supplementation on milk production, composition, and fatty acid profile in dairy goats. *Livestock Science*, 244, 104336.

8. Mitsiopoulou, C., Sotirakoglou, K., Labrou, N. E., & Tsiplakou, E. (2021). The effect of whole sesame seeds on milk chemical composition, fatty acid profile and antioxidant status in goats. *Livestock Science*, 245, 104452.

9. Monllor, P., Romero, G., Atzori, A. S., Sandoval-Castro, C. A., Ayala-Burgos, A. J., Roca, A., ... & Díaz, J. R. (2020). Composition, mineral and fatty acid profiles of milk from goats fed with different proportions of broccoli and artichoke plant by-products. *Foods*, 9(6), 700.

10. Musco, N., Tudisco, R., Esposito, G., Iommelli, P., Totakul, P., D’Aniello, B., ... & Infascelli, F. (2022). Effects of linseed supplementation on milk production,

Бойчук Б. І., Карповський В. І., Гришук І. А., Карповський В. В., Гришук А. В.

composition, odd-and branched-chain fatty acids, and on serum biochemistry in cilentana grazing goats. *Animals*, 12(6), 783.

11. Nudda, A., Cannas, A., Correddu, F., Atzori, A. S., Lunesu, M. F., Battacone, G., & Pulina, G. (2020). Sheep and goats respond differently to feeding strategies directed to improve the fatty acid profile of milk fat. *Animals*, 10(8), 1290.

12. Özkan, H., Karaaslan, I., Kaya, U., Dalkıran, S., Yüksel, M., & Yakan, A. (2022). The levels of milk fatty acids and alterations of correlations between them in weaning process in damascus goats. *Large Animal Review*, 28(5), 241-248.

13. Presti, V. L., Tudisco, R., Di Rosa, A. R., Musco, N., Iommelli, P., Infascelli, F., ... & Oteri, M. (2023). Influence of season on milk fatty acid profile and sensory characteristics of grazing goats in a Mediterranean environment: a sustainable agro-food system. *Animal Production Science*, 63(7), 689-703.

14. Putri, R. F., Susilorini, T. E., Widodo, N., Kuswati, K., & Suyadi, S. (2022). Heat shock protein (HSP) release mechanism under heat stress pressure in Goats: a review. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 335, p. 00046). EDP Sciences.

15. Šalavardić, Ž. K., Novoselec, J., Đidara, M., Steiner, Z., Čavar, S., Šabić, A. M., & Antunović, Z. (2021). Effect of dietary hempseed cake on milk performance and haemato-chemicals in lactating Alpine dairy goats. *Animal*, 15(7), 100255.

16. Saturno, J. F. L., Dilawar, M. A., Mun, H. S., Kim, D. H., Rathnayake, D., & Yang, C. J. (2020). Meat composition, fatty acid profile and sensory attributes of meat from goats fed diet supplemented with fermented

Saccharina japonica and *Dendropanax morbifera*. *Foods*, 9(7), 937.

17. Savoini, G., Omodei Zorini, F., Farina, G., Agazzi, A., Cattaneo, D., & Invernizzi, G. (2019). Effects of fat supplementation in dairy goats on lipid metabolism and health status. *Animals*, 9(11), 917.

18. Teixeira, A., Almeida, S., Pereira, E., Mangachaia, F., & Rodrigues, S. (2019). Physicochemical characteristics of sheep and goat pâtés. differences between fat sources and proportions. *Heliyon*, 5(7).

19. Tian, H., Niu, H., Luo, J., Yao, W., Chen, X., Wu, J., ... & Hua, J. (2022). Knockout of stearoyl-CoA desaturase 1 decreased milk fat and unsaturated fatty acid contents of the goat model generated by CRISPR/Cas9. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(13), 4030-4043.

20. Tian, X., Li, J., Luo, Q., Wang, X., Wang, T., Zhou, D., ... & Lu, Q. (2022). Effects of purple corn anthocyanin on growth performance, meat quality, muscle antioxidant status, and fatty acid profiles in goats. *Foods*, 11(9), 1255.

21. Yousef, M. A., Farouk, M. H., Azzaz, H. H., Khattab, M. S., Abd El Tawab, A. M., & El-Sherbiny, M. (2022). Feeding Corn Oil in a Nanoemulsified Form Alters the Unsaturated Fatty Acids in the Milk of Zaraibi Dairy Goats. *Animals*, 12(19), 2559.

22. Zhu, H., Wang, X., Zhang, W., Zhang, Y., Zhang, S., Pang, X., ... & Lv, J. (2022). Dietary Schizochytrium microalgae affect the fatty acid profile of goat milk: Quantification of docosahexaenoic Acid (DHA) and its distribution at Sn-2 position. *Foods*, 11(14), 2087.

THE CONTENT OF SATURATED FATTY ACIDS IN THE BLOOD PLASMA OF GOATS DEPENDING ON THE TONE OF THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM

B. I. Boychuk, V. I. Karpovsky, I. A. Hryshchuk, V. V. Karpovsky, A. V. Hryshchuk

Abstract. *Currently, goat breeding is actively moving to one of the first positions in the market of dairy and meat products. People are increasingly consuming goat's milk rather than cow's milk. Scientists are currently actively studying the factors affecting the content of fatty acids in the body of goats and in the milk they produce.*

Бойчук Б. І., Карповський В. І., Гришук І. А., Карповський В. В., Гришук А. В.

Individual characteristics of each organism can be characterized as one of the most significant factors. The autonomic nervous system is one of the components of a number of systems in the adjustment of animal homeostasis. The purpose of the study is to establish the influence of the tone of the autonomic nervous system on the content of saturated fatty acids in the blood plasma of goats. Research was conducted on the basis of a private dairy farm in the village of Knyaginok, Lutsk district, Volyn region, goat breed – Zaanenskaya. Physiologically healthy 50 goats of 2-3 lactations were selected for variation-pulsometric research. The types of autonomous regulation were determined by determining the state of the cardiovascular system according to Baevsky. The content of saturated fatty acids in blood plasma lipids was determined by the method of gas chromatography with the study of the following fatty acids: butyric, caproic, caprylic, capric, lauric, myristic, pentadecanoic, palmitic, margaric, stearic, arachinic, tricosanoic acid. By comparing the obtained results, differences in the content of saturated fatty acids in blood plasma lipids of goats were established. It was established that the tone of the autonomic nervous system has an effect on the content of saturated fatty acids in the blood plasma of goats. It was determined that animals with a preference for the sympathetic nervous system have a lower content of saturated fatty acids (capric, myristic, pentadecanoic, palmitic, stearic, tricosanoic) in relation to other research groups ($P < 0.05$, $P < 0.001$). The experimental group of vagotonics has the highest content of saturated fatty acids (capric, myristic, pentadecanoic, palmitic, stearic, tricosanoic) in the blood plasma of goats ($P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$). The experimental group of normotonics occupied an intermediate place in terms of the content of saturated fatty acids in the lipids of the blood plasma of cows.

Key words: goats, autonomic nervous system, saturated fatty acids, blood, plasma

Туяхов М. Ф.

УДК: 619:616.288:579.7

**ВИЗНАЧЕННЯ ДЕЯКИХ ПОКАЗНИКІВ КЛІТИННОГО ІМУНІТЕТУ СОБАК
ЗА ГЛИБОКОЇ ПІОДЕРМІЇ****М. Ф. ТУЯХОВ**, лікар ветеринарної медицини, здобувач

E-mail: vetmeddpss@ukr.net

Національний університет біоресурсів та природокористування[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.022](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.022)

***Анотація.** У статті наведені результати визначення ряду показників клітинного імунітету собак за глибокої піодермії.*

Як показали результати досліджень, загальний вміст лейкоцитів у тварин з піодермією складав $11,84 \pm 1,06$ Г/л, що на $1,19 \times 10^9$ /л перевищувало аналогічний показник здорових тварин. Підвищення вмісту лейкоцитів відзначалося за рахунок нейтрофілії.

Встановлено, що абсолютний вміст нейтрофілів у тварин з генералізованою піодермією достовірно перевищував аналогічний показник здорових тварин контрольної групи ($< 0,05$), в той же час вміст лімфоцитів і еозинофілів був вищим у тварин контрольної групи і складав $2,98 \pm 1,16$ та $0,64 \pm 0,11$ відповідно.

Також встановлено, що за глибокої генералізованої піодермії спостерігалось пригнічення активності ряду ключових елементів клітинного імунітету, а саме: показників фагоцитозу, показника вмісту Т-лімфоцитів крові. Вміст Т-хелперних клітин у собак контрольної групи перевищував аналогічний показник тварин з піодермією, тоді як вміст Т-супресорів був вищим саме у хворих тварин, що свідчить про розвиток помірної імуносупресії.

Отримані результати свідчать про необхідність подальшого вивчення клітинного імунітету собак за піодермії з метою розробки новітніх протоколів лікування тварин із застосуванням засобів імункорекції.

***Ключові слова:** собаки, клітинний імунітет, піодермія, т-лімфоцити, в-лімфоцити, фагоцити*

Вступ. Глибоку піодермію цілком обгрунтовано можна розглядати як комплекс вторинних клінічних симптомів основних захворювань (атопічного дерматиту, ектопаразитозів, кормової алергії, гормональних порушень тощо), адже гомеостаз шкіри як середовища існування різноманітних мікроорганізмів, можливий лише за умов певної фізіологічної рівноваги між численними представниками мікробіоти. Вплив вищезгаданих

чинників призводить до подразнення шкірних покривів, зміни показника рН та інших явищ, що врешті призводять до колонізації шкіри у тому числі представниками патогенної мікрофлори [5]. Бактеріальна мікрофлора, особливо патогенні стафілококи і стрептококи, поглиблюють первинний патогенний процес шляхом продукування токсинів, екзогенні суперантигенів, поглиблюючи важкість симптомів та замикаючи порочне коло.

Туяхов М. Ф.

Серед так званих піодермоасоційованих мікроорганізмів у собак виділяють певні види стафілококів, зокрема коагулазо-позитивні *Staphylococcus pseudintermedius*, раніше відомі як *S. Pseudintermedius* [1, 2, 5]. *S. pseudintermedius* традиційно присутній на шкірі здорових собак, і, крім піодермії, є збудником інфекцій сечовивідних шляхів, рогівки ока, зовнішнього слухового каналу і ендокарду. Крім того, повідомляється про зоонозний потенціал *S. Pseudintermedius* [8].

Серед важливих чинників, притаманних вищезазначеним мікроорганізмам, слід відзначити стафілококовий ентеротоксин, так звані токсини синдрому токсичного шоку, коагулазу [2]. В результаті дії суперантигенів, відбувається інтенсивне вивільнення цитокінів TNF- α та IL-2 з Т-лімфоцитів [4]. Існують також суперантигени, що активують систему В-лімфоцитів відповідь на стафілококовий протеїн А, який є частиною стінки бактерії і здатний взаємодіяти з Fc-фрагментом імуноглобуліну [6]. Отже, зважаючи на широкий спектр екзогенних мікробних факторів та їх різноманітний вплив на регуляторні ланки клітинного імунітету, доцільним є вивчення ключових показників останнього за глибокої піодермії у собак.

Мета роботи. Визначення кількісного складу субпопуляцій лімфоцитів та фагоцитарної активності

поліморфонуклеарних лейкоцитів у собак за глибокої піодермії.

Матеріали і методи. Для дослідження використали 20 собак обох статевих груп, віком від 10 міс. до 7 років, різних порід. Тварин розподілили на дві групи: у дослідну групу включили 10 собак із ознаками генералізованої піодермії, у контрольну – тварин без ознак ураження шкіри.

Від тварин обох груп відібрали по 3,0 мл крові, додаючи до кожної проби 20 МО гепарину, на роздільному розчині Фікол-Пак отримували суспензію лімфоцитів. Концентрація клітин у суспензії складала 4×10^7 клітин/мл, відсоток живих клітин при фарбуванні трипановим синім – 98 %. Для ідентифікації Т-лімфоцитів готували робочу суспензію лімфоцитів з концентрацією 4×10^6 кл/мл, розводячи її відповідною кількістю середовища 199. Еритроцити барана відмивали двічі середовищем 199 і готували 0,5 % суспензію. Потім до 0,2 мл робочої суспензії лімфоцитів додавали 0,2 мл 0,5% суспензії еритроцитів. Центрифугували протягом п'яти хвилин при 200 g. Потім пробірки витримували в термостаті протягом 30 хвилин при 37⁰ С і 18 годин в холодильнику. На всіх етапах інкубації пробірки знаходились під кутом 45⁰ зі сторони осаду. Підрахунок розеткоутворюючих клітин проводили у камері Горяєва. Підраховували відсоток РУК на 200 клітин. Для ідентифікації В-лімфоцитів використовували 2,5% суспензію еритроцитів барана (ЕБ), 2 мл якої

Тухов М. Ф.

змішували з 2 мл гемолітичної сироватки в субгемолітичній концентрації. Суміш інкубували 30 хвилин при 37° С, обережно струшуючи кожні 5 хвилин. Після інкубації суспензію ЕБ двічі відмивали середовищем 199. Потім до ЕБ додавали 5 мл комплементу у розведенні 1 : 120. Після 30-хвилинної інкубації ЕБ відмивали триразово в тих же умовах. Для постановки реакції готували 0,5 %-у суспензію еритроцитів барана і змішували з лімфоцитами у співвідношенні 50:1. Інкубували клітини 30 хвилин при 37° С, центрифугували 5 хвилин при 200 g, витримували 1 годину в холодильнику і в той же день підраховували кількість розеток у камері Горяєва. Для виявлення спонтанних аглютинацій еритроцитів, ЕБ також інкубували за відсутності лімфоцитів. Лімфоїдні клітини, що не утворюють розеток, відносили до нульових клітин (О-лімфоцитів). Кількість Т-теофілінрезистентних та Т-теофілінчутливих лімфоцитів визначали за їх здатністю до Е-розеткоутворення після обробки 0,2 % розчином теофіліну на середовищі 199.

Фагоцитарну активність нейтрофілів визначали, додаючи до 0,2 мл гепаринізованої крові додавали 0,1 мл тест-культури дріжджів. Пробірки з приготованою сумішшю обережно струшували і поміщали в термостат на 30 хвилин. Струшування пробірок

повторювали кожні 10 хвилин для кращого контакту клітин крові з тест-мікроорганізмами. Після 30-хвилинної інкубації пробірки із сумішшю центрифугували при 2000 об/хв., відбирали верхній шар плазми, а із лейкоцитарного прошарку робили по 3 мазки на предметних скельцях, які висушували, фіксували метанолом та фарбували за методом Романовського. В пофарбованих мазках підраховували 200 лейкоцитів і кількість мікробних тіл, фагоцитованих ними. Фагоцитарну активність нейтрофілів (ФА) та фагоцитарний індекс (ФІ) визначали за класичною методикою. Кількість природних кілерів встановлювали за класичною методикою за Дж. Клаусом.

Результати досліджень та їх обговорення. Як показали результати досліджень (табл. 1), загальний вміст лейкоцитів у тварин з піодермією складав $11,84 \pm 1,06$ Г/л, що на $1,19 \times 10^9$ /л перевищувало аналогічний показник здорових тварин. Підвищення вмісту лейкоцитів відзначалося за рахунок нейтрофілії: абсолютний вміст нейтрофілів у тварин з генералізованою піодермією достовірно перевищував аналогічний показник у тварин контрольної групи ($< 0,05$).

У той же час вміст лімфоцитів і еозинофілів був вищим у тварин контрольної групи і складав відповідно $2,98 \pm 1,16$ та $0,64 \pm 0,11$.

1. Вміст лейкоцитів та їх субпопуляцій у собак, Г/л

Показник	Дослідна група	Контрольна група	P
Г/л	(n = 10)		
Лейкоцити	11,84 ± 1,06	10,65 ± 1,12	< 0,05
Лімфоцити	2,41 ± 0,66	2,98 ± 1,16	< 0,05
Нейтрофіли	8,17 ± 0,45	6,59 ± 1,27	< 0,05
Моноцити	0,65 ± 0,09	0,51 ± 0,13	< 0,05
Еозинофіли	0,39 ± 0,03	0,64 ± 0,11	< 0,05

Подібна тенденція спостерігалась і щодо показників відносного вмісту поліморфонуклеарів (табл. 2).

2. Відносний вміст поліморфонуклеарів, %

Показник	Дослідна група	Контрольна група	P
%	(n = 10)		
Лімфоцити	23,4 ± 1,4	30,0 ± 2,0	< 0,05
Нейтрофіли	69,0 ± 0,9	59,0 ± 2,2	< 0,05
Моноцити	4,4 ± 0,5	4,1 ± 0,7	< 0,01
Еозинофіли	4,4 ± 0,3	6,2 ± 0,4	< 0,01

Дослідження ключових показників клітинного імунітету собак за глибокої піодермії показало, що

За даними таблиці 3, у тварин за глибокої генералізованої піодермії спостерігалось пригнічення активності ряду ключових елементів клітинного імунітету, а саме: показників фагоцитозу – у здорових тварин показник фагоцитарної активності нейтрофілів на 4,3 % перевищував аналогічний показник тварин з піодермією, вміст Т-лімфоцитів крові у здорових тварин був на 7,4 % вищим. Водночас, за даними табл. 3, вміст Т-хелперних клітин у собак контрольної групи перевищував аналогічний показник тварин з піодермією, тоді як вміст Т-супресорів був вищим саме у хворих тварин – різниця із аналогічним показником здорових собак складала 3,4 % (p < 0,05).

Суттєвою виявилася різниця у кількості природних кілерів, зокрема різниця у показниках здорових тварин у порівнянні з аналогічним показником собак з піодермією складала 43,0 %.

Отримані результати імунологічних досліджень достовірно свідчать про селективне пригнічення окремих ланок клітинного імунітету, що згідно літературних даних може бути спричинене тривалою дією бактеріальних токсинів, що у великих кількостях виділяються Грам-негативними мікроорганізмами-збудниками піодермії [7]. Слід відзначити активацію імуносупресорної ланки клітинного імунітету, що збігається з даними літератури щодо інших гнійничкових захворювань шкіри [1,2].

3. Показники клітинного імунітету собак за глибокої піодермії

Показник	Дослідна група	Контрольна група	P
	n = 10		
Фагоцитарна активність, %	59,7±1,19	64,0±3,02	p <0,05
Фагоцитарне число, кл.	12,8±1,01	14,3±0,47	p <0,05
T-лімфоцити, %	41,6±0,13	49,0±0,98	p <0,05
T-хелпери, %	37,0±0,94	41,0±1,87	p <0,05
T-супресори, %	32,2±0,54	28,8±1,84	p <0,05
Імунорегуляторний індекс, %	1,14±0,04	1,42±0,07	p <0,05
B-лімфоцити, %	19,1±0,16	22,0±1,14	p <0,05
Природні кілери, абс. число	8,5±0,76	15,0±0,61	p <0,05

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Генералізована глибока піодермія у собак супроводжується лейкоцитозом і нейтрофілією: загальний вміст лейкоцитів у тварин з піодермією склав $11,84 \pm 1,06$ Г/л, що на $1,19 \times 10^9$ /л перевищувало аналогічний показник здорових тварин.

2. За генералізованої піодермії спостерігається селективна супресія ряду показників клітинного імунітету: показників фагоцитозу, вмісту

T-лімфоцитів, вмісту T-хелперних клітин

3. Через активізацію супресорної ланки клітинного імунітету вміст T-супресорів був вищим саме у хворих тварин – різниця із аналогічним показником здорових собак складала 3,4 % (p <0,05).

Перспективи досліджень

Подальше вивчення клітинного імунітету собак за піодермії з метою розробки новітніх протоколів лікування тварин із застосуванням засобів імунокорекції.

companion animals (dog and cat). - Methods Cell Sci., 22 pp. 199-207.

4. Deboer D.J., Ihrke P.J., Stanndard A.A. (2008). Circulation immune complex concentrations in selected cases of skin disease in dogs. Am J Vet Res, № 49 pp. 143-146.

5. Denerolle P., Bourdoiseau G., Magnol J.P. et al. (1998). German Shepherd dog pyoderma: a prospective study of 23 cases. Vet Dermatol., №9 pp. 243-248.

6. Faldyna M., Laznicka A., Toman M.

References

1. Borysevich V. B., Borysevich B. V., Kulida M. A. (2009). Cellular immunity in case of purulent otitis externa in dogs. Veterinary medicine of Ukraine No. 5, pp. 32-33.

2. Kulida M.A. (2010). Cellular immunity in otitis media Abstracts of reports. Kyiv, March 10-11, K.: NUBiP of Ukraine, 2010. P. 110-111.

3. Chabanne L., Bonnefont C., Bernaud J., Rigal D. (2000). Clinical applications of flow cytometry and cell immunophenotyping to

Тухов М. Ф.

(2001). Immunosuppression in bitches with pyometra. J Small Anim Pract, № 45. pp. 5-10.

7. Foster A.P. (2004). Immunomodulation and immunodeficiency. Vet Dermatol., 15. pp. 115-126.

8. Scott D.W., Miller W.H., Griffin C.E. (2001). In: Small animal dermatology. 6th edition, W. B. Saunders, Philadelphia, pp. 230-232, 274-335, 647-650.

DETERMINATION OF SOME INDICATORS OF CELLULAR IMMUNITY IN DOGS WITH DEEP PYODERMIA

M. F. Tuyakhov

Abstract. *The article presents the results of determining of selected indicators of cellular immunity in dogs with deep pyoderma..*

As the research results showed, the total content of leukocytes in animals with pyoderma was 11.84 ± 1.06 G/l, which was $1.19 \times 10^9/l$ higher than the similar indicator of healthy animals. An increase in the content of leukocytes was caused by neutrophilia.

As was established that the absolute neutrophils count in animals with generalized pyoderma significantly exceeded the similar indicator of healthy animals of the control group (< 0.05), at the same time, the content of lymphocytes and eosinophils was higher in animals of the control group and amounted to 2.98 ± 1.16 and 0.64 ± 0.11 , respectively.

It was also established that in dogs with deep generalized pyoderma, suppression of the activity of a number of key elements of cellular immunity was observed: indicators of phagocytosis, content of blood T-lymphocytes. The number of T-helper cells in dogs of the control group exceeded the similar indicator of animals with pyoderma, while the content of T-suppressors was higher in affected animals, which indicates the development of moderate immunosuppression.

The obtained results indicate a necessity for further study of the cellular immunity of dogs with pyoderma in order to develop novel protocols for the treatment of animals with the use of means of immunocorrection.

Key words: *dogs, cellular immunity, pyoderma, t-lymphocytes, b-lymphocytes, phagocytes*

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

УДК 712.4:581.6:635.92

**РЕПРЕЗЕНТАТИВНІСТЬ ТРАВ'ЯНИХ БАГАТОРІЧНИХ
ФІТОАВТОХТОНІВ У ЛАНДШАФТНОМУ ФІТОЦЕНОДИЗАЙНІ
ПАРКУ-ПАМ'ЯТКИ САДОВО-ПАРКОВОГО МИСТЕЦТВА
«ФЕОФАНІЯ»**

Р. К. МАТЯШУК кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник,
завідувач відділу дендрології та паркознавства,

<https://orcid.org/0000-0003-1929-0522>

E-mail: raisakiev2015@gmail.com

Л. М. ГУБАРЬ кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник
відділу динаміки популяцій, <https://orcid.org/0000-0003-4904-1092>

E-mail: ogubar@gmail.com

Я. І. КРИЛОВ кандидат сільськогосподарських наук, молодший науковий
співробітник відділу дендрології та паркознавства,

<https://orcid.org/0000-0003-1958-3368>

E-mail: yaroslav_1990_r@meta.ua

І. Ф. ПІРКО кандидат біологічних наук, <https://orcid.org/0000-0003-0096-8858>

E-mail: pirko.i.f@outlook.com

І. В. ТКАЧЕНКО провідний інженер відділу дендрології та паркознавства,

<https://orcid.org/0000-0001-6398-3129>

E-mail: irina_tkachenko77@ukr.net

Державна установа «Інститут еволюційної екології НАН України»

[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.023](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.023)

Анотація. З результатами флористичного аналізу фракції декоративних багаторічників спонтанної флори урочища Феофанія для формування ландшафтних фітоценокомпозицій у природному стилі відібрано 86 видів рослин, які належать до 63 родів із 33 родин. Досліджений видовий склад досить репрезентативний за таксономічним, екологічним, фітоценотичним, біоморфологічним і феноритмотипічним критеріями. Види рослин ранжовані за рівнем перспективності їх культивування, 66 % з них визнано високopersпективними. Визначено ефективніші види розмноження рослин у культурі. На основі комплексного аналізу видового складу рослин і з'ясування екологічних, фітоценотичних та флористичних особливостей паркових ландшафтів розроблено проєкт експериментальної експозиції на території парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Феофанія», що поєднує природні фітоценози з фітоценокомпозиціями, сформованими адаптованими до місцевих екоумов видами, значна частина яких є фітоавтохтонами. Видовий склад рослин експозиції ілюструє істотне природоохоронне, демонстраційно-просвітницьке та популяризаторське навантаження, що сприяє розширенню та поглибленню знань про регіональне флористичне різноманіття в цілому та його окремі елементи, а формування на його основі ландшафтних фітоценокомпозицій є досить ефективним засобом його збереження. У проєкті відображено майже 10 % видів рослин, які внесено

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи і природних ресурсів. Третина (29,8 %) видів зазначені в регіональних охоронних списках України. Більшість видів рослин мають господарську цінність: лікарські (69 %), медоносні (44,7 %), кормові (32 %), технічні (18,1 %), харчові (16 %). 20 видів декоративних рослин у різній мірі є отруйними.

Ключові слова: парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Феофанія», паркові ландшафти, багаторічники, фітоавтохтони, фітоценокомпозиції, збереження фіторізноманіття

Актуальність. Упродовж останніх десятиліть зберігається тенденція до значного підвищення температури повітря в літній період, збільшення кількості засушливих періодів і різкі коливання температур взимку (Ефимов, 2011; Паламарчук, 2010). В умовах глобальних кліматичних змін саме рослини є важливим фактором існування людини, тому їхні ресурси розглядаються як національне багатство, що потребує збереження і раціонального використання (Рахметов, Заіменко, Гапоненко та ін., 2022). У таких умовах особливої актуальності та нових значень набуває цінність декоративних рослин природної флори для сучасного садово-паркового будівництва (Tredici, 2014; Bretzel et al., 2016; Hitchmough, 2017). Під час озеленення урбанізованих територій для створення довготривалих, високодекоративних ландшафтних композицій доцільніше залучати види природної флори, які адаптовані до посушливих умов середовища (Рахметов, Заіменко, Гапоненко та ін., 2022). Підтримкою практики еколого-естетичного поліпшення міських

ландшафтів з використанням декоративних фітоавтохтонів реалізовується важливіше просвітницьке завдання та підвищення загального рівня культури збереження і раціонального використання фіторесурсів загальнодержавного значення. За такою ж **метою** розроблений і впроваджується на території парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення (далі – ППСМ, парк) «Феофанія» проєкт дизайнерської композиції на основі лісових, узлісних і лучних видів рослин із репрезентуванням типових природних комплексів території для підвищення її композиційного та естетичного потенціалу, збереження біорізноманіття. При цьому цілком доречним вважаємо визначення Ковтонюк А. (2023), що садово-парковий ландшафт – це середовище, яке «зберігає» минуле і «демонструє» майбутнє. Особливо актуальною стає ця тематика з огляду на активне поширення чужорідних видів рослин, які розповсюдилися саме з культури, задля пропагування ширшого залучення до фітоценокомпозицій в ландшафтному дизайні саме

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

аборигенних видів рослин і створених на їх основі сортів (Matyashuk, Gubar, Tkachenko, 2023; Matyashuk, Pirko, Gubar, Tkachenko, 2023).

Для України активне використання декоративного потенціалу рослин місцевої флори при створенні дизайнерських локацій в урбанізованому середовищі є традиційним підходом збереження єдності з природою (Попович, Власенко, Вакаренко, 2018). Такі дизайнерські фітоценози несуть інформацію про унікальність, екологічну цінність видів природної флори, сприяють поліпшенню стану навколишнього середовища і підвищенню естетичності урбанізованих ділянок. При тому, що з багаторічників природної флори можна створювати різноманітні тематичні композиції, які будуть забезпечувати тривалий декоративний ефект з мінімальними затратами і обмеженими потребами у догляді. Все що потрібно – це рослини, вилучені з дикої природи гармонійно поєднати між собою, з урахуванням їх форм, силуетів, фактури листків і стебел. Кольорова палітра не є ключовим аспектом таких садово-паркових композицій. Також мінімальною є потреба в різних малих архітектурних формах і прикрасах (Соловей, 2015; Oudolf, Gerritsen, 2008).

Методи та матеріали. Матеріалом для формування експозиції послужили рослини

вилучені з природних популяцій на території ППСМ «Феофанія» та розмножені на колекційних ділянках відділу дендрології та паркознавства ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України» м. Києва. Дослідження та вилучення видів багаторічних рослин проводили впродовж вегетаційних сезонів 2021–2023 рр. детально-маршрутним методом (Якубенко та ін., 2017). Для ранжування видів за рівнем перспективності культивування використано градації та критерії, опрацьовані Г. Музичук і О. Перебойчук (2013) та І. Крохмаль (2016) в попередніх дослідженнях подібного плану (з доповненням й уточненнями з урахуванням специфіки об'єкту). Українські та латинські назви видів рослин приведені згідно із зведенням S. Mosyakin, M. Fedoronchuk (1999) та визначником (Определитель высших растений Украины, 1987), але авторське трактування окремих таксонів нами прийняті не завжди.

В основі проектування фітоценокомпозицій використано екологічний і фітоценотичний підхід. Для окремих локацій добиралися види з відповідних екологічних та фітоценотичних груп, комбінування та розміщення яких здійснювали з урахуванням ярусності та близької до природної мозаїчності. Кількість видів підбирали з урахуванням забезпечення на окремих ділянках багатоконпонентності, здатної

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

забезпечити у сезонній динаміці зміну аспектів без суттєвої втрати декоративності.

Проект дизайнерської композиції виконаний з використанням комп'ютерної програми візуалізації ландшафтного дизайну Realtime Landscaping Architect.

Результати та їх обговорення.

Займаючи менше 6 % площі Європи, Україна володіє приблизно 35 % її біорізноманіття (Червона книга України, 2009). Флора судинних рослин України нараховує до семи тисяч видів (Mosyakin, Fedoronchuk, 1999; Рожковський, Деревинская, Шевченко и др., 2012). Важливо, що для 20–25 % (Бутило, Дениско, Дениско, 2008), а за іншими даними – для 36,9 % видів флори судинних рослин (Мінарченко, 2005; 2012), котрі зростають на території України, притаманні лікувальні властивості.

Природна флора Києва представлена 926 видами (Гречишкіна, 2010). За результатами досліджень Яворської О. Г., Мосякіна С. Л. (2001) склад адвентивної фракції Київської агломерації нараховує 536 видів. Для урочища Феофанія наводиться 650 судинних рослин (Koniakin, Gubar, 2022). Це понад 47 % флористичного різноманіття Лісостепу України, оскільки, за даними Якубенка Б.Є. (2007) флора цієї частини України представлена 1382 видами квіткових і вищих спорових рослин. Водночас декоративна фракція природної флори ще недостатньо висвітлена в сучасних наукових працях і обсяг цих видів природної флори ще досліджується. За даними Поповича С.Ю. зі співавторами (2018), у природній флорі України налічується 2982 види декоративних фітоавтохтонів (рис. 1).

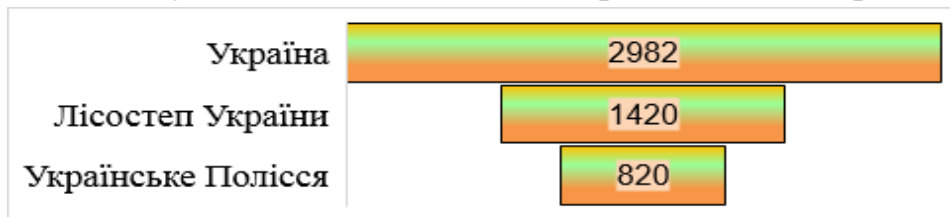


Рисунок 1. Декоративна фракція природної флори (кількість видів, за даними Попович, Власенко, Вакаренко, 2018)

Урочище Феофанія за фізико-географічним районуванням розташоване у Київському підвищеному лісостепу. Корінним типом лісу є фітоценози асоціації *Carpineto (betulis)-Quercetum (roburis) galiosum (odorati)*. У складі формацій *Querceta roburis* та *Carpineta betuli* також виділяють угруповання *Carpineto (betulis)-Quercetum (roburis)*

poosum (nemoralis) Carpineto (betulis)-Quercetum (roburis) pteridiosum (aquilini) (Carpineto-Quercetum graminoso-pteridiosum), Carpineto graminoso-dryopteridosum (filix-marialis), Carpinetum glechomoso-graminosum, Carpineto (betulis)-Quercetum (roburis) coryloso (avellanae)-dryopteridosum (filix-marialis), Carpinetum coryloso (avellanae)

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

dryopteridosum (*filix-maris*) (Goncharenko et al, 2013). Фонд видів природної флори урочища Феофанія приблизно на 46 % репрезентує

аборигенну флору Лісостепу України та на 70,2 % – Києва (Якубенко, 2007; Гречишкіна, 2010; та Koniakin, Gubar, 2022) (рис. 2).

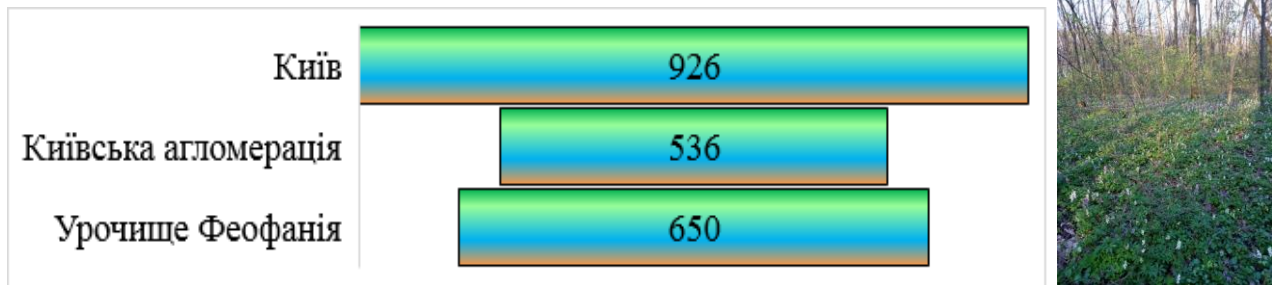


Рисунок 2. Фонд видів місцевої природної флори (за даними Яворська, Мосякін, 2001; Гречишкіна, 2010; Koniakin, Gubar, 2022)

У результаті раніше проведеного нами аналізу біоморфологічної та екологічної структур штучної сукупності видів спонтанної флори урочища Феофанія показано, що господарську цінність за декоративними та біоекологічними ознаками мають 147 видів трав'яних багаторічників природної флори (Matyashuk, Gubar, Pirko, 2021). Цей фонд представляє майже 16 % наведених для Києва видів декоративних фітоавтохтонів. У створеній дизайнерській композиції з цього переліку залучено 86 видів 63 родів з 34 родин, до якого нами додано 10 форм – 1 гібрид і 9 сортів. Ця сукупність включає малопоширені в декоративному садівництві, а також рідкісні з флористичної точки зору види. За спектром біоморф переважають гемікриптофіти та криптофіти, що відображає регіональну специфіку флори та узгоджується з особливостями ґрунтово-кліматичних умов території.

За екологічними характеристиками переважають мезофільні – 76 %; геліофільні – 44 %; мезотрофні – 82 %, та нейтрофільні – 65 % групи. За комплексом екофакторів види об'єднанні у елементарні екоморфологічні групи для відповідних екоотопів.

Для оцінки декоративного потенціалу видів спонтанної флори урочища Феофанія враховували розроблену шкалу для петрофітних видів флори південного сходу України (Остапко, Кунець, 2009), методику порівняльної сортооцінки декоративних рослин (Білов, 1978), окремі морфологічні ознаки шкали комплексної оцінки декоративності деревних видів (Власенко, Попович, 2016). За рівнем перспективності декоративних трав'яних фітоавтохтонів для формування багаторічних, полікомпонентних, довговегетуючих, стійких декоративних ландшафтних композицій відібрані лише

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

високоперспективні і перспективні види, форми і сорти рослин. До групи високоперспективні (ВП) віднесені рослини, які потенційно здатні легко пристосовуватися до стандартних прийомів догляду в культурі; перспективні (ПС) – види, які додатково вимагатимуть дотримання однієї-двох специфічних вимог агротехніки на новому місцезростанні (Музичук, Перебойчук, 2013; Крохмаль, 2016). З використаного

нами різноманіття декоративних фітоавтохтонів для формування фітоценокомпозицій понад 66 % видів, форм і сортів можна вважати високоперспективними (табл.). Вони не потребують додаткових заходів для реалізації декоративного потенціалу, стійкі в ландшафтній композиції, не мають явних ознак неконтрольованого поширення з пригніченням інших рослинних компонентів.

Конспект декоративних трав'яних фітоавтохтонів (видів, форм, сортів) для фітоценодизайну на території ППСІМ «Феофанія»

Види багаторічних трав'яних рослин	Перспективність для культивування	Господарське значення	Пріоритетність розмноження в культурі	Фітосозологічний статус
Відділ Equisetophyta – Equisetaceae Michx. ex DC				
<i>Equisetum hyemale</i> L. – Хвощ зимовий	ВП	Л	вегет.	РОС: МСОП, ВінО, ДніО, ДонО, ЖитО, ЗапО, ІФрО, ПолО, ЛугО, ЛьвО, ХарО, ХмеО
Відділ Polypodiophyta – Athyriaceae Alston				
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth – Безщитник жіночий	ВП	Л+К+О	вегет.	РОС: ДонО, КіпО, ЛугО, ХарО
Dennstaedtiaceae Lotsy.				
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn – Орляк звичайний	ВП	Л+Х	вегет.	РОС: ДніО, ДонО, ЛугО, ПолО
Dryopteridaceae Herter				
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott – Щитник чоловічий	ВП	Л+К+О	вегет.	РОС: ДніО, ДонО, КіпО
Onocleaceae Pic.Serm.				
<i>Matteuccia struthiopteris</i> (L.) Tod. – Маттеуція звичайна (страусове перо звичайне)	ПС	–	вегет.	РОС: МСОП, ДніО, ЖитО, ЛугО, ЛьвО, МісК, ПолО, РівО, СумО, ХарО, ХмеО, ЧргО
Відділ MAGNOLIOPHYTA Клас LILIOPSIDA Alliaceae Borkh.				
<i>Allium ursinum</i> L. – Цибуля ведмежа (Черемша)	ВП	М+Л+Х	вегет./насін.	ЧКУ
<i>Allium scorodoprasum</i> L. – Цибуля іспанська	ВП	Х	вегет./насін.	–
Asparagaceae Juss.				
<i>Convallaria majalis</i> L. – Конвалія звичайна	ВП	Л+Т+О	вегет./насін.	РОС: ВінО, ДніО, ДонО, ЗапО, КіпО, МісК, ОдеО, ПолО, ТерО, ХерО
<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All. – Купина рясноквіткова	ВП	Л+О	вегет.	–
<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F. W. Schmidt – Веснівка дволиста	ВП	М+Л+К+О	вегет.	РОС: ДніО, ДонО, ПолО, ХарО
Cyperaceae Juss.				
<i>Carex digitata</i> L. – Осока пальчаста	ВП	–	вегет./насін.	–
<i>Carex sylvatica</i> Huds. – Осока лісова	ВП	–	вегет./насін.	–
Hyacinthaceae Batsch ex Bork.				

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

<i>Scilla bifolia</i> L. – Проліски дволисті	ВП	М+Л+Т	вегет./насін.	РОС: ВінО, ДніО, ЗапО, КиївО, МісК, ОдеО, ПолО, СумО, ХарО, ХерО, ЧргО
Juncaceae Juss.				
<i>Juncus effusus</i> L. – Ситник розлогий	ВП	Л+К+Т	вегет./насін.	–
<i>Juncus sphaerocarpos</i> Nees. – Ситник круглоплодий	ВП	Л	вегет./насін.	ЧКУ
Liliaceae Juss.				
<i>Gagea lutea</i> (L.) Ker Gawl. – Зірочки жовті	ВП	Л+К	вегет./насін.	РОС: ДніО
Poaceae Barnhart				
<i>Festuca valesiaca</i> Gaudin – Костриця валіська	ПС	К	вегет./насін.	–
<i>Milium effusum</i> L. – Просянка розлога	ВП	К	вегет./насін.	–
Trilliaceae Chevall.				
<i>Paris quadrifolia</i> L. – Ворон-око чотирилисте	ВП	Л+К+Т+О	вегет./насін.	РОС: ЛугО, ХарО
Apiaceae Lindl.				
<i>Eryngium planum</i> L. – Миколайчики сині	ВП	Л	насін.	–
Aprocynaceae Juss.				
<i>Vinca minor</i> 'Alba' – Барвінок звичайний 'Alba'	ПС	–	вегет.	–
<i>Vinca minor</i> L. – Барвінок звичайний	ПС	Л+О	вегет.	РОС: ПолО, ХарО
Aristolochiaceae Juss.				
<i>Asarum europaeum</i> L. – Копитняк європейський	ВП	Л+К+О	вегет.	РОС: ДніО, ДонО, ЛугО
Asteraceae Giseke				
<i>Achillea filipendulina</i> 'Coronation Gold' – Деревій жовтий 'Coronation Gold'	ПС	–	вегет./насін.	–
<i>Achillea millefolium</i> 'Summer wine' – Деревій звичайний 'Summer Wine'	ПС	–	вегет./насін.	–
<i>Achillea submillefolium</i> Klokov et Krytzka – Деревій звичайненький	ПС	М+Л+К+Т	вегет./насін.	–
<i>Artemisia marschaliana</i> Spreng. – Полин Маршалла	ВП	–	вегет./насін.	–
<i>Artemisia austriaca</i> Jacq. – Полин австрійський	ВП	Л+К+Т	вегет./насін.	–
<i>Tanacetum vulgare</i> L. – Пижмо звичайне	ВП	Л+К+Т+О	вегет./насін.	–
<i>Tussilago farfara</i> L. – Підбіл звичайний (Мати-мачуха)	ПС	М+Л	вегет./насін.	–
<i>Pilosella officinarum</i> F. Schultz. & Sch. Bip – Волохатка звичайна	ПС	М+Л+О	вегет./насін.	–
Boraginaceae Juss				
<i>Pulmonaria officinalis</i> L. – Медунка лікарська	ПС	М+Л	вегет./насін.	ЧС МСОП, РОС: ЖитО
Brassicaceae Burnett.				
<i>Dentaria bulbifera</i> L. – Зубниця бульбиста	ВП	М+К	вегет./насін.	РОС: ДонО, ПолО, ХарО
Campanulaceae Juss.				
<i>Campanula carpatica</i> Jacq. – Дзвоники карпатські	ВП	–	вегет./насін.	ЧКУ
<i>Campanula persicifolia</i> L. – Дзвоники перскоколісті	ВП	К	вегет./насін.	РОС: ДніО, ДонО, ЛугО, ОдеО, ПолО, СумО, ХарО, ХмеО
Caryophyllaceae Juss.				
<i>Dianthus armeria</i> L. – Гвоздики пучкуваті	ВП	–	вегет./насін.	–
<i>Silene viscaria</i> (L.) Jess. – Смолівка липка	ВП	М	вегет./насін.	–
<i>Stellaria holostea</i> L. – Зірочник великоцвітий	ПС	Л+К	вегет.	–
Clusiaceae Lindl.				
<i>Hypericum perforatum</i> L. – Звіробій звичайний	ВП	Л	вегет./насін.	–
Crassulaceae J.St.-Hil.				
<i>Hylotelephium polonicum</i> (Blocki) Holub – Очитник польський	ПС	–	вегет./насін.	–
<i>Sedum kamtschaticum</i> 'Variegatum' – Очитник камчатський 'Variegatum'	ПС	–	вегет./насін.	–
<i>Sempervivum ruthenicum</i> Schnittsp. et C.B. Lehm. – Молодило руське	ВП	Л+Х	вегет./насін.	РОС: ДніО, ДонО, ІФрО, КіпО, ЛугО, СумО, ТерО, ЧрвО

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

Euphorbiaceae Juss.				
<i>Euphorbia esula</i> L. – Молочай гострий	ВП	Л+О	вегет./насіні.	–
<i>Euphorbia cyparissias</i> L. – Молочай кипарисовий	ВП	Л+О	вегет./насіні.	–
<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit. – Молочай лозяний (прутяний)	ВП	О	вегет./насіні.	–
Fabaceae Lindl.				
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh. – Горошок весняний	ВП	М+Л+К	вегет./насіні.	РОС: ДніО
<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop. – Еспарцет виколистий	ВП	М+Л+К	вегет./насіні.	–
<i>Trifolium alpestre</i> L. – Конюшина альпійська	ПС	М+Л+К	вегет./насіні.	–
<i>Trifolium repens</i> L. – Конюшина біла	ПС	Л+К+Х	вегет./насіні.	–
Fumariaceae Bercht. & J. Presl				
<i>Corydalis cava</i> (L.) Schweigg. et Koerte – Ряст порожнистий	ВП	М+Л+О	вегет./насіні.	РОС: ДніО, МісК, ПолО, СумО, ХерО
<i>Corydalis solida</i> (L.) Clairv. – Ряст повний	ВП	М+О	вегет./насіні.	РОС: ДонО, ОдеО, ХерО
<i>Corydalis intermedia</i> (L.) Merat – Ряст середній	ВП	М+О	вегет./насіні.	РОС: СумО
Geraniaceae Juss				
<i>Geranium sanguineum</i> L. – Журавець кривавий	ВП	М+Л+Т	вегет./насіні.	–
<i>Geranium pratense</i> L. – Журавець лучний	ВП	М+Л	вегет./насіні.	–
Lamiaceae Martinov				
<i>Ajuga reptans</i> 'Sparkler' – Горлянка повзуча 'Sparkler'	ПС	Л+К	вегет./насіні.	–
<i>Ajuga reptans</i> 'Burgundy Glow' – Горлянка повзуча 'Burgundy Glow'	ПС	–	вегет./насіні.	–
<i>Betonica officinalis</i> L. – Буквиця лікарська	ВП	М+Л	вегет./насіні.	РОС: ДніО, КіпО
<i>Lamium galeobdolon</i> (L.) L. – Глухокропива жовта	ПС	М+Л	вегет./насіні.	РОС: ПолО
<i>Mentha spicata</i> 'Crispa' – М'ята колосиста 'Crispa'	ПС	М+Х	вегет./насіні.	–
<i>Mentha × piperita</i> L. – М'ята перцева	ПС	М+Л+Х+Т	вегет./насіні.	–
<i>Nepeta cataria</i> L. – Котом'ята справжня	ПС	М+Л+Х	вегет./насіні.	–
<i>Nepeta mussinii</i> Spreng – Котом'ята Мусіна	ПС	М+Л+Х	вегет./насіні.	–
<i>Origanum vulgare</i> L. – Материнка звичайна	ПС	М+Л+Х+Т	вегет./насіні.	–
<i>Salvia sclarea</i> L. – Шавлія мускатна	ПС	М+Л+Х+Т	вегет./насіні.	–
<i>Salvia pratensis</i> L. – Шавлія лучна	ВП	М+Л	вегет./насіні.	–
<i>Prunella vulgaris</i> L. – Суховершки звичайні	ВП	Л+Т	вегет./насіні.	ЧС МСОП
<i>Phlomis tuberosa</i> L. – Залізник бульбистий	ВП	М+Л+Х	вегет./насіні.	РОС: ВінО, ЖитО, ІФрО, ЛьвО
<i>Thymus vulgaris</i> L. – Чебрець звичайний	ВП	М+Л+Х	вегет./насіні.	–
<i>Thymus pulegioides</i> L. agg. – Чебрець широколистий	ВП	М+Л+Х	вегет./насіні.	–
<i>Thymus marschallianus</i> Willd. – Чебрець Маршалла	ВП	М+Л	вегет./насіні.	РОС: ТерО
<i>Thymus praecox</i> Opiz – Чебрець ранній	ВП	М+Л	вегет./насіні.	–
<i>Thymus serpyllum</i> L. – Чебрець повзучий	ВП	М+Л+Т	вегет./насіні.	–
Lythraceae J.St-Hil.				
<i>Lythrum salicaria</i> L. – Плакун верболистий	ВП	М+Л+Т	вегет./насіні.	ЧС МСОП
Primulaceae Batsch ex Borkh.				
<i>Lysimachia nummularia</i> L. – Вербозілля сланке	ПС	М+Л+Т	вегет./насіні.	ЧС МСОП
<i>Lysimachia vulgaris</i> L. – Вербозілля звичайне	ПС	Л+К	вегет./насіні.	ЧС МСОП
Ranunculaceae Juss.				
<i>Anemone nemorosa</i> L. – Вітеринка гайова	ВП		вегет./насіні.	РОС: ДніО, ДонО, ЗапО, СумО, ЧгО
<i>Anemone ranunculoides</i> L. – Вітеринка жовтецева	ВП		вегет./насіні.	РОС: ДніО, ЗапО
<i>Anemone sylvestris</i> L. – Вітеринка лісова	ВП	М	вегет./насіні.	РОС: ВінО, ДніО, ДонО, ЖитО,

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

				ЗапО, КііО, Кіро, ЛугО, Мико, МісК, ОдеО, ПолО, РівО, СумО, ХарО, ХерО, ХмеО, ЧрО
<i>Isopyrum thalictroides</i> L. – Рутвичка звичайна	ВП	М+О	вегет./насіні.	РОС: ВінО, КііО, МісК
<i>Ranunculus acris</i> L. – Жовтець їдкий	ВП	Л+К+О	вегет./насіні.	–
<i>Ranunculus repens</i> L. – Жовтець повзучий	ПС	Л+О	вегет./насіні.	–
Rosaceae Juss.				
<i>Duchesnea indica</i> (Andrews) Focke – Дюшеня індійська	ПС	Л	вегет./насіні.	–
<i>Fragaria vesca</i> L. – Суниця лісова	ПС	Л+К+Х	вегет./насіні.	РОС: ДніО
<i>Geum rivale</i> L. – Гребінник прибережний	ВП	М+Л+К	вегет./насіні.	РОС: МСОП, ДніО, ЛугО
<i>Potentilla anserina</i> L. – Перстач гусячий	ВП	М+Л+К+Т	вегет./насіні.	ЧС МСОП
<i>Potentilla argentea</i> L. – Перстач сріблястий	ВП	М+Л+К+Т	вегет./насіні.	–
<i>Potentilla reptans</i> L. – Перстач повзучий	ПС	Л+К	вегет./насіні.	–
Scrophulariaceae Juss.				
<i>Linaria vulgaris</i> Mill. – Льонік звичайний	ПС	Л	вегет./насіні.	–
<i>Veronica chamaedrys</i> L. – Вероніка дібровна	ВП	М+Л+К	вегет./насіні.	–
<i>Veronica incana</i> L. – Вероніка сива	ВП	–	вегет./насіні.	–
<i>Veronica incana</i> 'Silver Carpet' – Вероніка сива 'Silver Carpet'	ВП	–	вегет./насіні.	–
<i>Veronica longifolia</i> L. – Вероніка довголиста	ВП	М+Л+К	вегет./насіні.	–
Violaceae Batsch				
<i>Viola mirabilis</i> L. – Фіалка дивовижна	ВП	–	вегет./насіні.	–
<i>Viola odorata</i> L. – Фіалка запашна	ВП	М+Л	вегет./насіні.	–
<i>Viola sororia</i> 'Alba' – Фіалка сестринська 'Alba'	ВП	–	вегет./насіні.	–
<i>Viola reichenbachiana</i> Jord. ex Boreau – Фіалка лісова	ВП	Л	вегет./насіні.	–

Примітки: *Групи перспективних для культивування видів рослин*: **ВП** – високopersпективні рослини, які потребують стандартних прийомів догляду в культурі; **ПС** – перспективні види, які додатково вимагатимуть дотримання однієї-двох специфічних вимог під час вирощування. *Господарське значення*: **Л** – лікувальні (в офіційній та народній медицині, гомеопатії, косметології); **К** – кормові; **М** – медоносні; **Х** – харчові (вітамінні, тонізуючі, пряно-ароматичні); **Т** – технічні (фарбувальні, дубильні, ефіроолійні тощо); **О** – отруйні.

Розмноження в культурі: **вегет.** – вегетативне, **насіні.** – насінневе.

Фітосозологічний статус: **ЧС МСОП** – Червоний список Міжнародного союзу охорони природи і природних ресурсів; **ЧКУ** – Червона книга України; **РОС** – регіональні охоронні списки; **ВінО** – Вінницька область, **ВоЛ** – Волинська область, **ДніО** – Дніпропетровська область, **ДонО** – Донецька область, **ЖитО** – Житомирська область, **ЗакО** – Закарпатська область, **ЗапО** – Запорізька область, **ІФрО** – Івано-Франківська область, **КііО** – Київська область, **Кіро** – Кіровоградська область, **ЛугО** – Луганська область, **ЛьвО** – Львівська область, **Мико** – Миколаївська область, **МісК** – місто Київ, **ОдеО** – Одеська область, **ПолО** – Полтавська область, **РівО** – Рівненська область, **СумО** – Сумська область, **ТерО** – Тернопільська область, **ХарО** – Харківська область, **ХерО** – Херсонська область, **ХмеО** – Хмельницька область, **ЧрО** – Чернівецька область, **ЧрО** – Чернігівська область.

Досить високі показники декоративності притаманні і рослинам, що мають офіційний статус міжнародного та регіонального рангів охорони (Червона книга України, 2009; Офіційні переліки..., 2012; Атлас трав'яних біотопів України...,

2022). Вважаємо залучення цих видів до складу фітоценокомпозиції важливим елементом збереження автохтонного різноманіття та скорочення частки чужорідних видів в сучасному ландшафтному дизайні. У нашому проекті використано майже

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

10 % видів, які внесені до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи і природних ресурсів. Майже третина (29,8 %) використаних нами видів зазначені в регіональних охоронних списках України (див. табл.). На підставі розглянутих характеристик сформульовано висновок про достатню репрезентативність дослідженого видового складу за більшістю ознак і його відповідність вимогам ландшафтного дизайну.

Територія урочища, на якій розташований парк «Феофанія», має не лише високу наукову і природну цінність, але й свою багату історично-культурну спадщину (Радченко, Бурда, Пашкевич та ін., 2019). У цього парку свій неповторний архітектурно-художній образ, в основу якого покладено збереження та подальше формування природного каркасу. При плануванні елементів натуралістичного дизайну найважливішим вважаємо збереження унікальності території і гармонійне поєднання з природними екотопами і ландшафтом. Тому створена нами дизайнерська композиція доповнює пейзажний стиль самого парку «Феофанія», який базується на принципах відтворення природи – мальовничий ліс з багатством вікових дерев, каскад штучних ставків на виразному рельєфі балок (Матяшук, Губарь, Пірко та ін., 2023). *Головна ідея розробленого нами проекту експозиційно-колекційної ділянки на*

цій території полягає в спробі об'єднати в одній експозиції існуючі природні фітоценози і штучні насадження. Основним структурним принципом побудови експозиції є еколого-фітоценотичний як найефективніший. Центральними елементами її є фітоценокомпозиції, концепція яких запропонована та апробована у садово-парковому дизайні (Шерстюк, Попович, 2017; Sherstiuk, Skliar, 2019), суть якої полягає у використанні у ландшафтних композиціях комбінацій автохтонних видів із стійкими фітоценотичними зв'язками. Екологічність та естетичність таких ландшафтів поєднується з практичністю та мінімальною витратою ресурсів. Ділянки природних ландшафтів, прилеглі до фітоценокомпозиції – ближня перспектива, – зачищені від деревного підросту та фіторудералів. Дальня перспектива залишена у природньому стані. Композиційним рішенням у штучних насадженнях передбачено локальне розміщення близьких споріднених видів рослин із доповненням видами, які в природних умовах формують з ними фітоценотичні групи. Динамічність композиції забезпечено багатоконпонентністю та ярусністю, що дозволяє суттєво збільшити не тільки різноманітність елементів, ефектнішу зміну аспектів та триваліший період декоративності, але і її інформаційну наповненість.

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

Окрім естетичності, що досягається завдяки законам колористики та композиції, основними вимогами до штучного декоративного фітоценозу є стійкість, довговічність та низька затратність при створенні та обслуговуванні. Стійкість і довговічність угруповання здебільшого визначається тривалістю великого життєвого циклу рослин, особливостями репродукції та сумісністю їх конкурентних стратегій, які можуть бути

зафіксовані експериментально через багаторічні спостереження за створеними моделями фітоценокомпозицій (на рисунку 3 фрагмент проєкту). Створена експозиція, крім екологічної та естетичної цінності, несе істотне природоохоронне, демонстраційно-просвітницьке та популяризаторське навантаження, що сприяє розширенню та поглибленню знань про елементи аборигенної флори в цілому та її окремі об'єкти.



а

б



в

Рисунок 3. Загальний вигляд проєкту (а) і фрагмент схеми (б) та створеної фітоценокомпозиції (в)

Інформаційну складову елементів експозиції було розширено за рахунок проведення аналізу господарської цінності та спектру використання рослин з фонду перспективних декоративних багаторічників природної флори

Києва, Київської агломерації та урочища Феофанія. Проаналізоване використання обраних нами видів у народній медицині, гомеопатії, косметології та дозволені до застосування в сучасній науковій медицині і фармакології (Повний

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

атлас лікарських..., 2013; Бутило, Дениско, Дениско, 2008; Говорун, 2020; Мінарченко, 2005, 2012; Мінарченко, Тимченко, 2002; Решетюк, Терлецький, Філіпенко, 2011; Комендар, 2007). З рекомендованого переліку більшість видів (69 %) водночас відзначаються лікувальними властивостями (в офіційній та народній медицині).

Третина (32 %) обраних нами видів декоративної фракції природної флори водночас мають кормове призначення. До прикладу, *Ranunculus acris*, *Geum rivale*, *Lysimachia vulgaris* та ін. є важливими чи другорядними кормовими видами свійської худоби та/або диких ссавців і птахів (Краснов, Орлов, Ведмідь, 2008). Значна частка (44,7 %) видів є медоносними рослинами (*Anemone sylvestris*, *Veronica longifolia*, *Lythrum salicaria*, всі три види *Corydalis* та ін.). Рослин з харчовим застосуванням (вітамінні збори, чаї, компоненти пряно-ароматичних сумішей та ін.) у фонді цієї фітоценокомпозиції 16 % (*Achillea submillefolium*, *Origanum vulgare*, *Fragaria vesca*, *Nepeta mussinii* та ін.). Серед відібраних нами декоративних багаторічників природної флори 18,1 % видів мають технічне застосування рослинної сировини. Зокрема, *Convallaria majalis*, *Origanum vulgare*, *Thymus serpyllum* є ефіроолійними рослинами. Сировина з *Juncus effusus* є матеріалом для плетіння різноманітних виробів. *Lysimachia nummularia*, *Lythrum*

salicaria, *Geranium sanguineum* та деякі інші мають фарбувальні, а рослини *Potentilla anserine* містять дубильні речовини. Для такої ж частки видів вказана засторога у використанні через отруйні властивості рослин чи окремих їх частин (*Paris quadrifolia*, *Asarum europaeum*). За проектом ці рослини розташовані в центрі композиції для візуального сприйняття без можливого вільного контакту з ними. Передбачене розташування інформаційного стенду про створену дизайнерську локацію з відкритим доступом до основних відомостей про використані в ній види.

Більшість (75,5 %) використаних в проекті багаторічників здатні утворювати насіння в цих умовах вирощування, що є додатковим сприятливим фактором їх успішного залучення до стійких фітокомпозицій натуралістичного типу. Але водночас слід враховувати цей фактор і під час контролю за їх спонтанним поширенням та можливим витісненням інших видів з штучної фітоценокомпозиції. Обрані нами види невибагливі до умов використання в зеленому будівництві, тому рекомендуються для вирощування в міксбордерах, пейзажних (натуралістичних) квітниках, клумбах-острівцях ландшафтного типу, рокаріях і альпійських гірках, як ґрунтопокривні рослини. Загалом запропонований видовий склад рослин, здатних

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

забезпечити створення маловитратних квітникових композицій і збереження різноманіття місцевої флори за рахунок розширення культигенного ареалу цих видів, успішно забезпечує можливість естетичного і гармонійного узгодження дизайнерського фітоценозу з парковим ландшафтом. Подібні фітоценокомпозиції в ландшафтному дизайні, сучасній системі міського озеленення та благоустрою урбанізованих територій слугують базисом для розуміння концептуальних рішень щодо створення зелених зон у розрізі історичних особливостей. Таким чином, в основу проектування і реалізації цього дизайнерського фітоценозу покладені такі принципи:

1. Сучасність і науковість – залучення природних видів рослин, здатних забезпечити створення маловитратних квітникових композицій (з урахуванням проявів глобальних змін клімату), пізнання та збереження різноманіття місцевої флори.

2. Репрезентативність – відображення різноманітності трав'яних декоративних багаторічників спонтанної флори урочища Феофанія, Київської агломерації та Лісостепу України.

3. Безперервності декоративного ефекту – досягається поєднанням видів рослин з максимальним естетичним ефектом у період їх квітування та видів рослин з

декоративним ефектом за рахунок різної форми, фактури, будови і забарвлення вегетативних частин.

4. Компактності композиції та дискретності компонентів в ній – забезпечується розмежуванням полікомпонентної композиції на локації і достатнім кількісним представленням кожного компоненту для виразного його сприйняття.

5. Максимальної доступності та інформованості – досягається можливістю ознайомлення з кожним видом рослин у безпосередній близькості на локації, для більшості ароматичних рослин є можливість тактильного сприйняття через їх розташування уздовж мережі доріжок. Інформаційний супровід буде забезпечений через вільний інтернет-доступ до описового та ілюстративного каталогу використаних у проєкті видів рослин.

Висновки і перспективи. 1. Репрезентація окремих елементів природних комплексів у ландшафтному дизайні ППСМ "Феофанія" на основі рослин фонових видів з використанням концепції формування фітоценокомпозицій дозволяє розкрити потенціал декоративних видів флори Київської агломерації та Лісостепу України.

2. Використані у проєкті 86 видів декоративних трав'яних багаторічників спонтанної флори урочища Феофанія, що представляють 63 роди та 34 родини,

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

характеризуються широким спектром біоекологічних ознак, що дає змогу використовувати їх як базовий матеріал при формуванні багаторічних, полікомпонентних, довговегетуючих, стійких, досить декоративних і динамічних ландшафтних композицій. З них 66 % оцінено як високоперспективні для культивування.

3. Створена фітоценокомпозиція може стати логічним і гармонійним доповненням природному середовищу території і водночас виконувати природоохоронну функцію, так як його основу становлять цінні у флористично-созологічному відношенні автохтонні види серед яких майже третина (29,8 %) зазначені в регіональних охоронних списках України і 10 % внесені до МСОП.

Список використаних джерел

1. Атлас трав'яних біотопів України / за заг. ред. д.б.н. А. А. Куземко. Чернівці: Друк Арт, 2022. 244 с.

2. Бутило М. Д., Дениско С. І., Дениско І. Л. Лікарські рослини Лісостепу України, їх раціональне використання і збереження: монографія. Умань: Уманське комунальне видавничо-поліграфічне підприємство, 2008. 688 с.

3. Былов В. Н. Основы сравнительной сортооценки декоративных растений. Интродукция и селекция цветочно-декоративных растений. М.: Наука, 1978. С. 7–31.

4. Власенко А.С., Попович С.Ю. Заповідні дендросозоекзоти Степу України: монографія. К.: «ЦП «Компринт», 2016. 128 с.

5. Говорун В. Д. Лікарські рослини Хмельниччини. Біологічний довідник.

4. Створені фітоценокомпозиції можуть послужити моделлю для експериментального вивчення взаємодії природних видів рослин у штучному рослинному угрупованні, динаміки його видового складу та загальної декоративності за умовами мінімальних агротехнічних заходів.

5. Більшість видів у фітоценокомпозиції крім декоративності мають ресурсну значущість для низки галузей народного господарства серед них лікарські (69 % асортименту), медоносні (44,7 %), кормові (32 %), технічні (18,1 %), харчові (16 %), тому їх використання сприяє естетичному вихованню та несе демонстраційно-просвітницьке навантаження задля активного сприйняття природи як частини унікальної української спадщини.

Хмельницький: Видавець ФОП Мельник А. А., 2020. 156 с.

6. Гончаренко І. В., Ігнатюк О. А., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Лісова рослинність урочища Феофанія та її антропогенна трансформація. *Екологія і ноосферологія*. 2013. 24(3–4). С. 51–63.

7. Гречишкіна Ю. В. Класичні місцезнаходження таксонів флори України, описаних з території м. Києва, та їх охорона. *Укр. ботан. журн.* 2010. Т. 67. № 4. С. 514–526.

<http://dspace.nbuiv.gov.ua/handle/123456789/30193>

8. Ефимов В. В., Иванов В. А., Анисимов А. Е. Численное моделирование изменения климата Украины в XXI веке. *Доповіді НАН України*. 2011. № 3. С. 100–107.

9. Ковтонюк А. Спонтанна флора у садово-паркових ландшафтах. Екологічний дизайн міського середовища: проблеми,

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

здобутки та перспективи: тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції присвяченій 125 - річчю НУБіП України (м. Київ, 23 березня 2023 року). К., Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2023. С. 31.

10. Комендар В. І. Лікарські рослини Карпат. Дикорослі та культурні. Третє видання, доповнене і перероблене. Ужгород: Мистецька Лінія, 2007. 504 с.

11. Краснов В. П., Орлов О. О., Ведмідь М. М. Атлас рослин-індикаторів і типів лісорослинних умов Українського Полісся: монографія / під ред. д. с.-г. н. проф. В. П. Краснова. Новоград-Волинський: Видавництво «НОВОград», 2009. 488 с.

12. Крохмаль І. І. Еколого-біологічні детермінанти успішності інтродукції трав'янистих багаторічників в степовій зоні України: автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.05-ботаніка / НБС ім. М. М. Гришка НАН України. К., 2016. 52 с.

13. Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Пірко І. Ф., Крилов Я. І., Ткаченко І. В. Урізноманітнення елементів ландшафтного дизайну парку «Феофанія» з використанням видів природної флори. *Екологічний дизайн міського середовища: проблеми, здобутки та перспективи: тези доповідей V міжнародної науково-практичної конференції присвяченій 125 - річчю НУБіП України (м. Київ, 23 березня 2023 року)*. К.: редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2023. С. 41–42. <https://nubip.edu.ua/node/52802>

14. Мінарченко В. М. Лікарські судинні рослини України (медичне та ресурсне значення). К.: Фітосоціоцентр, 2005. 324 с.

15. Мінарченко В. М. Ресурси лікарських рослин України: диференціація, динаміка, стратегія оптимізації використання та збереження: автореф. дис. ... д-ра біол. наук. 03.00.05 / Ін-т ботаніки ім. М. М. Холодного НАН України. К., 2012. 36 с.

16. Мінарченко В. М., Тимченко І. А. Атлас лікарських рослин України (хорологія, ресурси та охорона). К.: Фітосоціоцентр, 2002. 172 с.

17. Музичук Г. М., Перебойчук О. П. Морфологічні та екологічні особливості, перспективи інтродукції і дослідження квітничково-декоративних рослин роду *Anemone L.* в умовах Полісся і Лісостепу України. *Інтродукція рослин*. 2013. № 1. С. 62–73.

18. Определитель высших растений Украины / АН УССР; Ин-т ботаники им. Н. П. Холодного; ред. Ю. Н. Прокудин и др. К.: Наукова думка, 1987. 548 с.: ил.

19. Остапко В. М., Кунець Н. Ю. Шкала оценок декоративности петрофитных видов флоры юго-востока Украины. *Інтродукція рослин*. 2009. № 1. С. 18–22.

20. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання) / Укладачі: докт. біол. наук, проф. Т. Л. Андрієнко, канд. біол. наук М. М. Перегрим. К.: Алтерпрес, 2012. 148 с.

21. Паламарчук Л. В., Гнатюк Н. В., Краковська С. В., Шедаменко І. П., Дюкель Г. О. Сезонні зміни клімату в Україні в ХХІ. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2010. Вип. 259. С. 104–120.

22. Повний атлас лікарських рослин / уклад. І. С. Алексєєв. Донецьк: Глорія Трейд, 2013. 398 с. <http://irbisnbuv.gov.ua/ulib/item/ukr0000012996>

23. Попович С. Ю., Власенко А. С., Вакаренко О. В. Конспект декоративних фітоавтохтонів України: монографія. К.: «ЦП «Компринт», 2018. 267 с.

24. Радченко В. Г., Бурда Р. І., Пашкевич Н. А., Конякін С. М., Крахмальний О. Ф., Гапонова Л. П., Матяшук Р. К., Шупова Т. В., Дубровський Ю. В. Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва Феофанія – осередок біотичного різноманіття урбаноекосистеми Києва. *Екологічні науки*. Науково-практичний журнал. 2019. 2 (25). 138–146. <http://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2019/2/24.pdf>

25. Решетюк О. В., Терлецький В. К., Філіпенко А. Б. Лікарські рослини Полісся з основами фітотерапії. Луцьк : Твердиня, 2011. 192 с.

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

26. Рожковский Л. В., Деревинская Т. И., Шевченко И. М., Физор Н. С. Ресурсоведение лекарственных растений: учеб. пособие. Одесса: ОН МедУ, 2012. 108 с.
27. Соловей Д. С. Особливості планування садів «нової хвилі» Піта Удольфа. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25 (2). С. 85–89.
28. Стійкість інтродукованих та рідкісних рослин за умов кліматичних змін в Україні: монографія / Д. Б. Рахметов, Н. В. Заіменко, М. Б. Гапоненко та ін. К.: Видавництво Ліра-К, 2022. 326 с.
29. Червона книга України. Рослинний світ / М-во охорони навколиш. природ. середовища України, Нац. акад. наук України; за ред. Я. П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
30. Шерстюк М. Ю., Попович С. Ю. Декоративні властивості автохтонних дендрософітів природно-заповідних територій Лівобережного Полісся України. *Вісник Запорізького національного університету*. Біологічні науки. 2017. № 1. С. 28–37.
31. Яворська О. Г., Мосякін С. Л. Адвентивна фракція синантропної флори Київської агломерації. *Наукові записки НаУКМА*. Біологія та екологія. 2001. Т. 19. С. 55–68. <https://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/8914>
32. Якубенко Б. Є. Природні кормові угіддя Лісостепу України: флора, рослинність, динаміка, оптимізація: автореф. дис. ... д-ра. біол. наук: К., 2007. 47 с.
33. Якубенко Б. Є., Попович С. Ю., Устименко П. М., Дубина Д. В., Чурілов А. М. Геоботаніка: методичні аспекти досліджень. Навчальний посібник / Національний університет біоресурсів і природокористування України; Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного /– К.: Ліра К, 2017. 368 с.
34. Bretzel F., Vannucchi F., Romano D., Malorgio F., Benvenuti S., & Pezzarossa V. (2016). Wildflowers: from conserving biodiversity to urban greening – a review. *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol. 20. P. 428–436.
35. Hitchmough J. (2017). *Sowing Beauty: Designing Flowering Meadows from Seed*. Timber Press Incorporated. 364 p.
36. Henk Gerritsen (2008). *Essay On Gardening*. Architectura & Natura. 396 p.
37. Koniakin S., & Gubar L. (2022). Spontaneous flora of the local landscape Feofaniya (Kyiv, Ukraine). *Plant Introduction*, 93/94. P. 46–61.
38. Matyashuk R. K., Gubar L. M., & Pirko I. F. (2021). Essay on the prospects for the use of decorative perennials of the spontaneous flora of the local landscape Feofaniya. *Plant Introduction*, 91/92. P. 54–63.
39. Matyashuk R., Gubar L., & Tkachenko I. (2023). Spontaneous distribution of introducers as an example the landscape art park-monument 'Feofaniya' / *Joint ESENIAS and DIAS Scientific Conference 2023 and 12th ESENIAS Workshop 'Globalisation and invasive alien species in the Black Sea and Mediterranean regions – management challenges and regional cooperation*, 11-14 October 2023, Varna, Bulgaria, IBER-BAS, ESENIAS, DIAS, P. 96.
40. Mosyakin S. L., & Fedoronchuk M. M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kiev: M. G. Kholodny Institute of Botany, 346 p.
41. Oudolf P., Gerritsen H. *Planting the Natural Garden*. Portland: Timber Press Incorporated, 2008. 144 p.
42. Sherstiuk, M., Skliar, V., Skliar, Y. L., & He, S. (2019). Integrated population analysis as a direction of the modern biological and ecological researches. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, (3(37)). 61–67. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.3.10>
43. Tredici P. (2014). The Flora of the Future. Celebrating the Botanical Diversity of Cities. *Places Journal*. DOI.org/10.22269/140417.

References:

1. Kuzemko, A. A. (Ed.). (2022). *Atlas trav'ianykh biotopiv Ukrainy*. Chernivtsi.
2. Butylo, M. D., Denysko, S. I., & Denysko, I. L. (2008). *Likarski roslyny Lisostepu Ukrainy, yikh ratsionalne vykorystannia i zberezhennia: monohrafiia*. Uman: Umanske komunalne vydavnycho-polihrafichne pidpriemstvo.

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

3. Bylov, V. N. (1978). *Osnovy sravnitel'noy sortoocenki dekorativnykh rasteniy. Introdukciya i selekciya cvetochno-dekorativnykh rasteniy*. M.: Nauka.
4. Vlasenko, A.S., & Popovych, S.Yu. (2016). *Zapovidni dendrosozozkzoty Stepu Ukrainy: monohrafiia*. K.: «TsP «Kompynt».
5. Hovorun, V. D. (2020). *Likarski roslyny Khmelnychchyny. Biolohichni dovidnyk*. Khmelnytskyi: Vydavets FOP Melnyk A. A.
6. Honcharenko, I. V., Ihnatiuk, O. A., & Sheliakh-Sosonko, Yu. R. (2013). *Lisova roslynnist urochyscha Feofaniia ta yii antropohenna transformatsiia. Ekolohiia i noosferolohiia*. 24(3–4). 51–63.
7. Hrechyshkina, Yu. V. (2010). *Klasychni mistseznakhodzhennia taksoniv flory Ukrainy, opysanykh z terytorii m. Kyieva, ta yikh okhorona. Ukr. botan. zhurn*, T. 67. № 4. 514–526. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/30193>
8. Efimov, V. V., Ivanov, V. A., & Anisimov, A. E. (2011). *Chislennoe modelirovanie izmeneniya klimata Ukrainy v XXI veke. Dopovidi NAN Ukrainy*, № 3. 100–107.
9. Kovteniuk, A. (2023). *Spontanna flora u sadovo-parkovykh landshaftakh. Ekolohichni dyzain miskoho seredovyscha: problemy, zdobutky ta perspektyvy: tezy dopovidei V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii prysviachenii 125 - richchii NUBiP Ukrainy* (p.31). Kyiv: Redaktsiino-vydavnychi viddil NUBiP Ukrainy.
10. Komendar, V. I. (2007). *Likarski roslyny Karpat. Dykorosli ta kulturni. Tretie vydannia, dopovnene i pereroblene. Uzhhorod: Mystetska Liniia*.
11. Krasnov, V. P., Orlov, O. O., & Vedmid, M. M. (2009). *Atlas roslyn-indykatoriv i typiv lisoroslynnykh umov Ukrainskoho Polissia: monohrafiia*. Novohrad-Volynskiy: Vydavnytstvo «NOVOhrad».
12. Krokmal, I. I. (2016). *Ekoloho-biolohichni determinanty uspishnosti introduktsii trav'ianystrykh bahatorichnykiv v stepovii zoni Ukrainy* (Doctoral thesis, The M. M. Hryshko National Botanical Garden of the NAN Ukraine, Kyiv, Ukraine).
13. Matiashuk, R. K., Hubar, L. M., Pirko, I. F., Krylov, Ya. I., & Tkachenko, I. V. (2023). *Uriznomanitnennia elementiv landshaftnoho dyzainu parku «Feofaniia» z vykorystanniam vydiv pryrodnoi flory. Ekolohichni dyzain miskoho seredovyscha: problemy, zdobutky ta perspektyvy: tezy dopovidei V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii prysviachenii 125 - richchii NUBiP Ukrainy* (pp. 41–42). Kyiv: Redaktsiino-vydavnychi viddil NUBiP Ukrainy.
14. Minarchenko, V. M. (2005). *Likarski sudynni roslyny Ukrainy (medychne ta resursne znachennia)*. K.: Fitosotsiotsentr.
15. Minarchenko, V. M. (2012). *Resursy likarskykh roslyn Ukrainy: dyferentsiatsiia, dynamika, stratehiia optymizatsii vykorystannia ta zberezhennia*: (Doctoral thesis, In-t botaniky im. M. M. Kholodnoho NAN Ukrainy, Kyiv, Ukraine).
16. Minarchenko, V. M., & Tymchenko, I. A. (2002). *Atlas likarskykh roslyn Ukrainy (khorolohiia, resursy ta okhorona)*. K.: Fitosotsiotsentr.
17. Muzychuk, H. M., & Pereboichuk, O. P. (2013). *Morfolohichni ta ekolohichni osoblyvosti, perspektyvy introduktsii i doslidzhennia kvitnykovo-dekoratyvnykh roslyn rodu Anemone L. v umovakh Polissia i Lisostepu Ukrainy. Introduktsiia roslyn*, № 1. 62–73.
18. Prokudin, Yu. N. et al. (Eds.). (1987). *Opredelitel vysshih rasteniy Ukrainy*. K.: Naukova dumka.
19. Ostapko, V. M., & Kunec, N. Yu. (2009). *Shkala ocenki dekorativnosti petrofitnykh vidov flory yugo-vostoka Ukrainy. Introduktsiia roslyn*, No 1. 18–22.
20. Andriienko, T. L., & Perehrym M. M. (Eds.). (2012). *Ofitsiini pereliky rehionalno ridkisykh roslyn administratyvnykh terytorii Ukrainy*. K.: Alterpres.
21. Palamarchuk, L. V., Hnatiuk, N. V., Krakovska, S. V., Shedamenko, I. P., & Diukel, H. O. (2010). *Sezonni zminy klimatu v Ukraini v XXI. Naukovi pratsi Ukrainskoho naukovo-doslidnoho hidrometeorolohichnoho instytutu*, 259. 104–120.
22. Aleksieiev, I. S. (Ed.). (2013). *Povnyi atlas likarskykh roslyn*. Donetsk: Hloriia Treid. <http://irbisnbuv.gov.ua/ulib/item/ukr0000012996>

Матяшук Р. К., Губарь Л. М., Крилов Я. І., Пірко І. Ф., Ткаченко І. В.

23. Popovych, S. Yu., Vlasenko, A. S., & Vakarenko, O. V. (2018). *Konspekt dekoratyvnykh fitoavtokhtoniv Ukrainy*. K.: «TsP «Komprynt».
24. Radchenko, V. H., Burda, R. I., Pashkevych, N. A., Koniakin, S. M., Krakhmalnyi, O. F., Haponova, L. P., Matiashuk, R. K., Shupova, T. V., & Dubrovskiy, Yu. V. (2019). Park-pam'iatka sadovo-parkovoho mystetstva Feofaniia – oseredok biotychnoho riznomanittia urbanoekosystemy Kyieva. *Ekolohichni nauky. Naukovo-praktychnyi zhurnal*. 2 (25). 138–146.
<http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/2/24.pdf>
25. Reshetiuk, O. V., Terlets'kyi, V. K., & Filipenko, A. B. (2011). *Likarski roslyny Polissia z osnovamy fitoterapii*. Lutsk : Tverdynia.
26. Rozhkovskiy, L. V., Derevynskaia, T. Y., Shevchenko, Y. M., & Fyzor, N. S. (2012). *Resursovedenye lekarstvennykh rastenyi*. Odessa: ON MedU.
27. Solovei, D. S. (2015). Osoblyvosti planuvannia sadiv «novoi khvyli» Pita Udolfa. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 25(2). 85–89.
28. Rakhmetov, D. B., Zaimenko, N. V., & Haponenko, M. B. et al. (Eds.). (2022). *Stiikist introdukovanykh ta ridkisnykh roslyn za umov klimatychnykh zmin v Ukraini*. K.: Vydavnytstvo Lira-K.
29. Didukh, Ya. P. (Ed.). (2009). *Chervona knyha Ukrainy. Roslynniyi svit*. K.: Hlobalkonsal'tynh.
30. Sherstiuk, M. Yu., & Popovych, S. Yu. (2017). Dekoratyvni vlastyvoli avtokhtonnykh dendrosozofitiv pryrodno-zapovidnykh terytorii Livoberezhnoho Polissia Ukrainy. *Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu. Biolohichni nauky*, 1. 28–37.
31. Yavors'zka, O. H., & Mosiakin, S. L. (2001). Adventyvna fraktsiia synantropnoi flory Kyivskoi ahlomeratsii. *Naukovi zapysky NaUKMA. Biolohiia ta ekolohiia*, 19. 55–68.
<https://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/8914>
32. Yakubenko, B. Ye. (2007). *Pryrodni kormovi uhiddia Lisostepu Ukrainy: flora, roslynnist, dynamika, optymizatsiia*. (Doctoral thesis, The M. M. Hryshko National Botanical Garden of the NAN Ukraine, Kyiv, Ukraine).
33. Yakubenko, B. Ye., Popovych, S. Yu., Ustymenko, P. M., Dubyna, D. V., & Churilov, A. M. (2017). *Heobotanika: metodychni aspekty doslidzhen. Navchalnyi posibnyk*. K.: Lira K.
34. Bretzel, F., Vannucchi, F., Romano, D., Malorgio, F., & Benvenuti, S., Pezzarossa B. (2016). Wildflowers: from conserving biodiversity to urban greening – a review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20. 428–436.
35. Hitchmough, J. (2017). *Sowing Beauty: Designing Flowering Meadows from Seed*. Timber Press Incorporated.
36. Henk, Gerritsen. (2008). Essay On Gardening. *Architectura & Natura*.
37. Koniakin, S., & Gubar, L. (2022). Spontaneous flora of the local landscape Feofaniya (Kyiv, Ukraine). *Plant Introduction*, 93/94. 46–61.
38. Matyashuk, R. K., Gubar, L. M., & Pirko, I. F. (2021). Essay on the prospects for the use of decorative perennials of the spontaneous flora of the local landscape Feofaniya. *Plant Introduction*, 91/92. 54–63.
39. Matyashuk, R., Gubar, L., & Tkachenko, I. (2023). Spontaneous distribution of introducers as an example the landscape art park-monument 'Feofaniya'. *Joint ESENIAS and DIAS Scientific Conference 2023 and 12th ESENIAS Workshop 'Globalisation and invasive alien species in the Black Sea and Mediterranean regions – management challenges and regional cooperation* (p. 96). Varna: Bulgaria.
40. Mosyakin, S. L., & Fedoronchuk, M. M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kiev: M. G. Kholodny Institute of Botany.
41. Oudolf, P., & Gerritsen, H. (2008). *Planting the Natural Garden*. Portland: Timber Press Incorporated.
42. Sherstiuk, M., Skliar, V., Skliar, Y. L., & He, S. (2019). Integrated population analysis as a direction of the modern biological and ecological researches. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, (3(37)), 61–67.
<https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.3.10>
43. Tredici, P. (2014). The Flora of the Future. Celebrating the Botanical Diversity of

REPRESENTATIVENESS OF HERBAL PERENNIAL PHYTOAUTOCHTHONIES IN THE LANDSCAPE PHYTOCENOSIS DESIGN OF THE LANDSCAPE ART PARK-MONUMENT «FEOFANIYA»

R. K. Matyashuk, L. M. Gubar, Y. I. Krylov, I. F. Pirko, I. V. Tkachenko

Abstract. A floristic analysis of the fraction of decorative perennials of the spontaneous flora of the Feofania tract was carried out. 86 species of plants, belonging to 63 genera from 34 families, were selected for the formation of landscape phytocenosis compositions in a natural style. This species composition is quite representative according to taxonomic, ecological, phytocenotic, biomorphological and phenorhythmic criteria. Plant species are ranked by the level of their cultivation potential, 66% of them are recognized as highly promising. More effective types of plant's reproduction in culture have been determined.

A comprehensive analysis of the species composition of plants and elucidation of ecological, phytocenotic and floristic features of park landscapes in the park-monument of landscape art of national significance "Feofaniya" was carried out. An experimental exposition project has been developed that combines natural phytocenoses with phytocenosis compositions formed by species adapted to local ecological conditions. A significant part of these species are phytoautochthonous.

The species composition of the plants of this exposition illustrates the significant environmental protection, demonstration, educational and popularization load. This contributes to the expansion and deepening of knowledge about regional floral diversity as a whole and its individual elements. The formation of landscape phytocenosis compositions on its basis is a very effective means of its preservation.

Many types of plants that have the official status of international and regional ranks of protection at the same time have quite high decorativeness indicators.

The project reflects almost 10 % of plant species that are included in the Red List of the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. A third (29,8 %) of the species are listed in the regional conservation lists of Ukraine. We consider the involvement of these species in the creation of a phytocenosis composition an important element of preserving autochthonous diversity and reducing the share of alien species in modern landscape design. Most types of plants have economic value: medicinal (69 %), honey (44,7 %), fodder (32 %), technical (18,1 %), food (16 %). 20 species of ornamental plants are poisonous to varying degrees. The use of decorative herbal phytoautochthons contributes to aesthetic education and active perception of nature as part of the unique Ukrainian heritage.

Key words: park-monument of landscape art of national significance "Feofaniya", park landscapes, perennials, phytoautochthons, phytocenosis composition, conservation of phytodiversity

**РОЗРОБКА ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРИСТРОЮ ДЛЯ
ТРАНСПОРТУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ****О. Ю. ЗАРІВНИЙ**, аспірант

E-mail: Alex-zar@ukr.net

Ю. О. РОМАСЕВИЧ, доктор технічних наук, професор

E-mail: romasevichyuriy@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.024](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.024)

***Анотація.** У роботі описано процес створення фізичної моделі (прототипу) пристрою для транспортування малогабаритних вантажів, яка дає змогу перевіряти роботу алгоритмів стабілізації та керуванням руху даного класу пристроїв. Розроблено САД-модель пристрою та на її основі проведено збірку фізичної моделі пристрою. На базі мікроконтролера STM32 розроблено систему стабілізації положення пристрою, яка отримує сенсорну інформацію від акселерометра і гіроскопа. Розроблено програмний код опитування та обробки даних з датчиків та керування приводами. Проведені тестові випробування і збір даних при стабілізації положення пристрою. Виконано короткий аналіз даних та вказано перспективи подальших досліджень у даному напрямку.*

***Ключові слова:** двоколісний пристрій, фізична модель, керування рухом, нестійка динамічна система*

Актуальність. Процеси переміщення товарів є характерною рисою сучасного виробництва, сфери послуг та побуту. Для переміщення різного роду товарів застосовуються різні засоби починаючи від великих транспортних машин, закінчуючи пішими кур'єрами та доставкою на велосипедах, роках чи звичайних візках. В умовах складського зберігання товарів у межах закритої території малогабаритний товар транспортують люди у візках або вручну. Ця праця є виснажливою і вона регламентується максимальною масою товару, який переносить робітник за один раз, а також

загальною масою товару, яку він може перенести за зміну. Тому використання пристроїв, які полегшують людську працю також дає змогу зменшити кількість робітників та зменшити рівень їхнього фізичного навантаження.

Крім того, сучасна сфера послуг у великих містах в значній мірі спирається на служби доставки (доставки замовлень, товарів та їжі). Зазвичай цю функцію виконують кур'єри, які переміщуються на велосипедах, скутерах або пішки. В деяких технологічно розвинених країнах для цієї мети вже починають застосовувати літаючі дрони,

Зарівний О. Ю., Ромасевич Ю. О.

чотириколісні роботи та інші засоби. Однак вони мають певні недоліки і обмеження (літаючі дрони неефективні через значну кількість перешкод в місті, а чотириколісні роботи мають малу швидкість пересування та можуть спричинити виникнення небезпечних ситуацій для учасників дорожнього руху).

Запропонований у роботі прототип двоколісного засобу переміщення вантажів може мати переваги в швидкості доставки вантажів, не створюючи при цьому навантаження на транспортну мережу і, можливо, зменшуючи вартість послуг доставки. Тому доцільно було б дослідити можливість використання даного класу засобів переміщення для встановлення перспектив їхнього практичного використання.

Проектування такого пристрою починається із розробки і дослідження прототипу. Однак, вже на цьому етапі виникатиме проблема стабілізації його положення, яка є необхідною умовою його функціонування і представляє предмет даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розглядаючи двоколісні пристрої для переміщення вантажів, можна виділити їх два основні типи: з колесами на одній осі (гіроскутери), чи на різних (самокати, велосипеди, мотоцикли). Обидва ці типи є принципово нестійкими, а це означає, що необхідно застосовувати керування для набуття ними

властивості динамічної стійкості. Це, в свою чергу, викликає необхідність побудови математичної моделі тієї чи іншої механічної системи. Загалом більшість науковців та розробників таких пристроїв у свої дослідженнях використовують перший тип двоколісного пристрою, який відповідає відомій механічній системі «обернений маятник». Наукові роботи по дослідженню задач керування таких систем публікувались ще в минулому сторіччі. Однак, ця проблема є актуальною і до нині. Свідченням цього є значна кількість публікацій за тематикою ідентифікації моделі і синтезу оптимального керуванням руху пристрою типу «обернений маятник». Наприклад, застосування ПД-регулятора з нечіткою логікою [1] для стабілізації положення гіроскутера, яке, однак, не дає змогу досягнути високої якості руху. Зокрема, це стосується значного перерегулювання. Для вирішення цієї задачі, була застосована технологія штучних нейронних мереж [2]. В роботі [2] штучна нейронна мережа була навчена за парадигмою «з підкріпленням» і показала доволі швидке усунення коливань системи під час перехідного процесу. Метод параметризації SDRE [3] та [4], гібридний метод стабілізації GWO [5], пропорційний регулятор [6] – ось далеко не повний перелік застосованих підходів для вирішення цієї задачі.

Зарівний О. Ю., Ромасевич Ю. О.

У цілому можна відмітити спільну рису цих робіт, яка полягає в синтезі математичної моделі засобу переміщення вантажів. Відмінними рисами є механізми стабілізації пристроїв: починаючи від приводних коліс [7, 8], гіроскопів [6], реактивного колеса [9], закінчуючи механізмами, які для стабілізації зміщують центр ваги самого пристрою [10].

Кількість досліджень за тематикою синтезу керування двоколісними засобами переміщення вантажів, в яких колеса знаходяться на різних осях [9], є незначною. В таких роботах [11] розв'язуються задачі виведення математичної моделі складної механічної системи двоколісного роллерсерфа, керування рухом якого здійснюється за допомогою привода повороту рами. Інший приклад вирішення задачі балансування засобу – використання реактивного колеса [9], або двох гіроскопів [12]. Останній підхід дав змогу створити мотоцикл зі стабілізованим положенням [13]. Однак, недоліками реактивних коліс чи гіроскопів є постійне обертання значної маси, що призводить до великих енергозатрат і викликає необхідність збільшення габаритів самих пристроїв.

Проблематика досліджень у цій галузі не обмежується задачами стабілізації (наприклад побудова оптимальної траєкторії на основі комп'ютерного зору [14] або

орієнтування в просторі такого типу пристрою [15]).

Спосіб стабілізації положення динамічної системи, який є необхідною умовою функціонування пристрою для переміщення малогабаритних вантажів, за рахунок зміщення центра ваги зустрічається не часто. Однак, розробка раціональних сфер застосування такого пристрою потребує вивчення його динамічних характеристик. Остання можлива лише із використанням робочого прототипу пристрою. Саме цьому питанню і присвячена дана робота.

Метою роботи є розробка і створення фізичної моделі пристрою, яка дасть змогу виконувати апробацію алгоритмів стабілізації положення пристрою та керувати його рухом.

Методи. Для реалізації концепції пристрою для переміщення малогабаритних вантажів було запропоновано пристрій, який має схожість із конструкцією електросамоката і доповнений механізмом балансування та системою керуванням його рухом.

Першим етапом створення фізичної моделі пристрою є постановка вимог до створення моделі пристрою. Це має бути пристрій з двома колісними рушіями, типу самоката або мотоцикла. У конструкції також має бути передбачено механізм балансування,

Зарівний О. Ю., Ромасевич Ю. О.

що включає необхідні датчики, плату керування та систему живлення.

При розробці концепції пристрою для транспортування малогабаритних вантажів були задані головні вимоги, яким він повинен відповідати:

1) пристрій повинен бути мобільним, двоколісним з двома приводним колесами;

2) повинна забезпечуватись стійкість в повздовжньому напрямку руху, а механізм стабілізації не має містити реактивних коліс, або гіроскопів;

3) номінальна вантажопідйомність пристрою має становити 20 кг;

4) швидкість переміщення вантажу номінальної маси по горизонтальній поверхні складатиме 5 м/с;

5) пристрій повинен долати перешкоди (типу сходинка) вистою до 20 мм.

Наступним етапом у розробці пристрою є підбір комплектуючих та приблизна оцінка розмірів та габаритів пристрою. Факторами, які визначали геометричні параметри пристрою, виступали габаритні розміри необхідних приводів, акумуляторів та електронного обладнання.

Перед виготовленням кріплень та деталей в середовищі Solidworks було розроблено 3D модель установки (рис. 1).

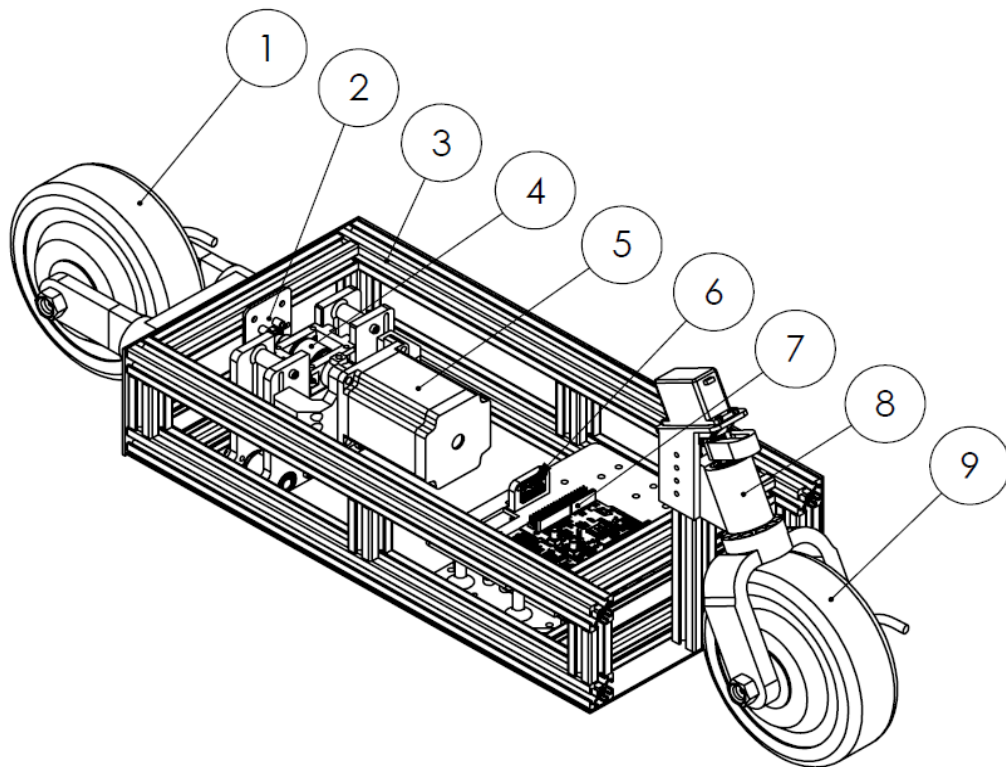


Рис. 1. 3D-модель пристрою для транспортування малогабаритних вантажів: 1) заднє приводне мотор-колесо; 2) датчик повороту заднього колеса; 3) рама пристрою; 4) механізм балансування; 5) кроковий електродвигун; 6) гіроскоп; 7) плата керування; 8) поворотна стійка з механізмом повороту колеса; 9) переднє приводне мотор-колесо

Зарівний О. Ю., Ромасевич Ю. О.

Рама пристрою (рис. 2) виконана з станкового профілю 20x20 мм, її габаритні розміри складають

400x200x80 мм. Передня стійка має висоту 150 мм. Рама закривається алюмінієвим листом товщиною 2 мм.

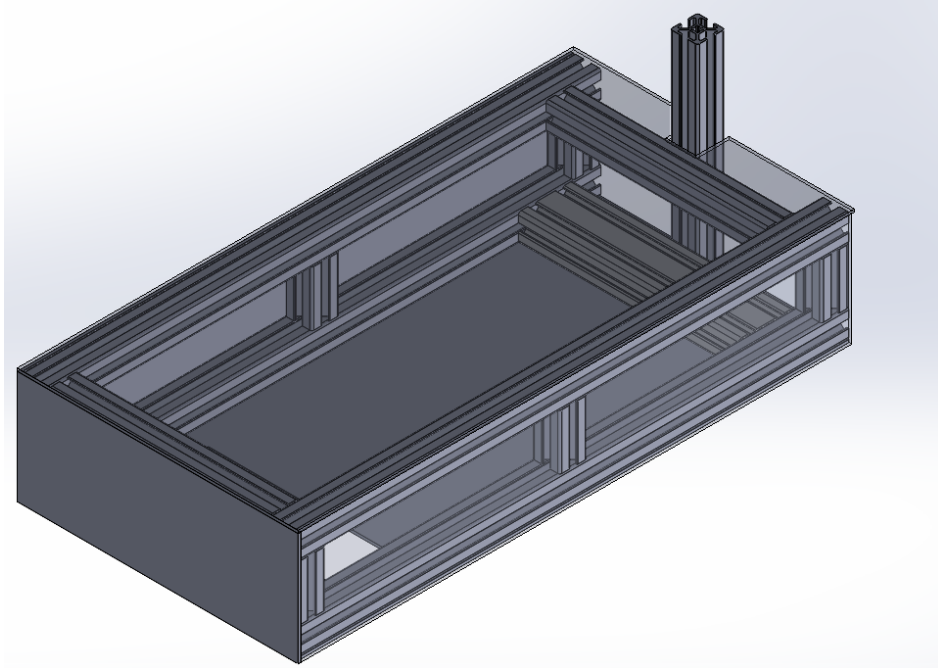


Рис. 2. Модель рами пристрою

На передній стійці знаходиться кріплення переднього колеса (рис. 3) з сервоприводом, який створює рушійним момент 20 кгс·см. Було розроблено і надруковано на 3D-

принтері вилку переднього колеса, корпус стійки підшипників, муфту для з'єднання валу сервопривода та валу переднього колеса.

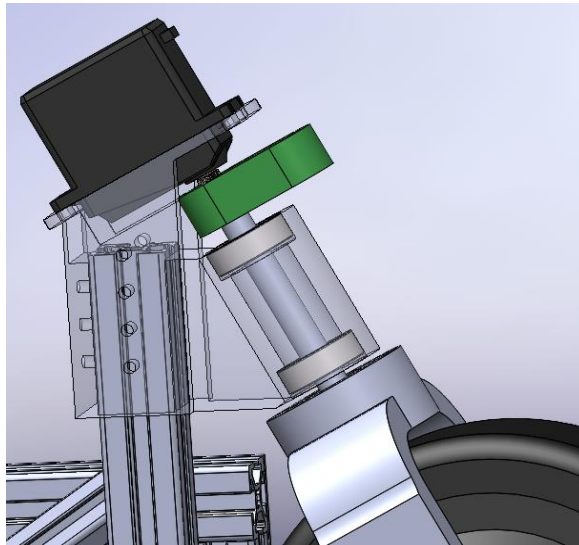


Рис. 3. Модель кріплення переднього колеса та сервопривода

Зарівний О. Ю., Ромасевич Ю. О.

В якості рушіїв пристрою використано мотор-колеса (позиції 1 та 9 на рис. 1) та драйвери керування (для кожного окремий). Їхня номінальна потужність становить 200 Вт, максимальна швидкість 25 км/год, напруга живлення 24 В. Механізм стабілізації пристрою (рис. 4) знаходиться позаду і виконує дві

функції: кріплення заднього колеса і балансування пристрою шляхом зміщення колеса відносно вертикальної осі. Приводом механізму балансування служить двофазний кроковий двигун (позиція 5 на рис. 1) NEMA23 (крок повороту ротора рівний $1,8^\circ$). Ним керує драйвер SH-750.

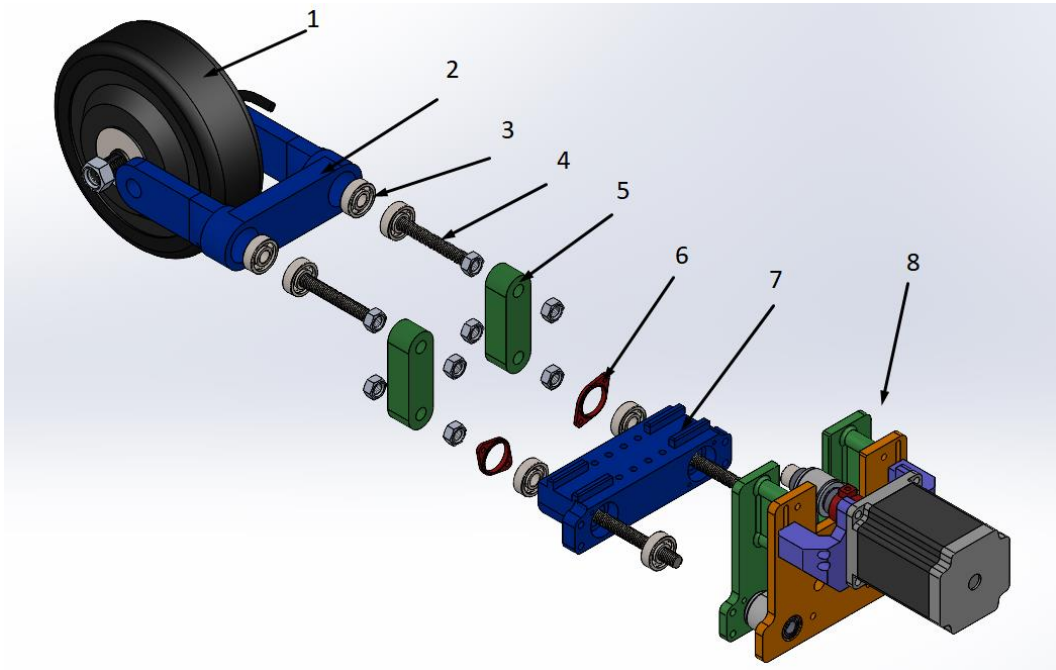


Рис. 4. Модель механізму стабілізації положення пристрою: 1) заднє приводне колесо; 2) вилка заднього колеса 3) підшипники серії 608; 4) шпильки M8x60; 5) кривошип; 6) кришки підшипників; 7) корпус; 8) привід механізму

Заднє колесо 1 кріпиться до вилки 2, в яку запресовано чотири підшипники 3. В них вставлені шпильки 4 і вони зафіксовані гайками M8. До шпильок кріпляться кривошипи 5, вони зафіксовані гайками. Зафіксовані шпильки

M8x100 вільно обертаються в запресованих підшипниках корпуса 7. З іншої сторони до корпуса болтами кріпиться привід механізму стабілізації 8, конструкцію якого представлена на рис. 5.

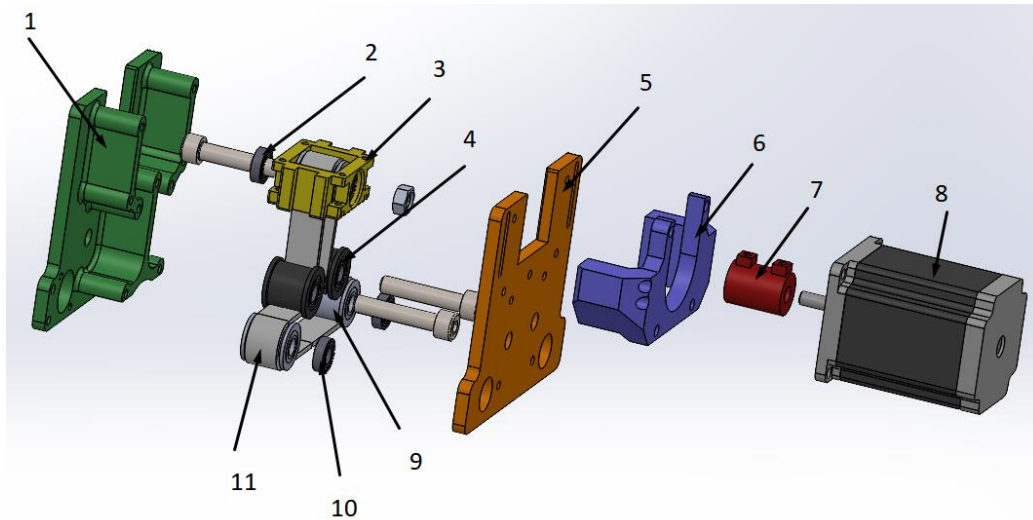


Рис. 5. Модель приводу механізму стабілізації положення пристрою:
 1) корпус приводу; 2) підшипник Z889; 3) рухоме кріплення приводного шківа пасової передачі; 4) пасивні ролики; 5) кришка корпусу приводу; 6) кріплення крокового двигуна; 7) муфта жорстка; 8) кроковий двигун; 9) зубчатий шків; 10) підшипник Z889; 11) пас зубчатий замкнений

Привід механізму стабілізації складається з корпусу 1 та кришки 5, між якими розміщується пасова передача з зубчатим пасом 3М-360 мм. Крутний момент передається від ваду крокового двигуна 8 через жорстку муфту 7 на приводний шків, далі через зубчатий пас на два нижніх шківа 9, які жорстко закріплені на різьбових шпильках і синхронно передають крутний момент на кривошипи. Передаточне співвідношення передачі 1:1. Ролики 4 вільно обертаються на осі і служать для збільшення кута обхвату зубчатих шківів пасом. Натяг ременя здійснюється переміщенням приводного шківа 3, разом з кріпленням крокового двигуна 6.

Живлення пристрою забезпечує літєва акумуляторна

батарея з номінальною напругою 22,5 В ємністю 3,3 А·год, що достатньо для роботи установки протягом більш, ніж години. Для низьковольтних споживачів (сервопривод та плата керування) встановлені понижуючі перетворювачі. Керування рухом організовано на платі розробки Arduino Nucleo F446RE на базі 32-х бітного мікроконтролера STM32 F446RE з частотою роботи ядра до 180 МГц. Виготовлена фізична модель пристрою для транспортування малогабаритних вантажів представлена на рис. 6.

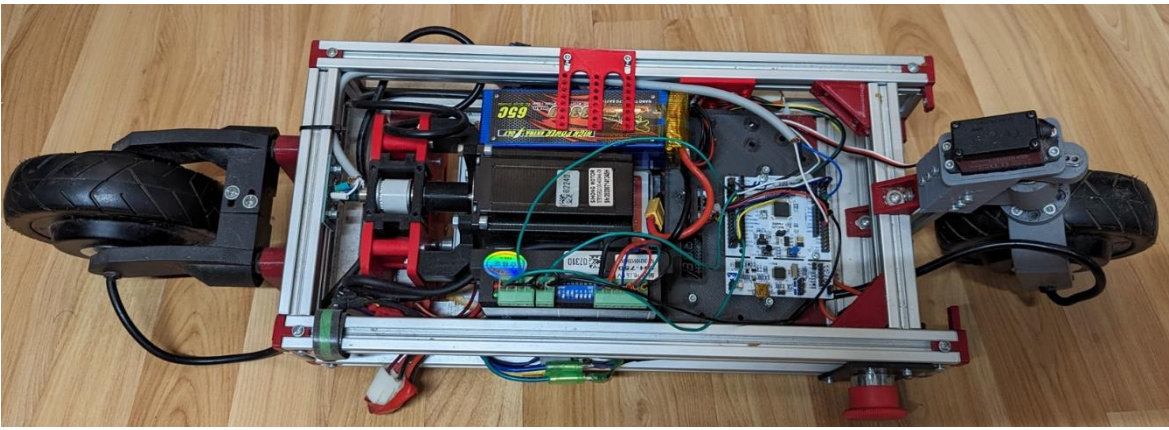


Рис. 6. Зовнішній вигляд фізичної моделі пристрою

Для зчитування фізичних даних щодо процесу стабілізації положення пристрою та керування всіма приводами в середовищі розробки STM32Cube_IDE з використанням стандартної бібліотеки HAL проведено розробку програмної частини. З її допомогою було

написано функції зчитування даних з 9-осьового гіро-акселерометра MPU9250, вимірювання кута α та кутової швидкості нахилу пристрою α' (рис. 7) та резистивного датчика повороту для вимірювання кута нахилу кривошипів β (рис. 7) відносно рами пристрою.

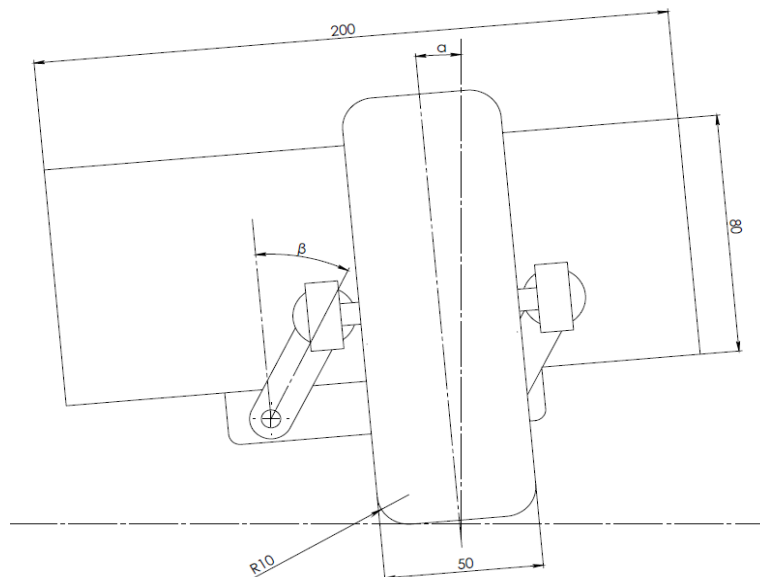


Рис. 7. Позначення кута нахилу пристрою відносно вертикальної осі α та кута відхилення заднього колеса відносно рами пристрою β

Оскільки сигнал, який отримували від модуля MPU9250 щодо кута нахилу пристрою із акселерометра мав сильну шумову

складову, було застосовано комплементарний метод [7] вимірювання кута нахилу пристрою

Зарівний О. Ю., Ромасевич Ю. О.

а. Для цього використано наступний вираз:

$$\alpha_i = K_{gyro}\alpha_{gyro.i} - (1 - K_{gyro})\alpha_{accel.i}, \quad (1)$$

де i – індекс, який вказує на номер циклу вимірювання сигналів; K_{gyro} – коефіцієнт, який визначає вагу впливу даних із гіроскопа ($K_{gyro}=0,985$) при

$$\alpha_{accel.i} = 57,29 \cdot \arcsin(a_{y.i} / g), \quad (2)$$

де $a_{y.i}$ – прискорення пристрою по горизонтальній осі; g – прискорення вільного падіння g у вертикальній осі;

$$\alpha_{gyro.i} = \alpha_{i-1} + (g_{z.i-1} + g_{z.i})/2 \cdot \Delta t, \quad (3)$$

де $g_{z.i-1}$ та $g_{z.i}$ – це попереднє та поточне значення кутової швидкості, які отримані за допомогою гіроскопа; Δt – час між вимірами. На першому циклі вимірів задається $\alpha_0 = 0$.

Нефільтровані дані гіроскопа піддаються фільтрації за допомогою цифрового фільтра біжучого середнього з розмірністю вікна 3.

Для збору даних щодо стабілізації положення пристрою відносно вертикальної осі було використано ПД-регулятор, входом якого служив кут нахилу пристрою α , а виходом – кутова швидкість заднього колеса (кутова швидкість крокового двигуна). Для цього ПД-регулятора було емпірично підбрано значення коефіцієнтів: пропорційної складової 3, а диференційної -3. Саме

визначенні кута α_i ; $\alpha_{accel.i}$ – кут, що отримують за допомогою акселерометра і який знаходиться із використанням наступного виразу:

$\alpha_{gyro.i}$ – кут, що отримують за допомогою гіроскопа і який визначається за наступним виразом:

такі значення дозволили стабілізувати положення пристрою відносно вертикальної осі. Роботу цього регулятора можна розглядати лише як тимчасовий захід, що дозволяє зібрати масив експериментальних даних.

Запис даних було організовано у пакети, кожен з яких містив дискретні значення кута нахилу пристрою α , кутову швидкість нахилу пристрою α' , кута відхилення заднього колеса відносно рами пристрою β , кутової швидкості крокового двигуна і поточний момент часу. Зібрано масив даних, який налічує 8405 елементів, які отримані протягом 30 секунд роботи пристрою. При цьому частота дискретизації вимірів складала 280 Гц.

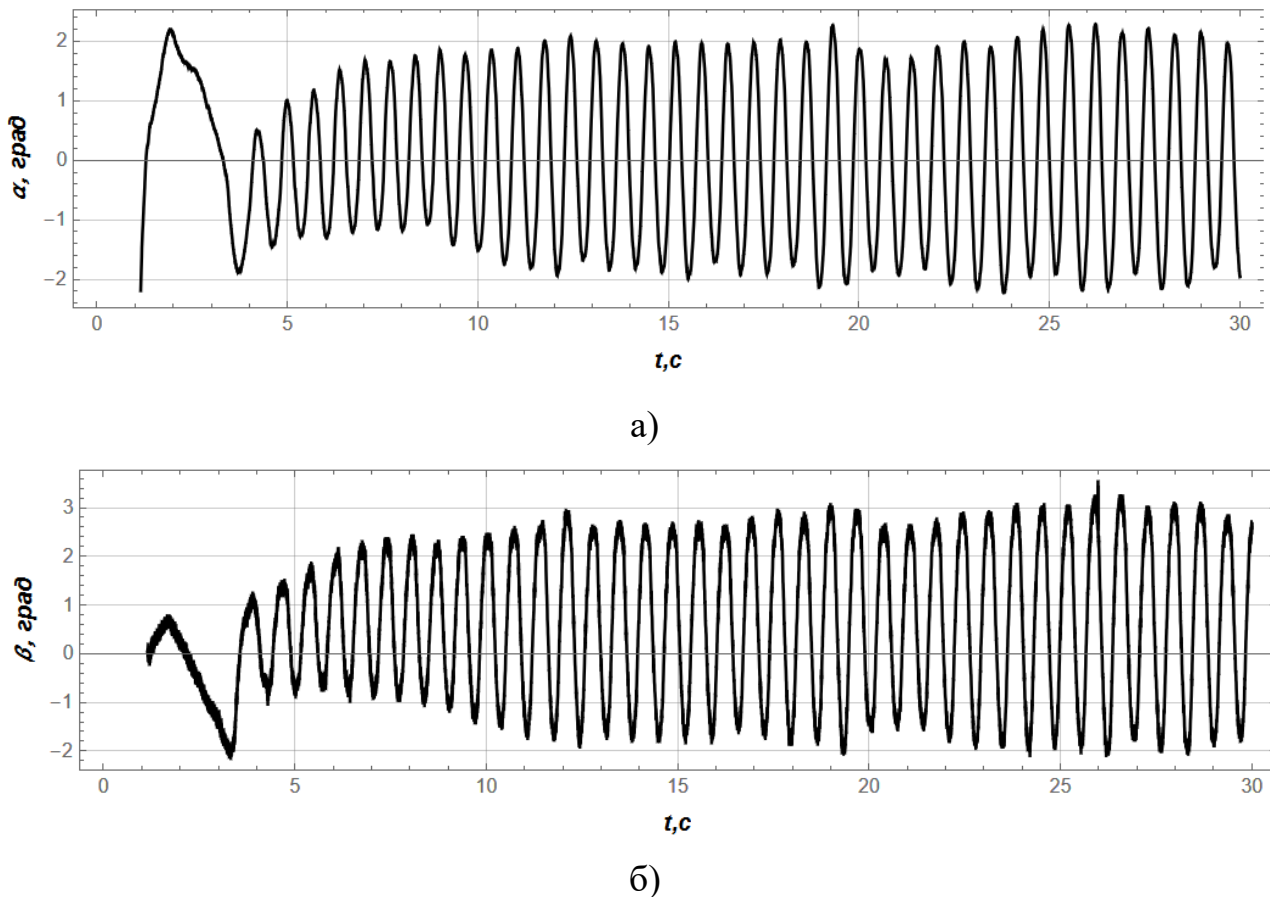


Рис. 8. Експериментальні дані, які відповідають процесу стабілізації роботи пристрою: а) кут нахилу пристрою α ; б) кут відхилення заднього колеса відносно рами пристрою β

Для підтвердження стійкості роботи пристрою проведено серію дослідів, зібрані дані одного з них представлені на рис. 8. З графіку кута нахилу пристрою α (рис. 8, а) видно, що присутні автоколивання пристрою з амплітудою 2 градуси відносно нульового положення. Ці ж коливання видно на графіку кута β , причому його графік знаходиться над нульовим положенням на 0,5 градуса. Це зумовлено дисбалансом в самій конструкції. При розміщенні компонентів центр ваги пристрою трохи зміщений відносно центра його симетрії. Саме це зміщення і

компенсується шляхом попереднього нахилу пристрою.

Висновки і перспективи подальших досліджень:

1. У роботі проведено опис розробки моделі пристрою для транспортування малогабаритних вантажів та створено його фізичну модель. Остання включає механічну: розробка пристрою в програмі моделювання з подальшим виготовленням, електричну: підбір та підключення всіх приводів, живлення пристрою, та електронну частини: це написання програмного коду

Зарівний О. Ю., Ромасевич Ю. О.

опитування керування, та збору даних пристрою.

2. Виконано розробку програмного коду, який дозволив провести збір експериментальних даних щодо стабілізації положення пристрою. Вони вказують на те, що практичні умови його працездатності на практиці будуть витримані. Наприклад, кут відхилення пристрою від вертикалі знаходиться у межах 2 градусів, що відповідає стійкій роботі пристрою, навіть без спеціально розробленого регулятора стійкості пристрою.

Список використаних джерел

1. Chiraz J. B., Seddik, Hassene. Design of a PID optimized neural networks and PD fuzzy logic controllers for a two-wheeled mobile robot. *Asian Journal of Control*. 2021. Vol 23. P. 23-41. doi: 10.1002/asjc.2356.
2. Guo L., Ali S., Rizvi A., Lin Z. Optimal Control of a Two-Wheeled Self-Balancing Robot by Reinforcement Q-learning. 16th International Conference on Control. 2020. P. 1-20. doi: 10.1109/icca51439.2020.9264485.
3. Jeyed A., Ali J. A nonlinear optimal control based on the SDRE technique for the two-wheeled self-balancing robot. *Australian Journal of Mechanical Engineering*. 2020. P. 1–9. doi: 10.1080/14484846.2020.1745733.
4. Li-Gang L., Ming X. Nonlinear Control of Two-Wheeled Robot Based on Novel Analysis and Design of SDRE Scheme. *Transactions on Control Systems Technology*. 2019. P. 1-9. doi: 10.1109/TCST.2019.2899802.
5. Komor D., Roman R., Precup R., David R., Pamfilii I. Models of Two-Wheeled Mobile Robots with Experimental Validation. 14th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics. 2020. P. 211-216. doi: 10.1109/SACI49304.2020.9118823.
6. Faruk Ü. Proportional control moment gyroscope for two-wheeled self-

3. В подальшому на основі зібраного масиву експериментальних даних (розмірності 8405 вимірів, що виконані протягом 30 секунд під час стабілізації положення пристрою) буде створено математичну модель руху пристрою у відносно вертикальній осі за допомогою рекурентних нейронних мереж. Це дасть змогу провести синтез оптимального регулятора стабілізації руху пристрою з подальшою перевіркою його роботи в умовах, що наближені до робочих.

balancing robot. *Journal of Vibration and Control*. 2021. P. 1-9. doi: 10.1177/10775463211009988.

7. Kim S., Kwon S.J. Robust transition control of underactuated two-wheeled self-balancing vehicle with semi-online dynamic trajectory planning. *Mechatronics*, 2020. Vol 68. 102366 doi: 10.1016/j.mechatronics.2020.102366.

8. Flavius-Catalin P., Szeidert I., Ioan F., Vasar C. Two-Wheeled Self-Balancing Robot. 2021. 15th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics. 2021. doi:10.1109/saci51354.2021.9465568.

9. Ngoc K.V., Hong Q. N. Design Low-Order Robust Controller for Self-Balancing Two-Wheel Vehicle. *Hindawi, Mathematical Problems in Engineering*. 2021. P. 1-22. doi: 10.1155/2021/6693807.

10. Zambella G., Monteleone S., Alarcón E., Negrello F., Lentini G., Caporale D., Grioli G., Garabini M., Catalano M., Bicchi A. An Integrated Dynamic Fall Protection and Recovery System for Two-Wheeled Humanoids. *Robotics and Automation Letters*. 2020. Vol. 5, No. 2. P. 2138 – 2145. doi: 10.1109/LRA.2020.2970951.

11. Yisheng G., Zhaoheng Z., Daye C., Tao Z., Haifei Z., Li H. Kinematic Modeling, Analysis, and Verification of an Essboard-Like

Зарівний О. Ю., Ромасевич Ю. О.

Robot. Transactions on Mechatronics. 2021. P. 864-875. doi: 10.1109/TMECH.2020.3009421.

12. Tofigh M.A., Mahjoob M.J., Hanachi M.R., Ayati M. Fractional sliding mode control for an autonomous two-wheeled vehicle equipped with an innovative gyroscopic actuator. Robotics and Autonomous Systems. 2021. 103756. doi: 10.1016/j.robot.2021.103756.

13. Tian D., Tai Y., Ma Z. Control of Different-Axis Two-Wheeled Self-Balancing Vehicles. 2020. 158840. doi: 10.1109/access.2020.3019538.

14. Chih-Hung G., Long-Ping Z., Yu-Hua C. Self-Balancing Two-Wheeled Robot Featuring Intelligent End-to-End Deep Visual-Steering. Transactions on Mechatronics. 2021. P. 1-10. doi: 10.1109/TMECH.2020.3036579.

15. Liu Z., Suo C., Liu Y., Shen Y., Qiao Z., Wei H. Deep Learning-Based Localization and Perception Systems: Approaches for Autonomous Cargo Transportation Vehicles in Large-Scale, Semiclosed Environments. Robotics & Automation Magazine. 2020. P. 1-10. doi: 10.1109/MRA.2020.2977290.

References

1. Chiraz J. B., Seddik, Hassene. (2021). Design of a PID optimized neural networks and PD fuzzy logic controllers for a two-wheeled mobile robot. Asian Journal of Control. Vol 23. P. 23-41. doi: 10.1002/asjc.2356.

2. Guo L., Ali S., Rizvi A., Lin Z. (2020). Optimal Control of a Two-Wheeled Self-Balancing Robot by Reinforcement Q-learning. 16th International Conference on Control & Automation. P. 1-20. doi: 10.1109/icca51439.2020.9264485.

3. Jeyed A., Ali J. (2020). A nonlinear optimal control based on the SDRE technique for the two-wheeled self-balancing robot. Australian Journal of Mechanical Engineering. P. 1-9. doi: 10.1080/14484846.2020.1745733.

4. Li-Gang L., Ming X. (2019). Nonlinear Control of Two-Wheeled Robot Based on Novel Analysis and Design of SDRE Scheme. Transactions on Control Systems Technology. P. 1-9. doi: 10.1109/TCST.2019.2899802.

5. Komor D., Roman R., Precup R., David R., Pamfilii I. (2020). Models of Two-Wheeled Mobile Robots with Experimental

Validation. 14th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics. P. 211-216. doi: 10.1109/SACI49304.2020.9118823.

6. Faruk Ü. (2021). Proportional control moment gyroscope for two-wheeled self-balancing robot. Journal of Vibration and Control. P. 1-9. doi: 10.1177/10775463211009988.

7. Kim S., Kwon S.J. (2020). Robust transition control of underactuated two-wheeled self-balancing vehicle with semi-online dynamic trajectory planning. Mechatronics, Vol 68. 102366 doi: 10.1016/j.mechatronics.2020.102366.

8. Flavius-Catalin P., Szeidert I., Ioan F., Vasar C. (2021). Two-Wheeled Self-Balancing Robot. 2021. 15th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics. doi: 10.1109/saci51354.2021.9465568.

9. Ngoc K.V., Hong Q. N. (2021). Design Low-Order Robust Controller for Self-Balancing Two-Wheel Vehicle. Hindawi, Mathematical Problems in Engineering. P. 1-22. doi: 10.1155/2021/6693807.

10. Zambella G., Monteleone S., Alarcón E., Negrello F., Lentini G., Caporale D., Grioli G., Garabini M., Catalano M., Bicchi A. (2020). An Integrated Dynamic Fall Protection and Recovery System for Two-Wheeled Humanoids. Robotics and Automation Letters. Vol. 5, NO. 2. P. 2138 – 2145. doi: 10.1109/LRA.2020.2970951.

11. Yisheng G., Zhaoheng Z., Daye C., Tao Z., Haifei Z., Li H. (2021). Kinematic Modeling, Analysis, and Verification of an Essboard-Like Robot. Transactions on Mechatronics. 864-875. doi: 10.1109/TMECH.2020.3009421.

12. Tofigh M.A., Mahjoob M.J., Hanachi M.R., Ayati M. (2021). Fractional sliding mode control for an autonomous two-wheeled vehicle equipped with an innovative gyroscopic actuator. Robotics and Autonomous Systems. 103756. doi: 10.1016/j.robot.2021.103756.

13. Tian D., Tai Y., Ma Z. (2020). Control of Different-Axis Two-Wheeled Self-Balancing Vehicles. 158840. doi: 10.1109/access.2020.3019538.

Зарівний О. Ю., Ромасевич Ю. О.

14. Chih-Hung G., Long-Ping Z., Yu-Hua C. (2021). Self-Balancing Two-Wheeled Robot Featuring Intelligent End-to-End Deep Visual-Steering. Transactions on Mechatronics. P. 1-10. doi: 10.1109/TMECH.2020.3036579.

15. Liu Z., Suo C., Liu Y., Shen Y., Qiao Z., Wei H. (2020). Deep Learning-Based

Localization and Perception Systems: Approaches for Autonomous Cargo Transportation Vehicles in Large-Scale, Semiclosed Environments. Robotics & Automation Magazine. P. 1-10. doi: 10.1109/MRA.2020.2977290.

DEVELOPMENT OF A PHYSICAL MODEL OF THE DEVICE FOR TRANSPORTING SMALL LOADS

O.Y. Zarivnyi, Y.O. Romasevich

Abstract. *The work describes the process of creating a physical model (prototype) of a device for transporting small-sized cargoes, which makes it possible to test the operation of stabilization algorithms and motion control of this class of devices. A CAD model of the device has been developed, and the physical model of the device has been assembled on its basis. Based on the STM32 microcontroller, a device position stabilization system was developed that receives sensory information from the accelerometer and gyroscope. For interrogating and processing data from sensors and controlling actuators the program code was developed. Test runs and data collection during the stabilization of the device's position were performed. A brief analysis of the data is performed, and prospects for further research in this area are indicated.*

Key words: *two-wheeled device, physical model, motion control, unstable dynamic system*

**DYNAMIC PROBLEM OF AXISYMMETRIC
OSCILLATIONS OF CYLINDRICAL SHELLS OF VARIABLE THICKNESS
UNDER THE ACTION NON-STATIONARY LOAD**

Yu. A. MEISH, Doctor of Technical Science, Professor

N. V. ARNAUTA, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor

National University of Live and Environmental Sciences of Ukraine

E-mail: arnauta_nata@nubip.edu.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.025](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.025)

Abstract. *Analyzing the publications in which the dynamic problems of cylindrical shells of non-uniform thickness under the action of various types of loading are considered, a conclusion can be drawn that there are practically no works devoted to the dynamic behavior of heterogeneous cylindrical shells under non-stationary loads.*

In this work, the formulation of the dynamic problem of axisymmetric oscillations of a cylindrical shell of variable thickness under the action of non-stationary loading and the algorithm for solving the given problem are considered. In particular, the resulting system of differential equations is based on the theory of Timoshenko-type shells, while constructing a numerical algorithm, the integro-interpolation method of constructing finite-difference schemes for spatial coordinates is used using Richardson approximations and an explicit difference scheme for time. An example of calculating the dynamic behavior of a variable thickness under non-stationary loading is considered and an analysis of numerous results is given.

Keywords : *cylindrical shells, change in thickness, theory of Timoshenko-type shells, forced oscillations, numerical methods*

Problem statement . In this work, the formulation of the problem of the dynamic behavior of cylindrical shells of variable thickness under the action of a non-stationary load is considered. It is assumed that the cylindrical shell, which is not uniform in thickness, is located under due to the internal distributed load, where and are the spatial and temporal coordinates.

When constructing a mathematical model of the process of dynamic deformation of a cylindrical shell of variable thickness, a geometrically and physically linear variant of the theory of shells of the type Timoshenko [1,2, 4, 6].

The equations of the oscillating cylindrical shell have the following form:

$$\frac{\partial T_{11}}{\partial x} = \rho h(x) \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2};$$

$$\frac{\partial T_{13}}{\partial x} - k_2 T_{22} + P_3(x, t) = \rho h(x) \frac{\partial^2 u_3}{\partial t^2}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial M_{11}}{\partial x} - T_{13} = \rho \frac{h^3(x)}{12} \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial t^2}.$$

The ratio of forces - moments with the corresponding magnitudes of deformations have the form :

$$T_{11} = B_{11}(x)(\varepsilon_{11} + \nu_2 \varepsilon_{22}), \quad T_{22} = B_{22}(x)(\varepsilon_{22} + \nu_1 \varepsilon_{11}), \quad T_{13} = B_{13}(x) \varepsilon_{13};$$

$$M_{11} = D_{11}(x)(\kappa_{11} + \nu_2 \kappa_{22}), \quad M_{22} = D_{22}(x)(\kappa_{22} + \nu_1 \kappa_{11});$$

$$B_{11}(x) = \frac{E_1 h(x)}{r \nu_1 \nu_2}, \quad B_{22}(x) = \frac{E_2 h(x)}{r \nu_1 \nu_2}, \quad B_{13}(x) = G_{13}(x) h(x); \quad (2)$$

$$D_{11}(x) = \frac{E_1 h^3(x)}{12(1 - \nu_1 \nu_2)}, \quad D_{22}(x) = \frac{E_2 h^3(x)}{12(1 - \nu_1 \nu_2)}.$$

Deformation relations are represented by the following formulas :

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x}, \quad \varepsilon_{22} = k_2 u_3, \quad \varepsilon_{13} = \varphi_1 + \frac{\partial u_3}{\partial x}, \quad \kappa_{11} = \frac{\partial \varphi_1}{\partial x}. \quad (3)$$

In formulas (1)–(3) $u_1(x, t)$, $u_3(x, t)$, $\varphi_1(x, t)$ – components of the generalized vector moved to the middle surface of the shell ; $h(x)$ – variable shell thickness ; ρ – density of the shell material ; E_1 , E_2 , G_{13} , ν_1 , ν_2 – physical and

$$h(x) = h(x_0) + [h(x_N) - h(x_0)] \frac{x}{L}, \quad (4)$$

$$x_N - x_0 = L, \quad x_0 \leq x \leq x_N.$$

Oscillating equations (1)–(3) are supplemented by the corresponding boundary and initial conditions. In the

$$u_1 = u_3 = \varphi_1 = 0. \quad (5)$$

initial conditions at $t = 0$ have the form

$$u_1 = u_3 = \varphi_1 = 0, \quad \frac{\partial u_1}{\partial t} = \frac{\partial u_3}{\partial t} = \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} = 0. \quad (6)$$

Numerical algorithm for solving the problem . Numerical algorithm for solving the initial-boundary problem (1)–(6) based on the application of the integro-

mechanical parameters of the shell material.

To calculate the stiffness characteristics of the shell thickness h is defined as a linear function of coordinates x :

case of severe pinching of the ends shells at $x = x_0$ and $x = x_N$ boundary conditions have the form

interpolation method of constructing difference relations along the spatial coordinate and explicit approximation along the time coordinate t [5].

Мейш Ю. А., Арнаута Н. В.

To build more efficient algorithms, an approach based on finding approximate Richardson solutions is used

$$\tilde{U}_{1(\Delta s)}^n = \frac{4}{3} \bar{U}_{1(\Delta s/2)}^n - \frac{1}{3} \bar{U}_{1(\Delta s)}^n, \quad (7)$$

where $\bar{U}_{1(\Delta s/2)}^n$ і $\bar{U}_{1(\Delta s)}^n$ - numerical solutions of vibration equations, respectively, with discrete steps along the spatial coordinate $\Delta s/2$ і Δs , $s = A_1 \alpha_1$.

It is not difficult to show that the difference equations (4) approximate the original oscillation equations (2) in a smooth region with the fourth order of accuracy in the coordinate x .

$$R_0 = 0,3 \text{ м}; L = 0,4 \text{ м}; h(x_0) = 10^{-2} \text{ м}; h(x_N) = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}; E = 7 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \nu = 0,3.$$

Non-stationary impulse loading was set in the form

$$P_3(x, t) = A \cdot \sin \frac{\pi t}{T} [\eta(t) - \eta(t - T)],$$

where A – loading amplitude; T – load duration. It was supposed in the calculations $A = 10^6 \text{ Па}$; $T = 50 \cdot 10^{-6} \text{ с}$.

Calculations of the dynamic behavior of a cylindrical shell of constant thickness, the mass of which coincides with the mass of the initial cylindrical shell of variable thickness with the above parameters.

Numerical calculations were carried out on a time interval $0 \leq t \leq 40T$. In fig .1

[3, 4, 6]. To build more efficient algorithms, an approach based on finding approximate Richardson solutions is used

Numerical results. As an example, the problem of the dynamic behavior of a cylindrical shell of variable thickness with rigidly clamped ends under the action of a normal distributed load was considered $P_3(x, t)$. Boundary and initial conditions were adopted according to formulas (5), (6). The law of thickness change was adopted according to (4). The isotropic cylindrical shell was considered with the following parameters:

the dependences of movement are given u_3 by spatial coordinate x at the moment of time $t = 8,5T$ (time to reach the maximum value of the value u_3 on the investigated time interval). The curve with an index of 1 corresponds to the case of a cylindrical shell of variable thickness, with an index of 2 – a cylindrical shell of constant thickness. In the future, we will adhere to the indicated designations.

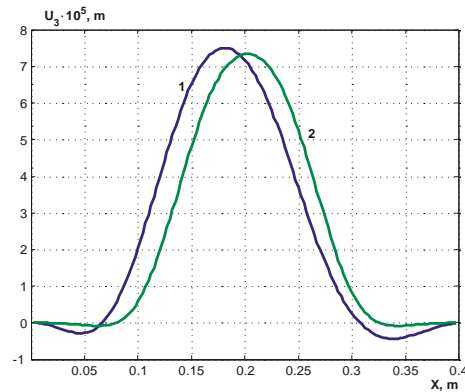


Fig.1 – Dependence of movement u_3 spatially coordinates x at a moment in time

$t = 8,5T$

In fig. 2 shows the dependence of the magnitude ε_{22} by spatial coordinate x at a moment in time $t = 8,5T$.

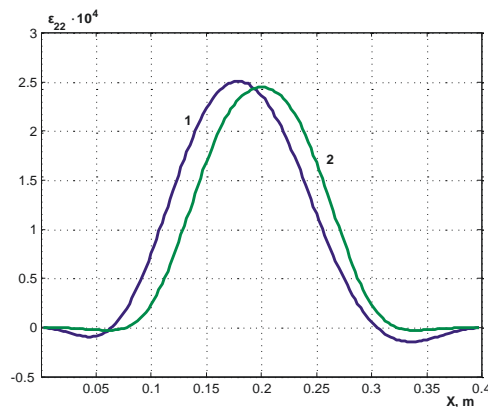


Fig. 2 – Dependence of deformation ε_{22} spatially coordinates x at a moment in time $t = 8,5T$

Based on the first two figures, it is possible to divide the studied area by spatial coordinate x into three subregions:

$$0 \leq x \leq \frac{3}{8}L, \quad \frac{3}{8}L \leq x \leq \frac{5}{8}L \quad \text{и} \quad \frac{5}{8}L \leq x \leq L.$$

In the first subregion $0 \leq x \leq \frac{3}{8}L$ (the thickness of the non-uniform cylindrical shell is less than the thickness of the shell with a constant thickness) an increase in the values of the investigated values is observed $u_3, \varepsilon_{22}, \sigma_{22}$ shells with a variable

thickness compared to the corresponding values of the shell with a constant thickness by 10% - 30%. In the third subregion $\frac{5}{8}L \leq x \leq L$ the opposite pattern is observed (the thickness of the non-uniform cylindrical shell is greater than the

Мейш Ю. А., Арнаута Н. В.

thickness of the shell with constant thickness) - the values of the investigated values u_3 , ε_{22} , σ_{22} shells with a constant thickness prevail over the corresponding values of the values of the inhomogeneous cylindrical shell.

Conclusions. The paper presents the formulation of the problem of forced

References

1. Meish V. F., Meish Yu. A., and Kornienko V. F. (2021). Dynamics of three-layer shells of different geometry with piecewise-homogeneous core under distributed loads. *International Applied Mechanics*. Vol. 57, № 6,
2. Lugovoi P.Z., Meish V.F., Meish Yu.A., Orlenko S.P. (2020). Dynamic Design of Compound Shell Structures of Revolution under Nonstationary Loads. *International Applied Mechanics*. Vol 56, № 1.
3. Meysh V. F., Meish Y. A., Arnauta N.V. (2019) Numerical Analysis of Nonstationary Vibrations of Discretely Reinforced Multilayer Shells of Different

axisymmetric oscillations of cylindrical shells of variable thickness under the action of a non-stationary load. A numerical algorithm for solving this class of problems has been developed. The results are presented and a quantitative and qualitative analysis of the obtained data is carried out.

Geometry .International Applied Mechanics. 2019. Vol. 55. - №4.

4. Arnauta, N., & Roman, R. (2018). Use of numerical high-exactly algorithms for modeling dynamic demeanour of discretely substantiated five-layered cylindrical shells. *Biological Resources and Nature Management*, 10(5-6), 217-222. doi:<http://dx.doi.org/10.31548/bio2018.05.027>

5. Samarsky A. A. (1977). Theory of difference schemes. 656.

6. Arnauta, N. (2021). A problem of non – linear deformation of five–layer conical shells with allowance for discrete ribs. *Scientific reports of NULES of Ukraine*, 6(94). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.06.016>

ДИНАМІЧНА ЗАДАЧА АСИМЕТРИЧНИХ КОЛИВАНЬ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНОК ЗМІННОЇ ТОВЩИНИ ПІД ДІЄЮ НЕСТАЦІОНАРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ Ю. А. Мейш, Н. В. Арнаута

Анотація. В цій роботі розглядається постановка динамічної задачі осесиметричних коливань циліндричної оболонки змінної товщини під дією нестационарного навантаження та алгоритм розв'язання поставленої задачі.

Нехай неоднорідна за товщиною циліндрична оболонка знаходиться під дією внутрішнього розподіленого навантаження $P_3(x, t)$, де x і t – просторова і часова координати.

При побудові математичної моделі динамічної поведінки циліндричної оболонки змінної товщини використовується теорія оболонок типу Тимошенка.

Рівняння коливань циліндричної оболонки мають наступний вигляд.

$$\frac{\partial T_{11}}{\partial x} = \rho h(x) \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2};$$

Мейш Ю. А., Арнаута Н. В.

$$\frac{\partial T_{13}}{\partial x} - k_2 T_{22} + P_3(x, t) = \rho h(x) \frac{\partial^2 u_3}{\partial t^2};$$

$$\frac{\partial M_{11}}{\partial x} - T_{13} = \rho \frac{h^3(x)}{12} \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial t^2}.$$

Співвідношення зусилля - моменти з відповідними величинами деформації мають вигляд:

$$T_{11} = B_{11}(x)(\varepsilon_{11} + \nu_2 \varepsilon_{22}), \quad T_{22} = B_{22}(x)(\varepsilon_{22} + \nu_1 \varepsilon_{11}), \quad T_{13} = B_{13}(x) \varepsilon_{13};$$

$$M_{11} = D_{11}(x)(\kappa_{11} + \nu_2 \kappa_{22}), \quad M_{22} = D_{22}(x)(\kappa_{22} + \nu_1 \kappa_{11});$$

$$B_{11}(x) = \frac{E_1 h(x)}{r \nu_1 \nu_2}, \quad B_{22}(x) = \frac{E_2 h(x)}{r \nu_1 \nu_2}, \quad B_{13}(x) = G_{13}(x) h(x);$$

$$D_{11}(x) = \frac{E_1 h^3(x)}{12(1 - \nu_1 \nu_2)}, \quad D_{22}(x) = \frac{E_2 h^3(x)}{12(1 - \nu_1 \nu_2)}.$$

Деформаційні співвідношення будуть мати наступний вигляд:

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x}, \quad \varepsilon_{22} = k_2 u_3, \quad \varepsilon_{13} = \varphi_1 + \frac{\partial u_3}{\partial x}, \quad \kappa_{11} = \frac{\partial \varphi_1}{\partial x}.$$

В цих формулах $u_1(x, t)$, $u_3(x, t)$, $\varphi_1(x, t)$ – компоненти узагальненого вектору переміщення компоненти обобщеного вектора переміщення усередненої поверхні оболонки; $h(x)$ – змінна товщина оболонки; ρ – щільність матеріалу оболонки; $E_1, E_2, G_{13}, \nu_1, \nu_2$ – фізично – механічні параметри матеріалу оболонки.

Для того, щоб обчислити характеристики оболонки товщина h визначається як лінійна функція координати x :

$$h(x) = h(x_0) + [h(x_N) - h(x_0)] \frac{x}{L},$$

$$x_N - x_0 = L, \quad x_0 \leq x \leq x_N.$$

Рівняння коливань доповнюються відповідними граничними та початковими умовами. У випадку жорсткого зацмлення торців оболонки оболонки при $x = x_0$ і $x = x_N$ граничні умови мають вигляд:

$$u_1 = u_3 = \varphi_1 = 0.$$

Початкові умови при $t = 0$ мають вигляд

$$u_1 = u_3 = \varphi_1 = 0, \quad \frac{\partial u_1}{\partial t} = \frac{\partial u_3}{\partial t} = \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} = 0.$$

Чисельний алгоритм розв'язування нестационарних задач теорії неоднорідних багатошарових оболонок ґрунтується на застосуванні інтегро – інтерполяційного методу побудови скінченно – різницевої схем по просторовій координаті та явній скінченно – різницевої схемі типу "хрест" по часовій координаті. Для побудови більш ефективних алгоритмів застосовується підхід, що базується на знаходженні наближених розв'язків по Річардсону. Причому, при фіксованому різницевому кроку по часовій координаті, використовується послідовність наближених апроксимацій по просторовій координаті. При цьому, процедура екстраполяції формується згідно формул

$$\tilde{U}_{1(\Delta s)}^n = \frac{4}{3} \bar{U}_{1(\Delta s/2)}^n - \frac{1}{3} \bar{U}_{1(\Delta s)}^n,$$

Мейш Ю. А., Арнаута Н. В.

де $\bar{U}_{1(\Delta s/2)}^n$ і $\bar{U}_{1(\Delta s)}^n$ - чисельні розв'язки рівнянь коливань відповідно з дискретними кроками по просторовій координаті $\Delta s/2$ і Δs , $s = A_1 \alpha_1$.

Розглянуто приклад розрахунку динамічної поведінки циліндричної оболонки змінної товщини при нестационарному навантаженні та приведено аналіз численних результатів.

Ключові слова: циліндричні оболонки, зміна товщина, теорія оболонок типу Тимошенка, вимушені коливання, чисельні методи