

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА
І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ
ТВАРИННИЦТВА**

Збірник наукових праць

№ 1 (202) 2026

УДК 636/639(062.552):378.4(477.41)БНАУ

Т 38

Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва = Animal Husbandry Products Production and Processing: збірник наукових праць. № 1 (202) 2026. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2026. 156 с. DOI 10.33245

Засновник, редакція, видавець і виготовлювач:
Білоцерківський національний аграрний університет (БНАУ)

Збірник розглянуто і затверджено до друку рішенням Вченої ради БНАУ
(Протокол № 3 від 19.05.2026 р.)

«Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» («Animal Husbandry Products Production and Processing») – збірник наукових праць є фаховим виданням, який включено до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б» (Наказ Міністерства освіти і науки України № 1643 від 28.12.2019 р.) і є продовженням «Вісника Білоцерківського державного аграрного університету», започаткованого 1992 року. Збірник представлено на порталі Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського, включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Google Scholar, Crossref.

Головний редактор – **Ставецька Р.В.**, д-р с.-г. наук, професор, Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна, Н2 «Тваринництво»

Заступник головного редактора – **Ластовська І.О.**, канд. с.-г. наук, доцент, Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна, Н2 «Тваринництво»

Члени редколегії:

Бабенко О.І., канд. с.-г. наук, доцент, Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна, Н2 «Тваринництво»

Борщ О.О., д-р с.-г. наук, професор, Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна, Н2 «Тваринництво»

Гриневиц Н.Є., д-р вет. наук, професор, Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна, Н5 «Водні біоресурси та аквакультура»

Лихач А.В., д-р с.-г. наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна, Н2 «Тваринництво»

Луговий С.І., д-р с.-г. наук, професор, Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв, Україна, Н2 «Тваринництво»

Мерзлов С.В., д-р с.-г. наук, професор, Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна, Н2 «Тваринництво»

Ніколова Л., доктор наук, професор, Аграрний університет, Пловдив, Болгарія, Н5 «Водні біоресурси та аквакультура»

Попова М., доктор філософії, головний асистент (Chief Assistant Professor), Аграрний університет, Пловдив, Болгарія, Н2 «Тваринництво»

Світельський М.М., канд. с.-г. наук, доцент, Житомирський державний університет ім. Івана Франка, Житомир, Україна, Н5 «Водні біоресурси та аквакультура»

Уманець Д.П., канд. с.-г. наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна, Н2 «Тваринництво»

Цехмістренко С.І., д-р с.-г. наук, професор, Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна, Н2 «Тваринництво»

Черненко О.М., д-р с.-г. наук, професор, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна, Н2 «Тваринництво»

Editorial Board

Editor in chief – **Stavetska R.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Deputy Editor in chief – **Lastovska I.**, PhD in Agriculture, Ass. Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine.

Editorial Board Members:

Babenko O., PhD in Agriculture, Ass. Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Borshch O., Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Grynevych N.Ye., Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Lykhach A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Prof., National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Luhovyi S.I., Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine

Merzlov S.V., Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Nikolova L., PhD in Agriculture, Ass. Prof., Agrarian University, Plovdiv, Bulgaria

Popova M., PhD in Agriculture, Chief Assistant Professor, Agricultural University, Plovdiv, Bulgaria

Svitelskyi M., PhD in Agriculture, Associate Professor, Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, Ukraine;

Umanets D., PhD in Agriculture, Associate Professor, National University of Life

Tsekhmistrenko S.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Chernenko O., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Адреса редакції: Білоцерківський національний аграрний університет, Соборна площа, 8/1,
м. Біла Церква, 09117, Україна, e-mail: redakciaviddil@ukr.net.

ЗМІСТ

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ
ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І., Харчишин В.М., Тимошок Н.О., Мельниченко О.М., Веред П.І., Мельниченко Ю.О. Вплив «зелених» наночастинок селену на концентрацію гормонів щитоподібної залози у курчат-бройлерів	6
Гетья А.А., Матвєєв М.А., Борщ О.В., Борщ О.О., Гришко В.А. Закономірності змін молочної продуктивності упродовж лактації корів та її прогнозування	14
Джус В.М., Бондаренко Л.В. Вплив інсектної біомаси личинок <i>Hermetia illucens</i> на морфологічні та біохімічні показники крові фазанів	24
Крук О.П., Угнівенко А.М., Антонюк Т.А. Якісні ознаки яловичини 21-місячних бугайців української чорно-рябої молочної породи за різної конформації туш	32
Лавринюк О.О., Нестерук М.С., Пилипчук О.В., Сіхневич К.Й. Вплив рівнів інтенсивності годівлі на продуктивність і тривалість завершальної відгодівлі бугайців	40
Микитюк В.В., Мокдат Санаа Я.А. Використання гранульованого корму в годівлі молодняка овець і його вплив на перетравність поживних речовин та інтенсивність росту ..	49
Процайло Я.С., Кирилів Я.І. Вплив соєвої олії і ферментованого водорозчинного комплексу ліпідів на продуктивність та якість яєць курей-несучок	61
Прудніков В.Г., Колісник О.І., Михальченко С.А., Батир Р.Ю., Дидикіна А.І. Відтворювальна здатність корів швіцької породи при утриманні на відкритих вигульних майданчиках	70
Сенчук М.М. Каскадна біотехнологія культивування спіруліни	80
Титарьова О.М., Ставецька Р.В., Гирич Д.С. Продуктивність порослят за використання престаартерних комбікормів із добавками з протимікробними властивостями	91
Федорович Є.І., Федорович В.В., Стецишин М.С. Мінливість ознак відтворювальної здатності корів залежно від різних чинників	100

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

Коваленко В.О., Гриневич Н.Є., Ільчук І.І., Новохатко О.В., Коваленко Б.Ю., Слюсаренко А.О., Шваб В.С., Присяжнюк Н.М. Розторопша плямиста (<i>Silybum marianum</i>) у раціоні риби: застосування силімарину для підвищення продуктивності та стійкості кларієвого сома (<i>Clarias gariepinus</i>)	111
Ковальський Ю.В., Жмур В.В. Вплив протеїнового живлення та амінокислотного складу раціону на розвиток воскової залози у медоносних бджіл <i>Apis mellifera</i> L.	123
Маріуца А., Борисенко Н., Димань Т. Генетичне профілювання антонінсько-зозуленецьких внутрішньопородних типів української лускатої та рамчастої порід коропа з використанням ISSR-маркерів	135
Портянник С.В., Маменко О.М., Церенюк О.М., Онищенко А.О. Акумуляція важких металів кадмію та свинцю у внутрішніх органах і тканинах продуктивних тварин в умовах техногенного навантаження на агроєкосистеми	144

CONTENT

TECHNOLOGY OF MANUFACTURING AND PROCESSING OF ANIMAL PRODUCTION








Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Kharchyshyn, V., Tymoshok N., Melnychenko O., Vered P., Melnychenko Yu. The effect of «green» selenium nanoparticles on thyroid hormone concentrations in broiler chickens	6
Getya A., Matvieiev M., Borshch O., Borshch O., Grishko V. Patterns of milk productivity formation and changes throughout cow lactation and methods for its prediction	14
Dzhus V., Bondarenko L. The effect of <i>Hermetia illucens</i> larval biomass on the morphological and biochemical parameters of pheasant blood	24
Kruk O., Ugnivenko A., Antoniuk T. Qualitative characteristics of beef from 21-month-old Ukrainian black-and-white dairy young bulls with different carcass conformation classes	32
Lavrynyuk O., Nesteruk M., Pylipchuk O., Sikhnevich K. Impact of feeding intensity levels on productivity and duration of the finishing period in young bulls	40
Mykytiuk V., Mokdad Sanaa Y. The use of granulated feed in feeding young sheep and its effect on nutrient digestibility and growth rate	49
Protsailo Y., Kyryliv Y. The effect of soya oil and a fermented water-soluble lipid complex on the productivity and egg quality of laying hens	61
Prudnikov V., Kolisnyk O., Mikhalchenko S., Batyr R., Didykina A. Reproductive performance of brown swiss cows under year-round open-air housing conditions	70
Senchuk M.M. Cascade biotechnology for spirulina cultivation	80
Tytariova O., Stavetska R., Hyrych D. Growth performance of piglets fed prestarter compound feeds with antimicrobial additives	91
Fedorovych Ye., Fedorovych V., Stetsyshyn M. Variability of reproductive performance traits in cows depending on various factors	100

AQUATIC BIORESOURCES AND AQUACULTURE

Kovalenko V., Hrynevych N., Ilchuk I., Novokhatko O., Kovalenko B., Sliusarenko A., Shvab V., Prisyazhnyuk N. Milk thistle (<i>Silybum marianum</i>) in fish feed: scientific rationale for the use of bioactive flavonolignans to enhance fish productivity and resilience	111
Kovalsky Y., Zhmur V. The effect of protein content and amino acid composition of the diet on the development of the wax glands of honey bees <i>Apis mellifera L.</i>	123
Mariutsa A., Borysenko N., Dyman T. Genetic profiling of the Antoniny–Zozulenets intrabreed type of Ukrainian leather and scaly carp using ISSR markers	135
Portiannyk S., Mamenko O., Tsereniuk O., Onyshchenko A. Accumulation of heavy metals cadmium and lead in the internal organs and tissues of productive animals under conditions of technogenic load on agroecosystems	144

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК 636.52/.58:612.44:546.23:620.3

Вплив «зелених» наночастинок селену на концентрацію гормонів щитоподібної залози у курчат-бройлерів**Бітюцький В.С.¹ , Цехмістренко С.І.¹ , Харчишин В.М.¹ ,
Тимошок Н.О.² , Мельниченко О.М.¹ , Веред П.І. , Мельниченко Ю.О.¹ **¹ Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна² Інститут мікробіології та вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, Київ

Бітюцький В.С. E-mail: volodymyr.bituyskiy@btsau.edu.ua



Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І., Харчишин В.М., Тимошок Н.О., Мельниченко О.М., Веред П.І., Мельниченко Ю.О. Вплив «зелених» наночастинок селену на концентрацію гормонів щитоподібної залози у курчат-бройлерів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 6–13.

Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Kharchyshyn, V., Tymoshok N., Melnychenko O., Vered P., Melnychenko Yu. The effect of «green» selenium nanoparticles on thyroid hormone concentrations in broiler chickens. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 6–13.

Рукопис отримано: 10.02.2026 р.

Прийнято: 23.02.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-6-13

ISSN 2310-9289

Селен є ключовим мікроелементом тиреоїдного гомеостазу, оскільки входить до складу селенопротеїнів, зокрема йодтиронін-дейодиназ, які забезпечують перетворення тироксину (Т4) у біологічно активніший трийодтиронін (Т3). Водночас селен характеризується вузьким терапевтичним вікном, що зумовлює актуальність пошуку його форм із вищою біодоступністю та зниженою токсичністю.

Метою дослідження було оцінити вплив біогенних наночастинок селену (SeNPs), синтезованих шляхом «зеленого» мікробіологічного відновлення Na_2SeO_3 із використанням пробіотичної культури *Lactobacillus plantarum*, на концентрації вільних Т3 і Т4, а також коефіцієнт активації (Т3/Т4×100) у крові курчат-бройлерів кросу Cobb-500.

У досліді використано 200 одностатевих курчат, розподілених на 5 груп (n=40): контрольну; групу, що отримувала селеніт натрію (0,30 мг Se/кг корму) у поєднанні з пробіотиком; а також три дослідні групи, яким згодовували SeNPs у дозах 0,15; 0,30 і 0,45 мг Se/кг корму разом із пробіотиком. Відбір крові проводили на 21-шу та 42-гу добу. Концентрації вільних Т3 і Т4 визначали методом імуноферментного аналізу (ІФА) із використанням тест-системи «Granum» (Україна). Статистичну значущість оцінювали за t-критерієм Стьюдента (p<0,05).

Встановлено дозозалежне підвищення Т3 та зниження Т4 у всіх групах, що отримували селен, уже на 21-шу добу. На 42-у добу застосування SeNPs у дозі 0,45 мг/кг забезпечувало підвищення коефіцієнта активації до 16,40 порівняно з 5,98 у контролі та 8,36 у групі селеніту натрію. За еквівалентної дози 0,30 мг/кг SeNPs сприяли підвищенню рівня Т3 приблизно на 40 % і зниженню Т4 на 23% порівняно із селенітом натрію.

Отримані результати свідчать про посилення конверсії Т4 у Т3 під впливом біогенних SeNPs, а також про наявність кумулятивного ефекту між 21-ю та 42-ю добами досліді. Оптимальною для практичного застосування визначено дозу 0,30 мг Se/кг корму, яка забезпечує виражений тиреотропний ефект за мінімізації ризику надлишкового накопичення селену.

Виявлена синергія між пробіотиком і наночастинками селену може розглядатися як перспективна платформа для створення функціональних кормових добавок у птахівництві. Показник Т3/Т4 доцільно використовувати як біомаркер ефективності селенового забезпечення бройлерів і для подальшої оптимізації дозування.

Ключові слова: наночастинки селену, зелений синтез, пробіотики, гормони щитоподібної залози, курчата-бройлери, трийодтиронін, тироксин, *Lactobacillus plantarum*, коефіцієнт активації, дейодинази.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Селен є незамінним мікроелементом, що відіграє ключову роль у численних фізіологічних процесах в організмі людини і тварин. Він входить до складу щонайменше 25 селенопротеїнів, зокрема глутатіонпероксидази і тіоредоксинредуктази, які забезпечують антиоксидантний захист клітин. Селен є критично важливим для підтримання імунно-ендокринного гомеостазу та регуляції сигнальних шляхів. Особливе значення цей мікроелемент має для функціонування щитоподібної залози, у тканинах якої його концентрація є однією з найвищих в організмі [1].

Щитоподібна залоза характеризується високим вмістом селену, необхідного для синтезу та метаболізму тиреоїдних гормонів. Селенопротеїни, зокрема йодотироніндейодинази (DIO1, DIO2, DIO3), беруть участь в активації та деактивації гормонів щитоподібної залози, забезпечуючи регуляцію метаболічних процесів в організмі. Дефіцит селену гальмує конверсію тироксину (Т4) у більш біологічно активний трийодтиронін (Т3), що супроводжується накопиченням Т4 і зниженням рівня Т3 та може призводити до розвитку гіпотиреозу і формування зоба [2].

Доведено, що застосування селеновмісних добавок модулює апоптотичні процеси у фолікулярних клітинах щитоподібної залози, відіграючи важливу роль у захисті тиреоцитів від оксидативного пошкодження [3].

Хоча селен характеризується численними біологічно корисними властивостями, він має вузьке терапевтичне вікно [4]. Перевищення рекомендованого рівня споживання може призводити до розвитку селенозу, який проявляється розладами шлунково-кишкового тракту, випадінням волосся, ламкістю нігтів, підвищеною втомлюваністю, а у тяжких випадках – неврологічними порушеннями. У зв'язку з цим пошук форм селену з оптимальним профілем безпеки та біодоступності є актуальним науковим завданням [5].

В останні роки наночастинки селену (SeNPs) привертають значну увагу як перспективна терапевтична та нутрієнтна платформа.

Порівняно з неорганічними (селеніт, селенат) та органічними (селенометіонін) формами, SeNPs характеризуються нижчою токсичністю, вищою біодоступністю та здатністю до ефективної доставки селену до клітин-мішеней, особливо після функціоналізації активними лігандами [6, 7]. Завдяки унікальним поверхневим властивостям SeNPs проявляють виражену антиоксидантну та імунотулювальну активність [8, 9].

Перспективним напрямком є «зелений» синтез SeNPs із використанням пробіотичних мікроорганізмів [10]. Пробиотичні бактерії, зокрема *Lactobacillus plantarum*, здатні відновлювати селенові солі до елементарного (Se⁰) з утворенням наночастинок, стабілізованих біомолекулами – білками та полісахаридами, що забезпечує їхню підвищену стабільність, біосумісність і біодоступність [11]. Показано, що біогенні SeNPs, синтезовані штамом *L. casei* 393, характеризуються вираженими антиоксидантними властивостями, нижчою цитотоксичністю порівняно із селенітом натрію та селенометіонітом і сприяють зменшенню оксидативного пошкодження клітин кишкового епітелію [11]. Також встановлено здатність *Bacillus clausii* трансформувати селеніт натрію в біогенний нано-Se, що відкриває перспективи створення селеновмісних пробіотичних препаратів на його основі [12].

Застосування селенових добавок асоціюється зі зниженням рівня антитіл до тиреопероксидази у пацієнтів із аутоімунним тиреоїдитом, покращенням ультразвукових показників щитоподібної залози та якості життя [13, 14]. Окрім того, доведено, що селен модулює апоптотичні процеси у фолікулярних клітинах щитоподібної залози, підкреслюючи його протекторну роль на клітинному рівні [3].

Водночас дослідження впливу біогенно синтезованих SeNPs на регуляцію тиреоїдних гормонів у птиці залишаються обмеженими. Так, Słupczyńska et al. [15] продемонстрували значну залежність тиреоїдного статусу від мінерального живлення у молодих курей, тоді як Rehman et al. [16] встановили позитивний вплив наноселену у поєднанні

з манан-олігосахаридами на продуктивність і морфо функціональний стан кишківника бройлерів, що підтверджує перспективність комплексних кормових добавок на основі SeNPs.

Наявність зазначених прогалин у знаннях зумовлює актуальність проведення подальших досліджень у цьому напрямі.

Мета дослідження. Метою роботи було синтезувати SeNPs методом «зеленого» синтезу за участю пробіотичних мікроорганізмів; охарактеризувати їхні фізико-хімічні властивості, а також оцінити вплив різних доз біогенних SeNPs на концентрацію гормонів щитоподібної залози (Т3, Т4) і коефіцієнт їхньої активації у курчат-бройлерів *in vivo*.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили на курчатах-бройлерах кросу Кобб-500. Загалом 200 одноденних курчат методом аналогів було рівномірно розподілено на п'ять груп по 40 особин у кожній. Курчата контрольної групи (1-ша група) отримували базовий раціон без добавок.

Курчата 2-ї групи отримували базовий раціон, доповнений селенітом натрію (0,3 мг Se/кг корму) у поєднанні з пробіотиком (*L. plantarum*). У 3-5-й групах до базового раціону додавали біогенний наноселен у дозах 0,15; 0,30 та 0,45 мг Se/кг корму відповідно у поєднанні з пробіотиком (*L. plantarum*).

Синтез наночастинок селену здійснювали у відділі проблем інтерферону та імуномодуляторів Інституту мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України методом мікробіологічного відновлення шляхом інкубації *Lactobacillus plantarum* у середовищі, збагаченому Na_2SeO_3 . Використовували штами *Lactobacillus plantarum*, здатні засвоювати неорганічні сполуки селену та ферментативно трансформувати їх у наноформи. Пробіотичну культуру застосовували спільно з відповідними формами селену протягом усього періоду досліду.

Утримання птиці здійснювалося в однакових умовах відповідно до зоогігієнічних норм. Раціон годівлі відповідав стандартним рекомендаціям для кросу «Кобб-500» з урахуванням фаз вирощування.

Відбір зразків крові проводили на 21-шу та 42-гу добу вирощування. Концентрації вільного трийодтироніну (Т3) та вільного тироксину (Т4) у плазмі крові визначали методом імуноферментного аналізу (ELISA, конкурентний формат) із використанням тест-систем «Гранум» (Україна). Коефіцієнт активації – як відношення $\text{T3/T4} \times 100$.

Статистичну обробку результатів здійснювали із застосуванням методів варіа-

ційної статистики. Дані наведено у вигляді $M \pm m$. Достовірність відмінностей між групами оцінювали за t-критерієм Стьюдента при рівні значущості $p < 0,05$.

Під час проведення експерименту дотримувалися загальноприйнятих принципів біоетики, законодавчих норм і вимог, викладених у «Європейській конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та наукових цілей» (Страсбург, 1986), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах» (Україна, 2001), а також відповідно до рішення Етичного комітету Білоцерківського національного аграрного університету з питань поводження з тваринами у наукових дослідженнях (протокол № 6 від 22.05.2018).

Результати дослідження та обговорення. Селен є незамінним компонентом метаболізму тиреоїдних гормонів, виконуючи функцію кофактора трьох ізоформ йодтироніндейодиназ, які каталізують перетворення тироксину (Т4) у більш біологічно активний трийодтиронін (Т3). Трийодтиронін відіграє ключову роль у регуляції численних метаболічних процесів, зокрема росту, розвитку та енергетичного обміну.

У птиці, як і у ссавців, підвищення рівня Se в раціоні супроводжується зростанням концентрації Т3 у плазмі крові та коефіцієнта активації, водночас рівень Т4 має тенденцію до зниження [2, 17].

Результати визначення концентрацій Т3 та Т4 у плазмі крові бройлерів на 21-шу та 42-гу добу експерименту наведено в табл. 1.

Як видно з даних таблиці 1, уже на 21-шу добу застосування селеновмісних добавок зумовило суттєві зміни гормонального статусу птиці. У контрольній групі зафіксовано найнижчий середній рівень Т3 ($1,15 \pm 0,12$ нмоль/л) та найвищу концентрацію Т4 ($33,2 \pm 1,46$ нмоль/л).

У всіх дослідних групах рівень Т3 перевищував контрольні значення, тоді як концентрація Т4 була нижчою порівняно з контролем. Найменш виражений ефект спостерігався у групі, що отримувала селеніт натрію. Водночас застосування наноселену в дозі 0,45 мг/кг забезпечило найвищий рівень Т3 ($1,54$ нмоль/л) та найнижчу концентрацію Т4 ($22,41$ нмоль/л) на 21-шу добу досліду.

На 42-гу добу експерименту відмінності між групами стали більш вираженими. Застосування SeNPs по-різному вплинуло на концентрації тиреоїдних гормонів: у всіх дослідних групах спостерігалось підвищення рівня Т3 та зниження рівня Т4 порівняно з контрольною групою.

Таблиця 1 – Рівні трийодтироніну (Т3) та тироксину (Т4) у плазмі крові курчат-бройлерів за введення різних форм селену в поєднанні з пробіотиком (M±m, n=5).

Вік, доба	Групи				
	1 Контроль (ПК)	2 Селеніт Na (0,3 мг) + Пр	3 б-SeNP (0,15 мг) + Пр	4 б-SeNP (0,30 мг) + Пр	5 б-SeNP (0,45 мг) + Пр
Т3, нмоль/л					
21	1,15±0,12	1,21±0,09	1,38±0,12	1,47±0,11	1,54±0,14
42	1,42±0,23	1,85±0,19	2,51±0,14*	2,58±0,17**	2,65±0,11**
Т4, нмоль/л					
21	33,2±1,46	30,41±2,13	24,36±1,85**	22,31±2,12**	22,41±1,58**
42	24,15±1,48	22,31±1,72	19,11±1,23*	17,24±1,12**	16,24±1,34**

Примітка: б-SeNP – біогенний наноселен; Пр – пробіотик *L. Plantarum*. Різниця вважали статистично вірогідною порівняно з контрольною групою: * – p≤0,05; ** – за – p≤0,01.

Біогенний наноселен продемонстрував вищу ефективність порівняно з селенітом натрію. За однакової дози (0,3 мг/кг) рівень Т3 у групі, що отримувала біогенні SeNPs, становив 2,58 нмоль/л проти 1,85 нмоль/л у групі селеніту натрію, тоді як концентрація Т4 дорівнювала 17,24 нмоль/л проти 22,31 нмоль/л відповідно.

Таким чином, наноформа забезпечила приблизно на 40 % вищу концентрацію активного гормону Т3 та на 23 % нижчий рівень Т4 порівняно з неорганічним селенітом. Відповідно, коефіцієнт активації у групі, що отримувала біогенні SeNPs (0,3 мг), становив 15,34 проти 8,36 у групі селеніту натрію, що свідчить про майже двократну різницю [18].

Підвищена ефективність біогенного наноселену зумовлена, насамперед, його вищою біодоступністю та пролонгованим утриманням в організмі. Встановлено, що у бройлерів за умов згодовування наночастинок селену відзначається краща засвоюваність мікроелемента: накопичення селену в тканинах є вищим, тоді як його екскреція — нижчою порівняно з еквівалентним дозуванням у формі селеніту натрію [19, 20].

Окрім того, бактеріальне походження наночастинок (синтез за участю *Lactobacillus plantarum*) може сприяти їхньому кращому проникненню через слизову кишківника та включенню в метаболічні процеси. Органічна оболонка, сформована в процесі мікробіологічного синтезу і представлена білками та полісахаридами, підвищує стабільність SeNPs і покращує їхню взаємодію з рецепторними структурами ентероцитів [11].

Додавання наноселену позитивно впливає на мікроархітектуру кишківника бройлерів,

що опосередковано сприяє покращенню всмоктування мінеральних речовин, зокрема селену [16].

Проведене дослідження продемонструвало наявність чіткої дозо залежної відповіді біогенного наноселену. Як на 21-шу, так і на 42-гу добу спостерігалася стабільна тенденція до підвищення коефіцієнта Т3/Т4×100 зі збільшенням дози SeNPs (рис. 1).

На 21-шу добу коефіцієнт активації підвищувався від 5,84 % за дози 0,15 мг/кг до 6,94 % за дози 0,45 мг/кг, тоді як у контрольній групі він становив 3,52%. На 42-гу добу різниця між дослідними групами стала більш вираженою: 13,47 → 15,34 → 16,40 відповідно зі збільшенням дози наноселену. Найвища доза SeNPs (0,45 мг/кг) забезпечила коефіцієнт активації, що перевищував контрольний показник у 2,7 раза [18, 20].

Аналогічну додозалежну закономірність встановили Visha et al. (2020), які досліджували вплив неорганічного, органічного та наноселену у дозах 0,15; 0,3 та 0,6 мг/кг: максимальні значення коефіцієнта активації та рівня Т3 спостерігалися за найвищої дози порівняно з нижчими рівнями [18].

Водночас слід зазначити, що підвищення дози з 0,30 до 0,45 мг/кг супроводжувалося відносно незначним приростом коефіцієнта активації (15,34 → 16,40), що може свідчити про наближення до плато ефективності та можливе насичення ферментативних систем. Це дає змогу припустити, що доза 0,30 мг/кг є оптимальною, оскільки забезпечує виражений тиреоїдний ефект за умови мінімізації потенційного ризику надмірного накопичення селену.

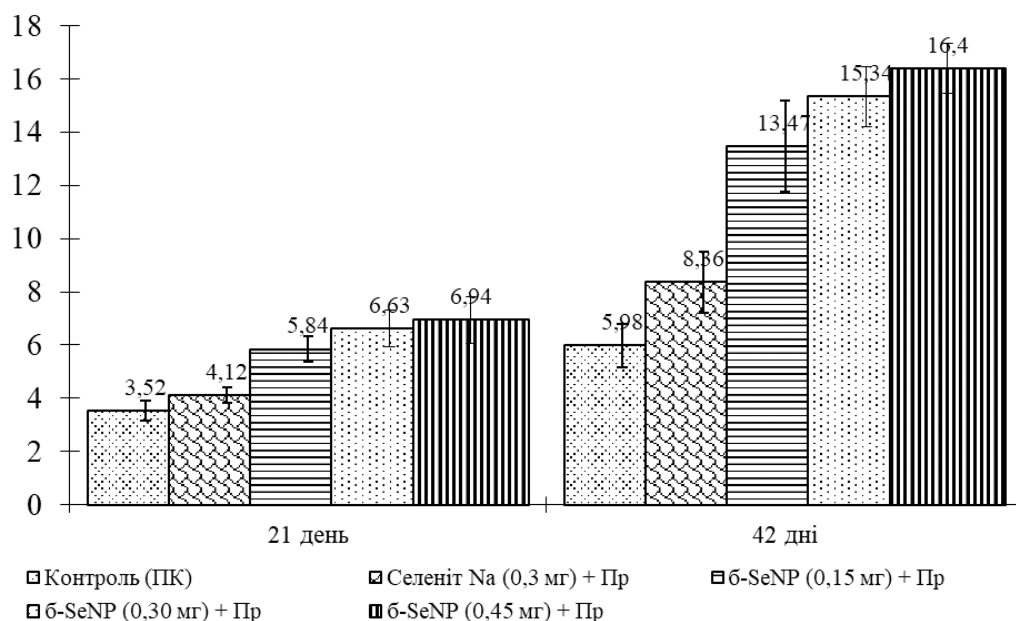


Рис. 1. Динаміка коефіцієнта активації ($T3/T4 \times 100$) у плазмі крові курчат-бройлерів на 21-шу та 42-гу добу.

У період із 21-ї до 42-ї доби у всіх групах спостерігалася закономірна тенденція до підвищення рівня T3 та зниження рівня T4, однак інтенсивність цих змін суттєво відрізнялася між групами. У контрольних курчат за цей період рівень T3 зріс помірно (приблизно на 23%), тоді як концентрація T4 знизилася приблизно на 27%, що зумовило підвищення коефіцієнта активації з 3,52 до 5,98.

Натомість у групах, що отримували наноселен, зміни були більш вираженими. Зокрема, у групі біогенного SeNP у дозі 0,45 мг/кг рівень T3 майже подвоївся (з 1,54 до 2,65 нмоль/л, приріст близько 72%), тоді як концентрація T4 знизилася на 27% (з 22,41 до 16,24 нмоль/л). Відповідно, коефіцієнт активації збільшився більше ніж удвічі (з 6,94 до 16,40).

Таким чином, пролонговане застосування селену у формі наночастинок посилює тиреоїдину відповідь у динаміці, що призводить до максимально виражених міжгрупових відмінностей на завершальному етапі вирощування [17, 20].

Роль пробіотичної культури *Lactobacillus plantarum* у цьому дослідженні є подвійною: по-перше, вона забезпечувала синтез біогенних SeNPs *in situ*; по-друге, сприяла покращенню стану мікробіому кишківника, що позитивно впливало на засвоєння селену [21].

Khan et al. (2021) показали, що застосування селенізованих пробіотиків у бройлерів

підвищує експресію дейодинази DIO2 та рівень T3 в умовах теплового стресу, сприяючи ефективнішій конверсії T4 [22].

Таким чином, виявлений синергізм між про біотичною культурою та наноселеном може пояснювати підвищені значення коефіцієнта активації у дослідних групах.

Отримані значення концентрацій T3 і T4 відповідають референтним діапазонам, наведеним у літературі для бройлерів. За даними Stojević et al. (2000), рівень T3 у 42-добових курчат може варіюватися в межах 1,8-3,9 нмоль/л, тоді як концентрація T4 становить 24-38 нмоль/л, що узгоджується з результатами, отриманими у цьому дослідженні [23].

Ślarczyńska et al. [15] також підтверджують значну варіабельність тиреоїдних показників залежно від складу раціону та джерела мінеральних добавок у молодих курей. Важливо враховувати, що концентрації тиреоїдних гормонів суттєво залежать від методу їхнього визначення: використання методів CLIA та ELISA може призводити до різних абсолютних значень показників [24], тому порівняння результатів доцільно здійснювати переважно в межах одного методологічного підходу.

Висновки. Біогенні наночастинок селену, синтезовані за участю пробіотичної культури *L. plantarum*, чинять виражений стимулювальний вплив на рівень тиреоїдних гормонів у курчат-бройлерів і за ефективністю

перевищують традиційне неорганічне джерело селену – селеніт натрію. Встановлено достовірне підвищення концентрації Т3 та зниження рівня Т4 у плазмі крові в усіх групах, що отримували селен, уже на 21-шу добу вирощування, що свідчить про швидке включення біогенних SeNPs у метаболічні процеси та активацію ферментів йодтиронін-дейодиназ.

Виявлено чіткий дозозалежний ефект біогенного наноселену: підвищення дози від 0,15 до 0,45 мг Se/кг корму супроводжувалося зростанням коефіцієнта активації тиреоїдних гормонів (Т3/Т4×100) від 13,47 до 16,40 на 42-гу добу. Оптимальною визначено дозу 0,30 мг/кг, яка забезпечує виражений фізіологічний ефект за відсутності ознак надмірного накопичення селену.

Зі збільшенням віку птиці (з 21-ї до 42-ї доби) міжгрупові відмінності посилювалися, що свідчить про кумулятивний і пролонгований характер впливу біогенних SeNPs на функціональний стан щитоподібної залози. Наприкінці вирощування коефіцієнт активації у групі, що отримувала SeNP у дозі 0,45 мг/кг, у 2,7 рази перевищував контрольний показник.

Синергічна взаємодія про біотичної культури *L. plantarum* і наноселену сприяє підвищенню біодоступності селену, покращенню стану мікробіому кишківника та посиленню активності дейодиназ, що в сукупності забезпечує більш ефективну регуляцію тиреоїдного гомеостазу.

Перспективи подальших досліджень. Використання пробіотик-синтезованих наночастинок селену (SeNPs) є перспективним напрямом розробки функціональних кормових добавок, спрямованих на регуляцію ендокринного статусу та підвищення продуктивності сільськогосподарської птиці.

Подяки. Автори висловлюють подяку співробітникам відділу проблем інтерферону та імунomodляторів Інституту мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України за сприяння та допомогу в синтезі наночастинок.

Відомості про конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES

1. Gorini, F., Sabatino, L., Pingitore, A., Vassalle, C. (2021). Selenium: an element of life essential for thyroid function. *Molecules*, Vol. 26, no. 23, 7084 p. DOI:10.3390/molecules 26237084.

2. Lin, S.L., Yin, G.S., Miao, H.D., Gao, C.Z., Chen, W.L. (2014). Selenium deficiency inhibits the conversion of T4 to T3 in chicken thyroids. *Biological Trace Element Research*, Vol. 161, no. 3, pp. 263–271. DOI:10.1007/s12011-014-0083-8.

3. Nettore, I.C., De Nisco, E., Desiderio, S. (2017). Selenium supplementation modulates apoptotic processes in thyroid follicular cells. *BioFactors*, Vol. 43, no. 3, pp. 415–423. DOI:10.1002/biof.1351.

4. Tsekhmistrenko, S.I., Bityutsky, V.S., Tsekhmistrenko, O.S., Demchenko, O.A., Tymoshok, N.O., Melnychenko, O.M. (2022). Ecological biotechnologies of "green" synthesis of nanoparticles of metals, metal oxides, metalloids and their use: scientific monograph. Bila Tserkva, 270 p. (In Ukrainian).

5. Singh, S.B.P., Rajeshbhai, P.D., Aishwarya, N., Sejal, P., Pushpa, R. (2023). Selenium nanoparticles mitigating thyroid dysfunction in hexachlorobenzene-induced hypothyroid rats. *Research Journal of Biotechnology*, Vol. 18, no. 9, pp. 146–153.

6. Ferro, C., Florindo, H.F., Santos, H.A. (2021). Selenium nanoparticles for biomedical applications: from development and characterization to therapeutics. *Advanced Healthcare Materials*, Vol. 10, no. 16. DOI:10.1002/adhm.202100598.

7. Zambonino, M.C., Quizhpe, E.M., Mouheb, L., Rahman, A., Agathos, S.N., Dahoumane, S.A. (2023). Biogenic selenium nanoparticles in biomedical sciences: properties, current trends, novel opportunities and emerging challenges in theranostic nanomedicine. *Nanomaterials*, Vol. 13, no. 3, 424 p. DOI:10.3390/nano13030424.

8. Au, A., Mojadadi, A., Shao, J.Y., Ahmad, G., Witting, P.K. (2023). Physiological benefits of novel selenium delivery via nanoparticles. *International Journal of Molecular Sciences*, Vol. 24, no. 7, 6068 p. DOI:10.3390/ijms24076068.

9. Zhang, T., Qi, M., Wu, Q. (2023). Recent research progress on the synthesis and biological effects of selenium nanoparticles. *Frontiers in Nutrition*, Vol. 10. DOI:10.3389/fnut.2023.1183487.

10. Bityutskyy, V., Tsekhmistrenko, S., Tsekhmistrenko, O., Demchenko, A. (2022). Eco-friendly biotechnology for biogenic nanoselenium production and its use in combination with probiotics in poultry feeding: innovative feeding concepts. The 8th International Scientific and Practical Conference «International Scientific Innovations in Human Life» (Manchester, February 16–18, 2022). Manchester: Cognum Publishing House, 687 p.

11. Xu, C., Qiao, L., Guo, Y., Ma, L., Cheng, Y. (2018). Preparation, characteristics and antioxidant activity of polysaccharides and proteins-capped selenium nanoparticles synthesized by *Lactobacillus casei* ATCC 393. *Carbohydrate Polymers*, Vol. 195, pp. 576–585. DOI:10.1016/j.carbpol.2018.04.110.

12. Tymoshok, N., Demchenko, O., Kharchuk, M., Bityutskyy, V., Tsekhmistrenko, O., Tsekhmistrenko, S. (2025). Study of genus *Bacillus* (*B. clausii*) probiotic bacteria regarding the biogenic extracellular synthesis of selenium nanoparticles. *Microbiological Journal*, Vol. 87, no. 1, pp. 3–12. DOI:10.15407/microbiolj87.01.003.
13. Ventura, M., Melo, M., Carrilho, F. (2017). Selenium and thyroid disease: from pathophysiology to treatment. *International Journal of Endocrinology*. DOI:10.1155/2017/1297658.
14. Wichman, J., Winther, K.H., Bonnema, S.J., Hegedüs, L. (2016). Selenium supplementation significantly reduces thyroid autoantibody levels in patients with chronic autoimmune thyroiditis: a systematic review and meta-analysis. *Thyroid*, Vol. 26, no. 12, pp. 1681–1692. DOI:10.1089/thy.2016.0256.
15. Słupczyńska, M., Jamroz, D., Orda, J., Wiliczkieicz, A., Kuropka, P., Król, B. (2022). The thyroid hormone and immunoglobulin concentrations in blood serum and thyroid gland morphology in young hens fed with different diets, sources, and levels of iodine supply. *Animals*, Vol. 13, no. 1, 158 p. DOI:10.3390/ani13010158.
16. Rehman, H.F.U., Zaneb, H., Masood, S. (2022). Effect of selenium nanoparticles and mannan oligosaccharide supplementation on growth performance, stress indicators, and intestinal microarchitecture of broilers reared under high stocking density. *Animals*, Vol. 12, no. 21, 2910 p. DOI:10.3390/ani12212910.
17. Schomburg, L. (2012). Selenium, selenoproteins and the thyroid gland: interactions in health and disease. *Nature Reviews Endocrinology*, Vol. 8, no. 3, pp. 160–171. DOI:10.1038/nrendo.2011.174.
18. Visha, P., Kavitha, S., Sakthi, Saravana Pandian T., Vijayarani, K., Sivaseelan, S. (2020). Influence of nanoselenium supplementation on the thyroid hormones and blood biochemical status in broiler chickens. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, Vol. 9, no. 10, pp. 4023–4034. DOI:10.20546/ijcmas.2020.910.464.
19. Dalia, A.M., Loh, T.C., Sazili, A.Q., Jahromi, M.F., Samsudin, A.A. (2020). The effect of dietary bacterial organic selenium on broiler growth performance, selenium distribution, antioxidant capacity and immune response. *BMC Veterinary Research*. Vol. 17, 240 p. DOI:10.1186/s12917-020-02357-x.
20. Jianhua, H., Ohtsuka, A., Hayashi, K. (2000). Selenium influences growth via thyroid hormone status in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, Vol. 84, no. 5, pp. 727–732. DOI:10.1017/S0007114500002028.
21. Tymoshok, N.O., Demchenko, O.A., Bityutskyy, V.S., Tsekhmistrenko, S.I., Kharchuk, M.S., Tsekhmistrenko, O.S. (2023). Bionanotechnology of selenite ions recovery into nanoselenium by probiotic strains of lactobacteria and tolerance of lactobacteria to sodium selenite. *Microbiological Journal*, Vol. 85, no. 4, pp. 9–20. DOI:10.15407/microbiolj85.04.009.
22. Khan, Z., Beg, M.A., Nagi, A. (2021). Selenium-enriched probiotics in heat-stressed broilers: effects on antioxidant status and thyroid function. *Acta Veterinaria Eurasia*. Vol. 47, no. 1, pp. 19–28.
23. Stojević, Z., Milinković-Tur, S., Čurčija, K. (2000). Changes in thyroid hormones concentrations in chicken blood plasma during fattening. *Veterinarski Arhiv*. Vol. 70, no. 1, pp. 31–37.
24. Eshratkhan, B., Asad, Zadeh S., Forouzan, V., Pour, Parsa A.A., Ghiasi, Ghalehkandi J. (2011). Comparative study on the determination of serum thyroid hormones by two methods of immunoassay in broiler breeder poultry. *Comparative Clinical Pathology*. Vol. 20, pp. 337–340. DOI:10.1007/s00580-010-0999-0.

The effect of «green» selenium nanoparticles on thyroid hormone concentrations in broiler chickens

Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Kharchyshyn, V., Tymoshok N., Melnychenko O., Vered P., Melnychenko Yu.

Selenium is a key trace element in thyroid homeostasis, as it is a component of selenoproteins, including iodothyronine deiodinase, which convert thyroxine (T4) into the more biologically active triiodothyronine (T3). At the same time, selenium has a narrow “therapeutic window,” so it is important to find forms with higher bioavailability and lower toxicity. The aim of the study was to evaluate the effect of biogenic selenium nanoparticles (SeNPs), synthesized by “green” microbiological reduction of Na₂SeO₃ with the probiotic culture *Lactobacillus plantarum*, on the concentration of free T3 and T4 and the activation coefficient (T3/T4×100) in the blood of Cobb-500 broiler chickens.

The experiment used 200-day-old chickens divided into 5 groups (n=40): control; sodium selenite 0.30 mg Se/kg feed + probiotic; SeNPs 0.15, 0.30, and 0.45 mg Se/kg feed + probiotic. Blood samples were taken on days 21 and 42; free T3 and T4 were determined by ELISA (Granum test systems, Ukraine), and statistical significance was assessed using Student's t-test (p<0.05).

A dose-dependent increase in T3 and decrease in T4 was observed in all selenium-containing groups as early as day 21. On day 42, SeNPs at a dose of 0.45 mg/kg provided an activation coefficient of 16.40 compared to 5.98 in the control and 8.36 in the selenite group; at an equivalent dose of 0.30 mg/kg, SeNPs increased T3 by approximately 40% and decreased T4 by 23% compared to selenite.

The data obtained indicate an increase in T4→T3 conversion under the action of biogenic SeNPs and a cumulative effect between days 21 and 42. A dose of 0.30 mg Se/kg of feed is considered optimal for

practical use, providing a pronounced thyrotropic effect while minimizing the risk of excessive selenium accumulation; the “probiotic-nanoparticle” synergy is a promising platform for the creation of functional feed additives in poultry farming. The T3/T4 ratio can serve as a biomarker of the effectiveness of se-

lenium supplementation in broilers and for further optimization of dosage.

Keywords: selenium nanoparticles, green synthesis, probiotics, thyroid hormones, broiler chickens, triiodothyronine, thyroxine, *Lactobacillus plantarum*, activation coefficient, deiodinases.



Copyright: Бітюцький В.С. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Бітюцький В.С.

Цехмістренко С.І.

Харчишин В.М.

Тимошок Н.О.

Мельниченко О.М.

Веред П.І.

Мельниченко Ю.О.

<https://orcid.org/0000-0002-2699-3974>

<https://orcid.org/0000-0002-7813-6798>

<https://orcid.org/0000-0002-3403-3535>

<https://orcid.org/0000-0002-4207-4492>






<https://orcid.org/0000-0001-5462-508X>

<https://orcid.org/0000-0001-6548-4622>

<https://orcid.org/0000-0002-1324-0762>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК 636.2.034:612.664

**Закономірності формування та зміни
молочної продуктивності корів упродовж лактації
та методи її прогнозування****Гетья А.А.¹ , Матвєєв М.А.¹ , Борщ О.В.² ,
Борщ О.О.² , Гришко В.А.² **¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України² Білоцерківський національний аграрний університет E-mail: borshcha@outlook.com

Гетья А.А., Матвєєв М.А., Борщ О.В., Борщ О.О., Гришко В.А. Закономірності формування та зміни молочної продуктивності корів упродовж лактації та методи її прогнозування. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 14–23.

Getya A., Matvieiev M., Borshch O., Borshch O., Grishko V. Patterns of Milk Productivity Formation and Changes Throughout Cow Lactation and Methods for Its Prediction. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 14–23.

Рукопис отримано: 23.02.2026 р.

Прийнято: 09.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-14-23

ISSN 2310-9289

Метою дослідження було, з одного боку, проаналізувати динаміку показників молочної продуктивності та якості молока корів упродовж лактації, а з іншого – визначити оптимальні строки проведення контрольних доїнь для відбору проб молока з метою отримання найбільш точного прогнозу за стандартну лактацію.

Дослідження проведено у СП «Молочарське» Покровського району Дніпропетровської області на коровах голштинської породи. Встановлено, що максимальний добовий надій у корів голштинської породи досягався на 50-й день лактації, після чого спостерігалось поступове зниження добової продуктивності до її завершення. Виявлено вірогідні від'ємні кореляційні зв'язки між надоем і вмістом жиру ($r = -0,32$; $p \leq 0,001$), а також між надоем і вмістом білка ($r = -0,28$; $p \leq 0,001$). На початку лактації співвідношення жиру до білка було підвищеним, що свідчить про наявність від'ємного енергетичного балансу в цей період.

У другій половині лактації відзначено зростання кількості соматичних клітин у молоці. При цьому встановлено вірогідний позитивний зв'язок між їхньою кількістю та вмістом білка ($r = 0,19$; $p \leq 0,05$). Водночас вміст лактози мав від'ємний кореляційний зв'язок як із кількістю соматичних клітин ($r = -0,38$), так і з вмістом білка ($r = -0,22$).

Показник енергетично скоригованого молока (ECM_2) упродовж лактації зменшувався з 33,44 до 21,51 кг і характеризувався тісним вірогідним зв'язком із добовим надоем ($r = 0,91$; $p \leq 0,001$), що підтверджує його інформативність для комплексної оцінки молочної продуктивності. Найвищі коефіцієнти кореляції між результатами денних контрольних доїнь і показниками продуктивності за стандартну лактацію встановлено для 3-6-го контрольних доїнь. Це свідчить про доцільність використання саме цього періоду лактації для найбільш точного прогнозування продуктивності за 305 днів. Воначас вміст жиру, визначений на різних етапах лактації, корелював із середнім показником за лактацію слабше порівняно з іншими ознаками, що знижує точність його прогнозування за окремими денними показниками.

Ключові слова: молочні корови, прогнозування продуктивності, надій, вміст жиру та білка, соматичні клітини.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Життєздатність окремих організмів і популяцій є складною інтегральною характеристикою, що відображає сукупну дію генетичних, фізіологічних і середовищних чинників і перебуває в центрі уваги сучасних біологічних досліджень. Її вивчення охоплює низку взаємопов'язаних наукових напрямів, зокрема геноміку, метаболоміку, флаксоміку, епігенетику та інші дисципліни, що інтенсивно розвиваються протягом останніх десятиліть [1, 2].

Актуальність поглибленого вивчення цієї проблематики зумовлена негативними тенденціями в сучасному тваринництві, серед яких – поширення так званих «хвороб продуктивності», стійке зниження відтворювальної здатності тварин, а також погіршення якісних показників і безпечності продукції. У цих умовах підвищується значущість науково обґрунтованих підходів до оцінки та прогнозування продуктивності тварин.

Ефективна селекція є одним із ключових чинників підвищення економічної ефективності молочного скотарства та забезпечення продовольчої безпеки. Традиційно основним критерієм селекції виступає молочна продуктивність, яку оцінюють за величиною надою та показниками якості молока (вміст жиру і білка) за певний період лактації, як правило, стандартизований до 305 днів, або декілька завершених лактацій [3].

Молочне скотарство є галуззю тваринництва, для якої характерний відносно тривалий період відтворення, що зазвичай становить 3–4 роки. У випадку проведення оцінки тварин за власною продуктивністю це період ще більше подовжується [4, 5]. Водночас економічно недоцільним є утримання в стаді тварин, які в подальшому можуть не виправдати очікувань щодо рівня продуктивності та господарської цінності [6].

При вдосконаленні продуктивних і племінних ознак молочних корів актуальним є обґрунтування доцільності використання поголів'я тварин [7]. Важливим чинником підвищення рентабельності скотарства та молочної галузі є високоточне прогнозування продуктивних ознак корів [8]. Точність бонітування теличок значною мірою визначає можливість достовірного прогнозування їхньої майбутньої продуктивності та оцінки економічного ефекту протягом продуктивного періоду [9].

Рання оцінка тварин за племінними та продуктивними ознаками дає змогу обґрунтовано визначити напрями їхнього вирощування або відгодівлі з урахуванням особли-

востей росту, розвитку та прогнозованої продуктивності [10–12]. Прогнозування продуктивності молодняку безпосередньо залежить від кількості врахованих ознак, сили їхніх кореляційних зв'язків із продуктивними показниками та між собою.

Господарсько-корисні ознаки формуються під впливом спадковості, етологічних особливостей та інтенсивності обмінних процесів в організмі та реалізуються за умов забезпечення оптимальних умов годівлі й утримання [13]. На відміну від диких родичів, сільськогосподарські тварини характеризуються вищим рівнем генетичної різноманітності та фенотипової мінливості, що позначається на їхніх продуктивних і поведінкових ознаках. Це необхідно враховувати в селекційній роботі з метою інтенсифікації виробництва та підвищення рівня продуктивності [14, 15].

Кількісні ознаки у сільськогосподарських тварин успадковуються за проміжним типом, тому точність прогнозу безпосередньо залежить від кількості врахованих ознак і сили їхнього кореляційного зв'язку з продуктивністю тварин [16, 17, 18]. Підвищення точності прогнозування може бути досягнуте шляхом поєднання генетичної оцінки з аналізом етологічних і гематологічних показників, інтегрованих у комплексний індекс прогнозованої продуктивності. Водночас необхідно враховувати рівень повноцінності годівлі й умови утримання тварин [19, 20].

Інтенсифікація технологій виробництва зумовлює необхідність вивчення поведінкових особливостей тварин, які корелюють із господарсько-корисними ознаками. Їхнє дослідження та врахування дають змогу більш повно реалізувати генетичний потенціал тварин. Водночас залишаються недостатньо вивченими питання, пов'язані з повторюваністю поведінкових ознак, а також характером і силою їхнього зв'язку з продуктивністю, спадковістю та мінливістю. Окрім того, відсутня цілісна концепція інтегрованого використання генетичної, гематологічної та етологічної інформації у селекційній роботі.

Метою цієї роботи було, з одного боку, проаналізувати динаміку показників продуктивності та якості молока корів упродовж лактації, а з іншого – визначити оптимальні строки (контрольні доїння) відбору зразків молока для забезпечення найточнішого прогнозу за стандартну лактацію.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у СП «Молочарське» Покровського району Дніпропетровської області

(47°58'11" пн. ш. 36°14'10" сх. д.) на коровах голштинської породи (n = 110). У господарстві застосовується безприв'язне утримання тварин у легкозбірних приміщеннях із використанням цілорічної годівлі повнораціонними (загальнозмішаними) раціонами. Доїння здійснювали у доїльному залі на установці типу «Ялинка». Підготовку та роздавання кормів на кормовий стіл проводили за допомогою кормороздавача «Valmetal Supercart 542». Напування тварин здійснювалося через групові напувалки з вільним доступом. Повітрообмін у тваринницькому приміщенні регулювали за допомогою бічних штор, а в теплий період року додатково використовували навісні вентилятори для забезпечення належної вентиляції.

Середні проби молока відбирали щомісяця під час контрольних доїнь. Кратність доїння становила 2 рази на добу (відповідно до класифікації ICAR – BP44, 2x) [21]. Для відбору використовували молокоміри, після чого зразки молока відбирали у стерильні пробірки об'ємом 40 мл, до яких попередньо вносили консервант Broad Spectrum Microtabs II (Broad Spectrum Microtabs II як діюча речовина). Лабораторний аналіз відібраних проб молока проводили в акредитованій лабораторії Dairy Management System (м. Дніпро) відповідно до встановленої методики [22]. У зразках визначали масову частку жиру (%), білка (%), лактози (%), а також кількість соматичних клітин (тис/см³).

кількості енергетично скоригованого молока (ЕСМ₁ та ЕСМ₂), використовували методику, наведену в роботі Sjaunja et al. (1990) [24] відповідно до таких формул:

$$ЕСМ_1 = (\text{жир, кг} \times 38,3 + \text{білок, кг} \times 24,2 + \text{надій} \times 0,7832) / 3,14 \quad (2)$$

$$ЕСМ_2 = (\text{жир, кг} \times 38,3 + \text{білок, кг} \times 24,2 + \text{лактоза, кг} \times 16,54 + \text{надій} \times 0,0207) / 3,14 \quad (3)$$

Вихід молочного жиру та білка, а також співвідношення жиру до білка розраховували відповідно до методик [21].

Годівлю тварин здійснювали з урахуванням фізіологічного стану, фази лактації та рівня продуктивності корів із використанням повнораціонної (загальнозмішаної) годівлі (табл. 1).

Різну інформацію щодо селекційних ознак було зібрано з баз даних програмного забезпечення Lact-T Зокрема, використано дані щодо ідентифікації тварин, їхньої продуктивності (надою, вмісту жиру, білка та лактози, а також кількості соматичних клітин у молоці) та походження Lact-T. Зібрану інформацію опрацьовували за допомогою статистичного пакета IBM SPSS Statistics.

Для візуалізації отриманих результатів застосовували інструменти SPSS та Microsoft Excel. Підготовку даних для розрахунків

Таблиця 1 – Узагальнені показники рівня годівлі корів у досліджуваному господарстві*

Показник	Значення
Середньодобовий надій на одну дійну корову, кг	26,5
Добове споживання сухої речовини корму (СРК), кг/гол	20,9
Кількість молока на 1 кг СРК, кг	1,27
Чистої енергії лактації на 1 кг СРК, МДж	5,82
Сирого протеїну на 1 кг СРК, %	15,3

Примітка.* – таблицю сформовано на основі даних зоотехнічного та бухгалтерського обліку господарства.

Для перерахунку кількості соматичних клітин у бали використовували методику, наведену в роботі Wiggans and Shook, 1987 [23], відповідно до такої формули:

$$SCS = \log_2(SCC/100,000) + 3 \quad (1)$$

Для оцінювання загального рівня надоев за відповідного складу молока, зокрема

здійснювали у Microsoft Excel (пакет Office 365). Коефіцієнти фенотипової кореляції визначали на основі парних кореляцій коефіцієнти фенотипової кореляції брали результати, отримані під час розрахунків парних кореляцій Пірсона з оцінюванням їхньої статистичної значущості у середовищі IBM SPSS Statistics [25].

Результати дослідження та обговорення. Аналіз динаміки показників продуктивності корів голштинської породи в умовах СП «Молочарське» представлено на рисунку 1. Встановлено, що у корів досліджуваного стада максимальний добовий надій спостерігається за результатами другого контрольного доїння, яке проводили на 50-й день лактації. У подальшому відзначається поступове зниження добової продуктивності протягом лактаційного періоду.

Мінімальні значення вмісту білка спостерігалися під час другого, а жиру – під час третього контрольного доїння. Максималь-

ні рівні жиру та білка становили 4,43 % та 3,63 % відповідно та фіксувалися наприкінці лактації, під час останнього контрольного доїння. У досліджуваній популяції спостерігається така тенденція – зі зростанням продуктивності зменшується концентрація білка та жиру в молоці ($r=-0,32$ та $r=-0,28$ для вмісту жиру та білка відповідно за $p \leq 0,001$) (табл. 2).

Співвідношення жиру до білка в молоці на перших місяцях лактації було вищим, порівняно із останніми місяцями лактації, що пояснюється від’ємним енергетичним балансом у корів на початку лактації (рис. 2).

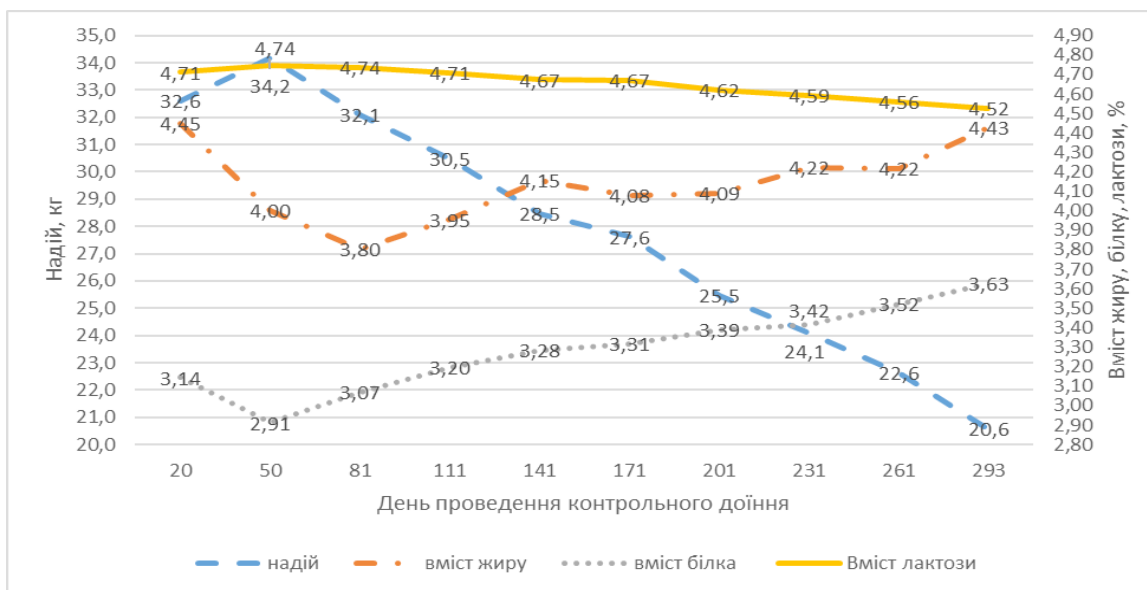


Рис. 1. Динаміка надою, вмісту жиру, білка та лактози упродовж лактації корів СП «Молочарське» (n = 144).

Таблиця 2 – Кореляційні зв’язки між досліджуваними ознаками корів за 305 днів лактації (n = 144)

Ознака	надій	вміст жиру	вміст білка	F/P	вміст лактози	ЕСМ ₁	ЕСМ ₂
Надій	–	–	–	–	–	–	–
Вміст жиру	-0,32***	–	–	–	–	–	–
Вміст білка	-0,28***	0,49***	–	–	–	–	–
F/P	-0,15	0,76***	-0,19*	–	–	–	–
Вміст лактози	0,09	-0,15	-0,22**	0,002	–	–	–
ЕСМ ₁	0,90***	0,10	0,01	0,11	0,00	–	–
ЕСМ ₂	0,91***	0,09	-0,003	0,11	0,06	0,99***	–
SCS	0,08	0,10	0,19*	-0,03	-0,38***	0,15	0,12

Примітки: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$.

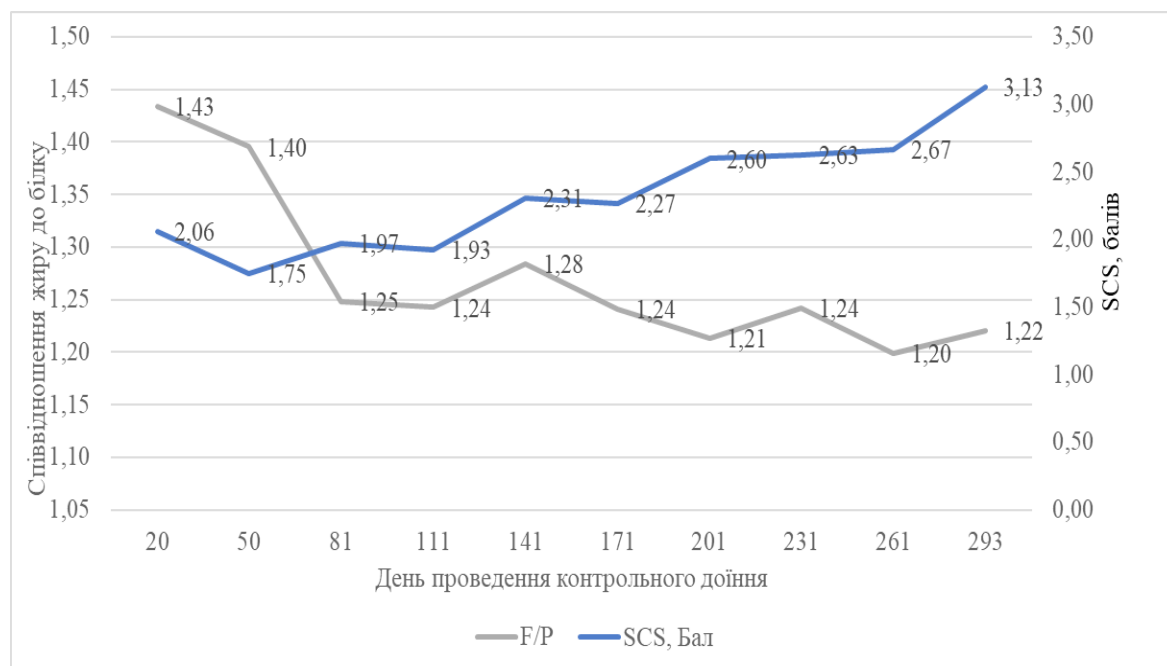


Рис. 2. Співвідношення вмісту жиру до білка та рівня соматичних клітин упродовж лактації корів СП «Молочарське» (n = 144).

Натомість середній показник кількості соматичних клітин має тенденцію до поступового зростання, починаючи з другої половини лактації, тоді як підвищення вмісту білка у молоці спостерігається вже з третього місяця лактації. За результатами досліджень встановлено статистично вірогідний ($p \leq 0,05$) кореляційний зв'язок між кількістю соматичних клітин і вмістом білка у молоці лактуючих корів ($r = 0,19$).

У багатьох країнах оплата за молоко безпосередньо залежить від вмісту його основних компонентів. Для комплексної оцінки якості молока застосовують показник енергетично скоригованого молока (ЕСМ). Оскільки показники ЕСМ₁ та ЕСМ₂, розраховані за різними методиками, характеризуються тісним кореляційним зв'язком ($r = 0,99$; $p \leq 0,01$), для подальшої візуалізації (рис. 3.19) використано показник ЕСМ₂, який враховує надій, вміст жиру, білка та лактози.

Аналіз рисунка 3 дає підстави стверджувати, що середньодобовий надій молока, скоригований за якісними показниками (ЕСМ₂), протягом лактації поступово знижується — від 33,44 до 21,51 кг.

Показник ЕСМ₂ характеризується статистично вірогідним тісним кореляційним зв'язком із середньодобовим надоем ($r = 0,91$ за $p \leq 0,001$). Водночас встановлено обернений

кореляційний зв'язок між вмістом лактози та кількістю соматичних клітин ($r = -0,38$), а також між вмістом лактози і вмістом білка ($r = -0,22$).

Співвідношення жиру до білка (F/P) характеризується статистично вірогідним позитивним кореляційним зв'язком із вмістом жиру ($r = 0,76$; $p \leq 0,01$), що свідчить про тенденцію до відносного зниження вмісту білка зі зростанням цього показника. З огляду на те, що протягом лактації склад молока зазнає суттєвих змін, доцільним є дослідження динаміки вмісту лактози, середньодобового надою, а також показників ЕСМ₁ та ЕСМ₂ у корів різного віку впродовж лактації.

Найнижчий рівень продуктивності встановлено у корів першої лактації (рис. 4). Водночас найвищі показники надоїв характерні для тварин третьої лактації. Пікові значення середньодобового надою у корів першої, другої та третьої лактації зафіксовано під час другого контрольного доїння. Натомість у корів четвертої лактації відмічено поступове зниження добової продуктивності протягом усього періоду спостережень. У цілому для досліджуваної популяції характерним є досягнення максимальних надоїв упродовж трьох місяців лактації та їхнє зниження за останні два місяці.

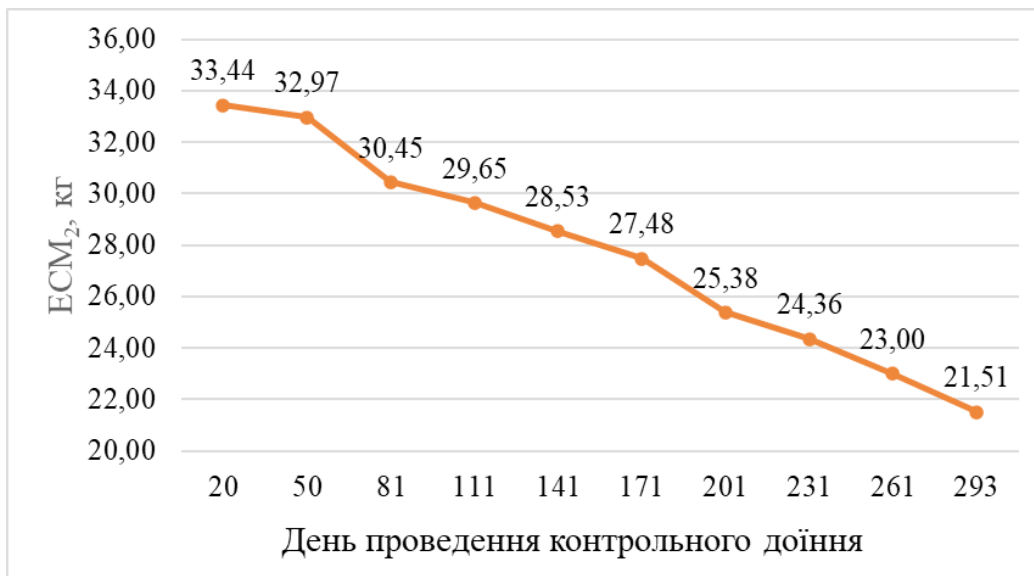


Рис. 3. Динаміка рівня ECM₂ упродовж лактації корів СП «Молочарське» (n = 144).

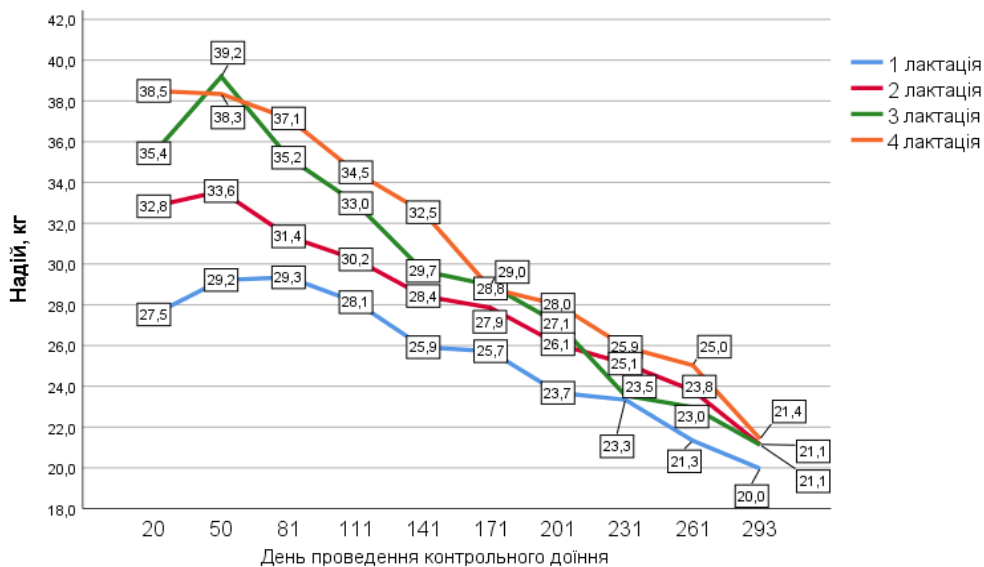


Рис. 4. Динаміка середньодобових надоїв корів різного віку впродовж лактації.

Аналіз вмісту лактози в молоці корів різних лактацій показав, що у тварин третьої та четвертої лактації середній її рівень є нижчим порівняно з коровами першої та другої лактацій (табл. 3). Окрім того, у всіх вікових групах простежується тенденція до поступового зниження вмісту лактози наприкінці лактації порівняно з її початком.

Результати досліджень коефіцієнтів кореляції між показниками продуктивності на різних етапах лактації та продуктивністю за стандартну лактацію наведено на рисунку 5.

Для більшості досліджуваних ознак установлено, що найвищі коефіцієнти кореляції спостерігаються між показниками середньодобової продуктивності за 3–6-те контрольні

доїння та продуктивністю за стандартну лактацію (рис. 6). Водночас у період від 1-го контрольного доїння (20-й день) до 6-го (171-й день лактації) відмічено поступове зростання коефіцієнта кореляції між вмістом білка в молоці та його середнім вмістом за стандартну лактацію.

З метою оптимізації витрат на проведення контрольних доїнь доцільним є застосування сучасних математичних методів інтерполяції, які забезпечують достатню точність розрахунків продуктивності за стандартну лактацію. На нашу думку, найбільш достовірні результати можуть бути отримані за

умови використання в розрахунках даних молочної продуктивності, зафіксованих під час тих контрольних доїнь, які характеризуються найвищими коефіцієнтами кореляції з показниками продуктивності за 305 днів лактації.

Водночас установлено, що вміст жиру в молоці, визначений на різних етапах лактації, має відносно слабший кореляційний зв'язок із середнім його рівнем за лактацію порівняно з іншими показниками продуктивності. У зв'язку з цим прогнозування вмісту жиру за лактацію на основі денних значень цього показника може супроводжуватися підвищеною похибкою.

Таблиця 3 – Динаміка вмісту лактози в молоці корів різного віку впродовж лактації (M±m)

№ лактації та кількість корів	День лактації, на який проведено контрольне доїння									
	20	50	81	111	141	171	201	231	261	293
1 (n = 43)	4,76± 0,029	4,79± 0,029	4,78± 0,025	4,71± 0,025	4,73± 0,024	4,69± 0,022	4,65± 0,023	4,62± 0,043	4,63± 0,030	4,57± 0,039
2 (n = 51)	4,75± 0,024	4,80± 0,027	4,80± 0,022	4,79± 0,024	4,72± 0,047	4,77± 0,029	4,71± 0,029	4,68± 0,031	4,66± 0,036	4,63± 0,042
3 (n = 21)	4,66± 0,037	4,64± 0,038	4,61± 0,038	4,63± 0,045	4,57± 0,034	4,61± 0,027	4,53± 0,042	4,52± 0,036	4,38± 0,101	4,50± 0,045
4 (n = 15)	4,65± 0,040	4,71± 0,036	4,71± 0,054	4,69± 0,050	4,66± 0,059	4,60± 0,047	4,56± 0,065	4,48± 0,063	4,48± 0,056	4,38± 0,058

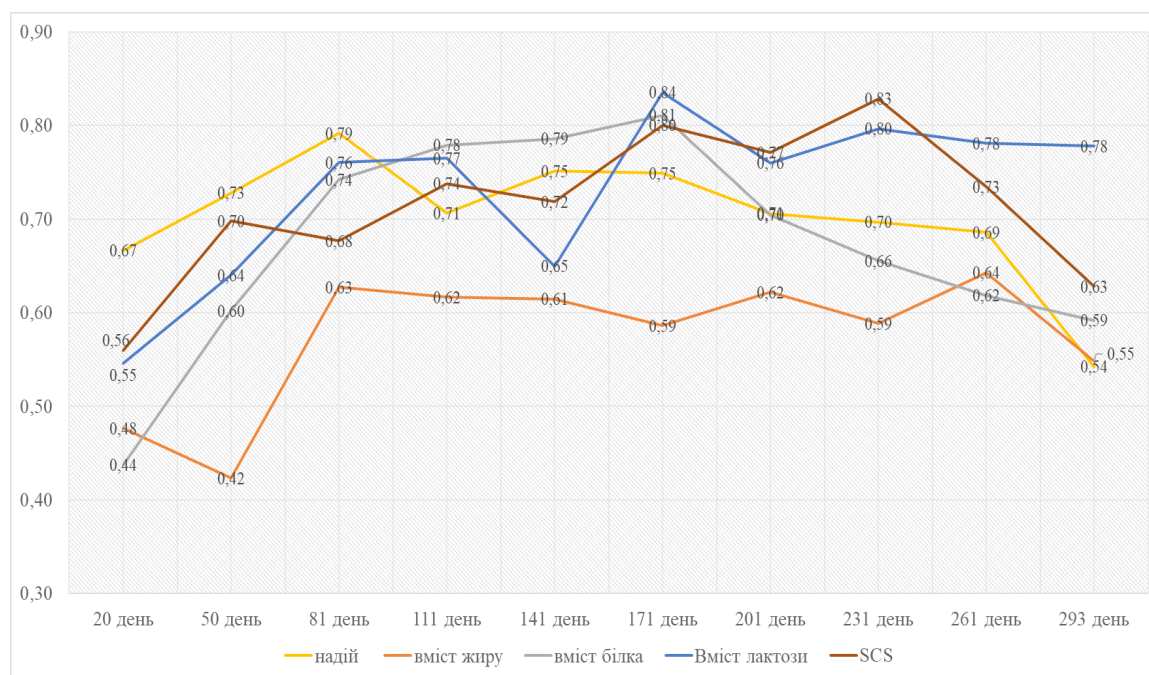


Рис 5. Коефіцієнти кореляції між результатами контрольних доїнь, отриманими на різних етапах лактації, та відповідними показниками за стандартну лактацію.

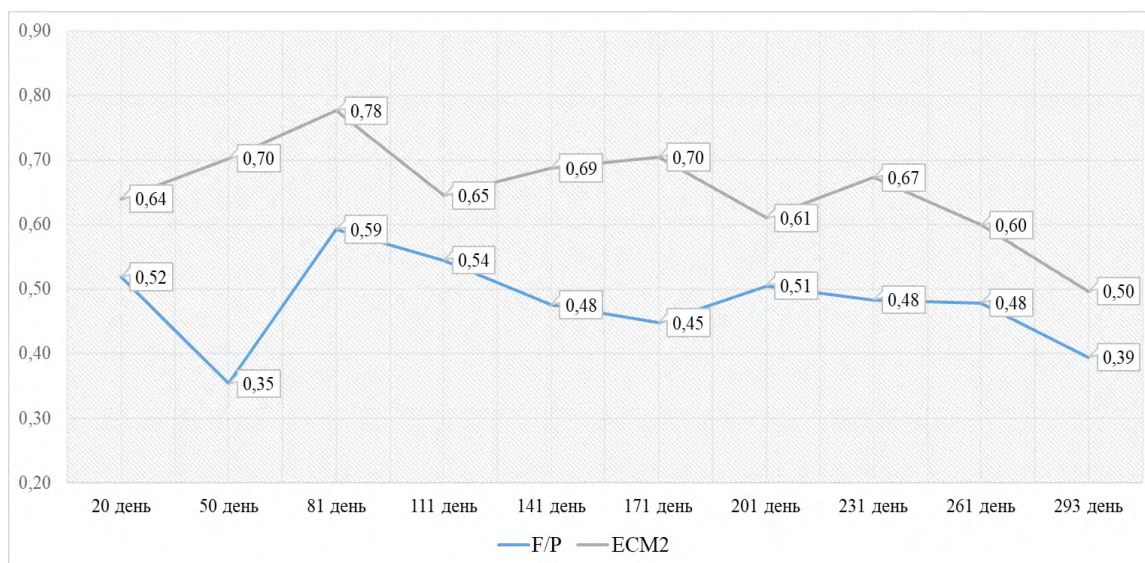


Рис. 6. Коефіцієнти кореляції між результатами денних контрольних доїнь за показниками виходу енергетично скоригованого молока та співвідношенням жиру до білка, отриманими на різних етапах лактації, і відповідними показниками за стандартну лактацію.

Наведена динаміка змін кореляційних залежностей для комплексного показника енергетично скоригованого молока (ECM₂) (рис. 6) має подібний характер до змін кореляційних залежностей для середньодобового надоя (рис. 5).

Висновки. Максимальний добовий надій молока у корів голштинської породи зафіксовано на 50-й день лактації, після чого спостерігалось поступове зниження продуктивності до її завершення. Встановлено вірогідні від'ємні кореляції між надоем і вмістом жиру ($r = -0,32$; $p \leq 0,001$) та між надоем і вмістом білка ($r = -0,28$; $p \leq 0,001$). Наприкінці лактації відмічено підвищення вмісту жиру та білка в молоці.

На початку лактації співвідношення жиру до білка було вищим, що свідчить про прояв негативного енергетичного балансу в цей період. У другій половині лактації спостерігалось зростання кількості соматичних клітин, при цьому встановлено вірогідний позитивний зв'язок між їхньою кількістю та вмістом білка в молоці ($r = 0,19$; $p \leq 0,05$), тоді як вміст лактози мав від'ємні кореляції з кількістю соматичних клітин ($r = -0,38$) і вмістом білка ($r = -0,22$).

Показник енергетично скоригованого молока (ECM₂) протягом лактації знижувався меншувався з 33,44 до 21,51 кг і мав тісний вірогідний зв'язок із добовим надоем ($r = 0,91$; $p \leq 0,001$), що підтверджує його інформативність для комплексної оцінки молочної

продуктивності. Найвищі коефіцієнти кореляції між результатами контрольних добових доїнь і показниками продуктивності за стандартну лактацію встановлено для 3–6-го контрольних доїнь, що свідчить про доцільність використання саме цього періоду лактації для найбільш точного прогнозування продуктивності за 305 днів. Водночас вміст жиру, визначений на різних етапах лактації, характеризувався слабшим кореляційним зв'язком із середнім його рівнем за лактацію порівняно з іншими ознаками, тому прогнозування цього показника за окремими денними значеннями є менш точним.

REFERENCES

- Hu, H., Whitcomb, C.A., Ploetz, T.E., Reed, K.F. (2025). Transdisciplinary model-based systems engineering (MBSE) in the development of the Ruminant Farm Systems model. *Frontiers in Sustainability*, no. 6. DOI:10.3389/frsus.2025.1561453.
- Godber, O.F., Czymmek, K.J., van Amburgh, M.E., Ketterings, Q.M. (2025). Farm-gate greenhouse gas emission intensity for medium to large New York dairy farms. *Journal of Dairy Science*, no 108, pp. 5039–5060. DOI:10.3168/jds.2024-25874
- Borshch, O.O., Ruban, S., Borshch, O.V., Kosior, L., Fedorchenko, M., Bondarenko L., Bilkevich V. (2022). Composition and cheese suitability of milk from local Ukrainian cows and their crossbreedings with Montbeliarde breed. *Agronomy Research*, Vol. 20, no. 3, pp. 494–501. DOI:10.15159/AR.22.058
- Gong, Y., Hu, H., Reed, K.F., Cabrera, V.E. (2025). Advancing dairy farm simulations: a 2-step approach for tailored lactation curve estimation and

- its systemic impacts. *Journal of Dairy Science*, no. 108, pp. 9681–9695. DOI:10.3168/jds.2025-26334
5. Li, J., Kebreab, E., You, F., Fadel, J.G., Hansen, T.L., VanKerhove, C., Reed, K.F. (2022). The application of nonlinear programming on ration formulation for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, no. 105, pp. 2180–2189. DOI:10.3168/jds.2021-20817.
6. Ruban, S., Danshyn, V., Matvieiev, M., Borshch, O.O., Borshch, O.V., Korol-Bezpalá, L. (2022). Characteristics of lactation curve and reproduction in dairy cattle. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Vol. 70, no. 28, pp. 373–381. DOI:10.11118/actaun.2022.028
7. del Prado, A., Vibart, R.E., Bilotto, F.M., Faverein, C., Garcia, F., Henrique, F.L., Leite, F.F.G.D., Mazzetto, A.M., Ridoutt, B.G., Yáñez-Ruiz, D.R., Bannink, A. (2025). Feed additives for methane mitigation: Assessment of feed additives as a strategy to mitigate enteric methane from ruminants – Accounting; How to quantify the mitigating potential of using antimethanogenic feed additives. *Journal of Dairy Science*, no. 108, pp. 411–429. DOI:10.3168/jds.2024-25044.
8. Fedota, O., Puzik, N., Skrypkiná, I., Babalyan, V., Mitiohlo, L., Ruban, S., Borshch, O.O., Borshch, O.V. (2022). Single nucleotide polymorphism C994g of the cytochrome P450 gene possess pleiotropic effects in *Bos taurus*, L. *Acta Biologica Szegediensis*, Vol. 66, no. 1, pp. 7–15. DOI:10.14232/abs.2022.1.7-15
9. Ruban, S., Merzlov, S., Matvieiev, M., Borshch, O.V., Borshch, O.O., Bilkevich, V., Lykhach, V., Fedorchenko, M., Bondarenko, L. (2023). Amino acid composition of milk from Finnish Ayrshire cows and their crossbreeds with the Norwegian Red breed. *Agronomy Research*, Vol. 21, no. 2, pp. 897–906. DOI:10.15159/AR.23.096
10. Ruban, S., Danshyn, V., Matvieiev, M., Lastovska, I., Borshch, O.O., Borshch, O.V., Bilkevych, V., Fedorchenko, M., Lykhach, V. (2023). Grounding the economic selection index for evaluation and selection of dairy cattle. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, Vol. 48, no. 4, pp. 258–268. DOI:10.14710/jitaa.48.4.258-268
11. Matvieiev, M., Ceyhan, A., Kozaklı, Ö., Getya, A., Borshch, O.O., Ruban, S. (2025). Comparison of non-linear models for growth characterization of purebred Ayrshire and crossbred cattle. *Archives Animal Breeding*, Vol. 6, no. 4, pp. 721–730. DOI:10.5194/aab-68-721-2025
12. Weigel, D.J., Adamchick, J., Briggs, K.R., Fessenden, B., Melchior, E.A., Fouts, J.Q., Reed, K.F., Di, Croce F. 2025. Reduction of environmental effects through genetic selection. *Journal of Dairy Science*, no. 108, pp. 7165–7178. DOI:10.3168/jds.2024-25984
13. Lastovska, I., Matvieiev, M., Borshch, O.V., Getya, A., Ruban, S., Babenko, O., Borshch, O.O., Chumachenko, I., Ostrovskiy, D. (2025). The Influence of Somatic Cell Count in Milk on Its Composition During the Summer Period. *Poljoprivreda*, Vol. 31, no. 2, pp. 46–52. DOI:10.18047/poljo.31.2.6
14. Matvieiev, M., Getya, A., Nehrey, M., Yakubets, T., Ruban, S., Nazarko, O., Borshch, O.O., Lastovska, I., Baban, V., Mashkin, M. (2025). Optimization of dairy farming in Ukraine: Integrating modern information technologies for genetic improvement and sustainable herd management. *Agronomy Research*, Vol. 23, no. 1, pp. 435–447. DOI:10.15159/AR.25.010
15. Breen, M., Upton, J., Murphy, M.D. (2020). Photovoltaic systems on dairy farms: Financial and renewable multi-objective optimization (FARMOO) analysis. *Applied Energy*, no. 278. DOI:10.1016/j.apenergy.2020.115534.
16. Li, T.T., Zhao, A.P., Wang, Y., Alhazmi, M. (2025). Hybrid energy storage for dairy farms: Enhancing energy efficiency and operational resilience. *Journal of Energy Storage*, no. 114. DOI:10.1016/j.est.2025.115811
17. Kebreab, E., Reed, K.F., Cabrera, V.E., Vadas, P.A., Thoma, G., Tricarico, J.M. (2019). A new modeling environment for integrated dairy system management. *Animal Frontiers*, no. 9, pp. 25–32. DOI:10.1093/af/vfz004.
18. Reed, K.F., Adamchick, J., Briggs, K.R., Nydam, D.V. (2024). Simulating diverse dairy management systems with the RuFaS model in Proc. Cornell Nutrition Conference. Cornell University, Ithaca, NY, pp. 47–57. Available at: <https://hdl.handle.net/1813/115565>.
19. Bittante, G. (2022). Effects of breed, farm intensiveness, and cow productivity on infrared predicted milk urea. *Journal of Dairy Science*, Vol. 105, no. 6, pp. 5084–5096. DOI:10.3168/jds.2021-21105
20. da Rosa, Righi R., Goldschmidt, G., Kunst, R., Deon, C., da Costa, C.A. (2020). Towards combining data prediction and internet of things to manage milk production on dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 169. DOI:10.1016/j.compag.2019.105156
21. ICAR (International Committee for Animal Recording). (2022). Section 2 – Guidelines for Dairy Cattle Milk Recording. Available at: <https://www.icar.org/Guidelines/02-Overview-Cattle-Milk-Recording.pdf>
22. Bentley Instruments, Inc. (2015). DairySpec FT User Manual. Bentley Instruments, Inc., Minnesota, USA.
23. Wiggans, G., Shook, G. (1987). A Lactation measure of somatic-cell count. *Journal of Dairy Science*, Vol. 70, pp. 2666–2672. DOI:10.3168/jds.S0022-3190302(87)80337-5
24. Sjaunja, L.O., Baevre, L., Junkkarinen, L., Pedersen, J., Setälä, J. (1990). A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. *Comite international pour le controle de la productivite laitiere du betail*. 27eme session, 2-6 Juillet, Paris, France.
25. Cronk, B.C. (2008). How to use SPSS: A step-by-step guide to analysis and interpretation. California: Pyrczak Pub.

Patterns of Milk Productivity Formation and Changes Throughout Cow Lactation and Methods for Its Prediction

Getya A.A., Matvieiev M.A., Borshch O.V., Borshch O.O., Grishko V.A.

The aim of this study was, on the one hand, to analyze changes in milk productivity and milk quality indicators in cows throughout lactation and, on the other hand, to determine the optimal timing of test-day milkings for milk sampling in order to obtain the most accurate prediction for standard lactation.

The study was conducted at the agricultural enterprise “Molocharske” in the Pokrovskiy district of Dnipropetrovsk region using Holstein cows. It was established that the maximum daily milk yield in Holstein cows was observed on the 50th day of lactation, after which a gradual decline in daily milk production occurred until the end of lactation. Significant negative correlations were found between milk yield and fat content ($r = -0.32$; $p \leq 0.001$), as well as between milk yield and protein content ($r = -0.28$; $p \leq 0.001$). At the beginning of lactation, the fat-to-protein ratio was elevated, indicating a negative energy balance during this period.

In the second half of lactation, an increase in the number of somatic cells in milk was observed. At the same time, a significant positive relationship was established between somatic cell count and protein content ($r = 0.19$; $p \leq 0.05$). Meanwhile, lactose content showed a negative correlation both with somatic cell count ($r = -0.38$) and protein content ($r = -0.22$).

The energy-corrected milk (ECM2) yield decreased from 33.44 to 21.51 kg throughout lactation and showed a strong significant correlation with daily milk yield ($r = 0.91$; $p \leq 0.001$), confirming its informativeness for the comprehensive assessment of milk productivity. The highest correlation coefficients between the results of test-day milkings and productivity indicators for standard lactation were established for the 3rd–6th test-day milkings. This indicates the feasibility of using this particular lactation period for the most accurate prediction of 305-day productivity. At the same time, fat content determined at different stages of lactation correlated more weakly with the average lactation value compared with other traits, which reduces the accuracy of its prediction based on individual daily indicators.

Keywords: dairy cows, productivity prediction, milk yield, fat and protein content, somatic cells.



Copyright: Гетя А.А. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Гетя А.А.
Матвеев М.А.
Борщ О.В.
Борщ О.О.
Гришко В.А.


<https://orcid.org/0000-0002-4747-9261>
<https://orcid.org/0000-0003-1281-9032>
<https://orcid.org/0000-0001-5174-1309>
<https://orcid.org/0000-0002-8450-2109>
<https://orcid.org/0000-0002-0340-513X>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК 636.5:591.111:636.087.7

Вплив інсектної біомаси личинок *Hermetia illucens* на морфологічні та біохімічні показники крові фазанівДжус В.М., Бондаренко Л.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Бондаренко Л.В. E-mail: lvbondarenko@ukr.net

Джус В.М., Бондаренко Л.В. Вплив інсектної біомаси личинок *Hermetia illucens* на морфологічні та біохімічні показники крові фазанів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 24–31.

Dzhus V., Bondarenko L. The effect of *Hermetia illucens* larval biomass on the morphological and biochemical parameters of pheasant blood. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 24–31.

Рукопис отримано: 18.02.2026 р.

Прийнято: 03.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-24-31

ISSN 2310-9289

У статті наведено результати експериментального дослідження впливу інсектної біомаси личинок мухи чорної львинки (*Hermetia illucens*) на морфологічні та біохімічні показники крові фазанів (*Phasianus colchicus*).

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю пошуку альтернативних джерел високоякісного кормового білка в умовах зростання вартості традиційних протеїнових компонентів і посилення екологічних вимог до виробництва кормів.

Експеримент проведено на 40 клінічно здорових фазанах віком 6 тижнів, яких було розподілено на контрольну та три дослідні групи залежно від рівня включення інсектної біомаси до складу комбікорму (5 %, 10 %, 15 %). Упродовж 30 діб визначалися морфологічні (кількість еритроцитів і лейкоцитів, концентрація гемоглобіну, гематокрит, швидкість осідання еритроцитів) та біохімічні (вміст загального білка, альбумінів, глюкози, сечовини, креатиніну, активність аланінамінотрансферази та аспаратамінотрансферази, концентрацію кальцію і фосфору) показники крові.

Встановлено, що включення біомаси *Hermetia illucens* до раціону фазанів сприяє активації еритропоезу та покращенню кисневотранспортної функції крові, що підтверджується підвищенням кількості еритроцитів, рівня гемоглобіну та гематокриту. Зростання кількості лейкоцитів свідчить про посилення неспецифічної резистентності організму.

Біохімічний профіль крові характеризувався підвищенням концентрації загального білка та альбумінів, що вказує на інтенсифікацію білкового обміну та високу біологічну цінність протеїну інсектної біомаси. Підвищення рівнів концентрації кальцію та фосфору відображає позитивний вплив досліджуваної добавки на мінеральний обмін. Активність печінкових ферментів залишалася в межах фізіологічної норми, що підтверджує безпечність застосування інсектної біомаси у годівлі птиці. Найбільш виражені позитивні зміни морфологічних і біохімічних показників крові зафіксовано за включення *Hermetia illucens* на рівні 10 %, що дає змогу розглядати цю дозу як оптимальну для годівлі молодянку фазанів.

Ключові слова: інсектна біомаса, *Hermetia illucens*, фазани, кров, морфологічні показники, біохімічні показники, альтернативний білок.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У сучасних умовах глобальних трансформацій агропромислового виробництва, зумовлених кліматичними змінами, зростанням антропогенного навантаження на довкілля та підвищенням вимог до безпечності й якості продукції тваринництва, особливої актуальності набуває проблема оптимізації кормової бази [1, 2]. У ветеринарній і зоотехнічній практиці все більшого значення набувають розробка й упровадження екологічно безпечних, біологічно повноцінних та економічно обґрунтованих кормових компонентів, здатних забезпечувати високий рівень метаболічних процесів, ефективність адаптаційних реакцій і підвищення резистентності організму тварин [3].

Традиційні джерела кормового білка, зокрема соєвий і рибний шрот, дедалі частіше обмежуються у використанні через високу вартість, конкуренцію з харчовою промисловістю та негативний вплив на довкілля, пов'язаний із їхнім виробництвом [4, 5]. У зв'язку з цим одним із пріоритетних напрямів сучасних наукових досліджень є пошук альтернативних джерел білка, здатних не лише компенсувати дефіцит протеїну в раціонах сільськогосподарських тварин, а й чинити позитивний вплив на фізіологічний стан організму, імунологічну реактивність і метаболічну стабільність, особливо у молодяку птиці.

Одним із найбільш перспективних нетрадиційних кормових інгредієнтів на сьогодні вважається інсектна біомаса, зокрема личинки мухи чорної львинки (*Hermetia illucens*). Вони характеризуються високим вмістом сирого протеїну (до 42–45 %), який відзначається збалансованим амінокислотним складом і високою біологічною цінністю. Білковий компонент личинок містить усі незамінні амінокислоти, зокрема лізин, метіонін, треонін, валін і аргінін, що відіграють ключову роль у синтезі тканинних білків, функціонуванні ферментних систем, формуванні імунної відповіді та підтриманні гомеостазу організму птиці [6–8].

Окрім протеїну, інсектна біомаса *Hermetia illucens* є цінним джерелом ліпідів, вміст яких може сягати 28–35 %. Ліпідна фракція личинок характеризується високою часткою середньоланцюгових жирних кислот, серед яких провідну роль відіграє лауринова кислота, відома своїми антимікробними, проти-запальними та імуномодуючими властивостями [9]. Наявність зазначених жирних кислот сприяє стабілізації кишкового мікро-

біоценозу, покращенню перетравності корму та зниженню ризику розвитку дисбіотичних процесів.

Важливою складовою біомаси личинок чорної львинки є також комплекс макро- та мікроелементів, зокрема кальцій (до 5 %), фосфор, цинк, залізо, мідь і марганець, які беруть безпосередню участь у процесах гемопоєзу, мінералізації кісткової тканини, функціонуванні антиоксидантних систем і регуляції ферментативної активності [10, 11]. Окрім того, суха біомаса личинок містить вітаміни групи В (В1, В2, В5, В7), вітамін Е та каротиноїди, що забезпечують антиоксидантний захист клітин, стабілізацію клітинних мембран і підтримання енергетичного обміну [12–15].

За результатами численних експериментальних досліджень, включення інсектної біомаси до раціонів сільськогосподарської птиці асоціюється з підвищенням коефіцієнтів перетравності поживних речовин, активацією ферментів шлунково-кишкового тракту, інтенсифікацією ростових процесів, підвищенням неспецифічної резистентності та покращенням показників крові [16, 17].

Окрему роль у формуванні зазначених ефектів відіграють компоненти хітинової оболонки личинок, зокрема хітин і його похідні, які проявляють властивості природних імуномодуляторів і сприяють активації клітинних і гуморальних ланок імунної системи [18–20].

Фазан (*Phasianus colchicus*) як представник родини фазанових є об'єктом як промислового птахівництва, так і експериментальних біологічних і ветеринарно-фізіологічних досліджень. Водночас, порівняно з традиційними видами сільськогосподарської птиці – курями та індиками – фазан залишається менш вивченим у контексті особливостей обміну речовин, адаптаційних реакцій і відповіді організму на використання нетрадиційних кормових компонентів [21]. Особливо обмеженими є дані щодо впливу інсектної біомаси на гематологічний і біохімічний статус фазанів.

З огляду на те, що показники крові є чутливими інтегральними маркерами фізіологічного стану організму, інтенсивності метаболічних процесів та ефективності годівлі, дослідження змін морфологічних і біохімічних параметрів крові фазанів за умов включення інсектної біомаси *Hermetia illucens* до складу раціону є обґрунтованим і практично значущим. Отримані результати можуть слугувати підґрунтям для подальшого впровадження інсектної біомаси у годівлю нетрадиційних

видів птиці та розробки ефективних і безпечних кормових стратегій.

Мета дослідження – оцінити вплив згодовування інсектної біомаси личинок *Hermetia illucens* на морфологічні та біохімічні показники крові фазанів як інтегральних маркерів фізіологічного стану організму та ефективності використання корму.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в умовах науково-дослідного інституту Білоцерківського НАУ, Київська область, Україна. Для експерименту відібрано 40 клінічно здорових фазанів віком 6 тижнів, які були розподілені на 4 групи по 10 голів. Тривалість експерименту становила 30 діб.

- Контрольна група (К) – стандартний комбікорм без додавання інсектної біомаси.

- Дослідна група 1 (Д1) – комбікорм із додаванням 5 % біомаси личинок *Hermetia illucens*.

- Дослідна група 2 (Д2) – комбікорм із додаванням 10 % біомаси личинок *Hermetia illucens*.

- Дослідна група 3 (Д3) – комбікорм із додаванням 15 % біомаси *Hermetia illucens*.

Птахи утримувалися в кліткових батареях за стандартних умов мікроклімату: температура 20–25 °С, відносна вологість 55–65 %, світловий день 14 год/добу (природне+штучне освітлення). Вода і корм надавалися у вільному доступі.

У дослідженні використовувалися висушені та подрібнені личинки *Hermetia illucens*.

Таблиця 1 – Поживний склад біомаси личинок *Hermetia illucens*

Показник	Вміст
Сирий протеїн, %	50,1–50,6
Жири, %	34,0–34,8
Вуглеводи, %	6,0–6,5
Зола, %	0,8–1,1
Енергетична цінність, ккал/100г	200–202

Хімічний склад субстратів і личинок (вміст води, жиру, білка, вуглеводів, золи), а також амінокислотний склад опаришів визначали в Державному науково-дослідному контрольному інституті ветеринарних препаратів та кормових добавок (Львів, Україна).

Амінокислотний профіль *Hermetia illucens* визначали за допомогою системи капілярного електрофорезу «Kapel-105/105M» (СЕ) (Україна), оснащеної спеціалізованим

програмним забезпеченням для інтеграції даних. Етапи визначення амінокислот описані у працях [22, 24].

Амінокислоти розподіляли за функціональними групами (глікогенні, кетогенні, ароматичні та сірковмісні) відповідно до даних, наведених у [23].

Висушування зразків подрібненої маси личинок здійснювали в сушильній шафі SNOL-3.5-I2 (Україна) при температурі 60–65 °С до досягнення стану сухості на дотик. Після висушування бюкс із речовиною охолоджували на повітрі, залишаючи на столі в лабораторії протягом 2 годин, а потім знову зважували на технічних терезах WTE-2100 (Україна).

Вологість у відсотках визначали за формулою:

$$\frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \times 100 \%$$

де M_1 – маса до сушіння;

M_2 – маса після сушіння;

100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки.

Визначення вмісту протеїну в субстратах і висушеній масі личинок проводили методом К'ельдаля (ISO, 2009), а вміст жиру – методом Сокслета. Детальний опис методів визначення жиру, вуглеводів і золи наведено в працях [25, 26].

Енергетичну цінність личинок розраховували за формулою Атвотера:

$$ЕЦ = (P \times 4) + (F \times 9) + (C \times 4)$$

де ЕЦ – енергетична цінність, ккал/100 г сухої речовини;

P – вміст сирого протеїну, г/100 г;

F – вміст сирого жиру, г/100 г;

C – вміст вуглеводів, г/100 г;

4 і 9 – енергетичні коефіцієнти (ккал/г) [27].

На 30-ту добу експерименту у фазанів усіх груп здійснювали відбір венозної крові з крилової вени з дотриманням загальноприйнятих ветеринарно-санітарних і біоетичних вимог. Отримані зразки використовували для визначення морфологічних і біохімічних показників крові як інтегральних маркерів фізіологічного стану організму птиці.

Дослідження проводили в Науково-дослідній лабораторії «Молекулярно-генетичних та імунологічних досліджень» кафедри гігієни тварин та основ санітарії Білоцерківського НАУ.

Морфологічний аналіз крові включав визначення кількості еритроцитів ($\times 10^{12}/л$), лейкоцитів ($\times 10^9/л$), концентрації гемоглобіну (г/л), величини гематокриту (%) та швидкості осідання еритроцитів (мм/год).

Біохімічне дослідження сироватки крові передбачало визначення вмісту загального білка та альбумінів (г/л), концентрації глюкози (ммоль/л), показників азотистого обміну — сечовини (ммоль/л) і креатиніну (мкмоль/л), активності печінкових ферментів аланінамінотрансферази (АЛТ) та аспартатамінотрансферази (АСТ) (Од/л), а також рівня мінеральних компонентів — кальцію та фосфору (ммоль/л).

Морфологічні показники визначали за допомогою автоматичного гематологічного аналізатора URIT-2900 Vet, тоді як біохімічні показники оцінювали на біохімічному аналізаторі ChemWell 2910 (Cormay, Польща) із застосуванням стандартних діагностичних наборів відповідно до інструкцій виробника.

Результати дослідження та обговорення. У ході дослідження оцінювали вплив включення інсектної біомаси личинок *Hermetia illucens* у раціон фазанів на морфологічні та біохімічні показники крові. Аналіз отриманих даних дав змогу визначити фізіологічну реакцію організму птиці на нетрадиційний білковий компонент і оцінити його ефективність і безпечність для годівлі. У цій частині представлені узагальнені результати дослідження та проведено їхній порівняльний аналіз із контрольною групою.

Введення інсектної біомаси до раціону фазанів спричинило помітні зміни морфологічних показників крові, що відображає адаптаційні та метаболічні реакції організму. Зокрема, кількість еритроцитів у дослідних групах підвищувалася порівняно з контрольною на 5–10 %, що свідчить про активацію еритропоезу та покращення киснево-транспортної функції крові. Найбільш виражене зростання відзначалося при середньому рівні включення інсектної біомаси (10 %), тоді як підвищення до 15 % не забезпечувало суттє-

вого додаткового ефекту, що вказує на оптимальну дозу компонента.

Рівень гемоглобіну продемонстрував аналогічну тенденцію, зростаючи в середньому на 3–6 % порівняно з контрольною групою, що корелює з підвищенням кількості еритроцитів і відображає покращену здатність крові транспортувати кисень. Гематокрит також зростав пропорційно, демонструючи збільшення частки формених елементів у загальному об'ємі крові. Найвиразніше ці зміни проявлялися у другій дослідній групі, де при 10 % включенні інсектної біомаси вміст еритроцитів становив $2,91 \times 10^{12}/\text{л}$ проти $2,65 \times 10^{12}/\text{л}$ у контрольній групі, концентрація гемоглобіну – 104,2 г/л проти 98,5 г/л, а гематокрит – 37,8 % проти 34,2 %. Саме ці індикатори найбільш повно характеризують інтенсивність еритропоезу та функціональну спроможність крові забезпечувати тканини киснем. Одержані результати свідчать про покращення киснево-транспортної функції крові та певну активацію процесів гемопоєзу під впливом інсектної біомаси.

Кількість лейкоцитів у дослідних групах підвищувалася приблизно на 9–15 % порівняно з контрольною групою. Найвищий показник спостерігався у другій дослідній групі – $24,6 \times 10^9/\text{л}$ проти $21,3 \times 10^9/\text{л}$ у контролі, що свідчить про активацію неспецифічної імунної відповіді організму. Такий ефект зумовлений як поживними властивостями інсектної біомаси, так і наявністю в її складі біологічно активних сполук, зокрема компонентів хітинової оболонки, які мають імуномодулюючі властивості. Незважаючи на зазначені зміни, швидкість осідання еритроцитів залишалася стабільною, що свідчить про відсутність запального процесу або вираженої патологічної реакції. Таким чином, збільшення кількості лейкоцитів має адаптаційний і фізіологічний характер.

Таблиця 2 – Морфологічні показники крові фазанів за включення до раціону інсектної біомаси *Hermetia illucens* до раціону

Показник	Групи птиці			
	К (n=10) (0 %)	Д1 (n=10) (5 %)	Д2 (n=10) (10 %)	Д3 (n=10) (15 %)
Еритроцити, $\times 10^{12}/\text{л}$	2,65±0,08	2,78±0,07	2,91±0,07*	2,88±0,06*
Лейкоцити, $\times 10^9/\text{л}$	21,3±0,9	23,2±1,0	24,6±1,2*	23,9±1,1
Гемоглобін, г/л	98,5±1,6	101,8±2,0	104,2±2,1*	103,6±2,2*
Гематокрит, %	34,2±1,2	36,0±1,3	37,8±1,1*	37,1±1,2*
ШОЕ, мм/год	4,3±0,6	4,1±0,5	3,9±0,4	4,0±0,5

Примітка: * – різниця статистично достовірна порівняно з контролем ($p \leq 0,05$).

Зростання показників крові фазанів можна пояснити високою біологічною цінністю протеїну *Hermetia illucens*, який характеризується збалансованим амінокислотним складом і достатнім вмістом незамінних амінокислот, критично важливих для пластичних процесів, синтезу білків, ферментативної активності та кровотворення. Окрім того, біомаса личинок містить ряд мінеральних елементів, зокрема залізо, мідь, цинк, кальцій і фосфор, що прямо або опосередковано беруть участь у гемопоезі та підтриманні функціонального стану клітин крові. У цьому контексті отримані результати узгоджуються з даними інших дослідників, які повідомляють про покращення гематологічних показників птиці при включенні кормових інсектних компонентів до раціону [1, 2, 5].

Таким чином, включення інсектної біомаси до раціону фазанів сприяє підвищенню показників червоних клітин та імунного статусу. При цьому середній рівень введення (10 %) забезпечує максимальний ефект, що робить його оптимальним для практичного застосування у годівлі молодняку птиці.

Водночас подальше підвищення рівня включення інсектної біомаси до 15 % не супроводжувалося пропорційним збільшенням еритроцитів. У третій дослідній групі значення еритроцитів, гемоглобіну та гематокриту залишалися вищими за контроль, однак не перевищували відповідних величин другої дослідної групи. Така тенденція свідчить про те, що після досягнення певного рівня

забезпечення організму цінними поживними речовинами подальше збільшення частки інсектної біомаси не забезпечує еквівалентного посилення фізіологічного ефекту.

З практичної точки зору ці дані підтверджують оптимальність включення 10 % інсектної біомаси до раціону фазанів для досягнення максимального позитивного впливу на морфологічні показники крові та імунний статус птиці.

Отримані біохімічні результати в цілому підтвердили дані морфологічного аналізу та дали змогу глибше оцінити спрямованість метаболічних змін. Одним із найбільш інформативних показників виявився рівень загального білка, який у дослідних групах зростає порівняно з контролем, досягаючи максимального значення у другій дослідній групі – 53,4 г/л проти 48,7 г/л у контрольній групі.

Аналогічна тенденція спостерігалася й щодо альбумінів: у групі з 10 % включення інсектної біомаси їхня концентрація становила 27,8 г/л проти 25,1 г/л у контрольній групі. Підвищення вмісту загального білка та альбумінів у сироватці крові свідчить про інтенсифікацію білкового синтезу та високу доступність і засвоюваність протеїну *Hermetia illucens*. З огляду на фізіологічну роль альбумінів як основної транспортної фракції плазмових білків, стабілізаторів онкотичного тиску та резерву амінокислот, їхнє підвищення можна оцінювати як позитивний прояв оптимізації пластичного обміну.

Таблиця 3 – Біохімічні показники крові фазанів за включення до раціону інсектної біомаси *Hermetia illucens*

Показник	Групи птиці			
	К (n=10)	Д1(n=10) (5 %)	Д2(n=10) (10 %)	Д3(n=10) (15 %)
Загальний білок, г/л	48,7±1,2	51,0±1,3	53,4±1,4*	52,8±1,5*
Альбуміни, г/л	25,1±0,9	26,4±0,8	27,8±0,7*	27,2±0,9
Глюкоза, ммоль/л	9,1±0,3	9,0±0,4	8,9±0,4	9,0±0,3
АЛТ, Од/л	18,4±0,8	18,9±0,9	19,2±1,0	19,1±1,0
АСТ, Од/л	48,6±1,3	49,5±1,2	50,2±1,4	49,8±1,5
Сечовина, ммоль/л	3,4±0,3	3,8±0,3	4,2±0,2*	4,1±0,3*
Креатинін, мкмоль/л	61,0±3,0	64,0±3,0	67,0±2,0*	66,0±2,0
Кальцій, ммоль/л	2,1±0,1	2,3±0,1	2,5±0,1*	2,4±0,1*
Фосфор, ммоль/л	1,8±0,1	1,9±0,1	2,1±0,1*	2,0±0,1*

Примітка: * – різниця статистично достовірна порівняно з контролем ($p \leq 0,05$).

Підвищення рівня сечовини та креатиніну в сироватці крові фазанів корелює зі збільшеним споживанням і перетворенням білка, що свідчить про інтенсифікацію білкового обміну. Так, концентрація сечовини підвищувалася з 3,4 ммоль/л у контрольній групі до 4,2 ммоль/л у групі з 10 % включення інсектної біомаси та 4,1 ммоль/л у групі з 15 %. Рівень креатиніну відповідно зростав із 61,0 до 67,0 і 66,0 ммоль/л.

Такі зміни доцільно розглядати як наслідок посилення білкового обміну та більш інтенсивного використання амінокислот у метаболічних процесах, а не як прояв функціонального перевантаження нирок. Підставою для цього є відсутність паралельних ознак токсичного впливу, стабільність інших біохімічних показників і загальна позитивна динаміка фізіологічних параметрів.

Ще одним важливим показником є достовірне підвищення концентрації кальцію та фосфору в крові фазанів дослідних груп. У другій дослідній групі вміст кальцію становив 2,5 ммоль/л проти 2,1 ммоль/л у контрольній групі, а вміст фосфору – 2,1 ммоль/л проти 1,8 ммоль/л. Зростання цих показників, найімовірніше, відображає не лише надходження відповідних елементів із кормом, а й покращення їхнього засвоєння. Для молодняку фазанів це має особливе значення, оскільки у віці інтенсивного росту кальцій і фосфор відіграють ключову роль у формуванні кісткової тканини, розвитку м'язової системи та активації багатьох ферментативних реакцій. Таким чином, інсектна біомаса *Hermetia illucens* може розглядатися не лише як джерело високоякісного протеїну, а й як засіб оптимізації мінерального обміну у молодняку птиці.

Концентрація глюкози у сироватці крові практично не змінювалася між групами. Така стабільність свідчить про збереження енергетичного гомеостазу та відсутність вираженого стресового фактору. У контексті оцінки безпечності це є позитивною ознакою, оскільки свідчить про адекватну адаптацію фазанів до зміни білкової частини раціону без істотного порушення вуглеводного обміну.

Активність аланінамінотрансферази (АЛТ) та аспартатамінотрансферази (АСТ) у дослідних групах достовірно не відрізнялася від контрольної. Відсутність підвищення трансаміназ свідчить про те, що включення інсектної біомаси до складу комбікорму не спричиняло гепатоцелюлярного ушкодження або значного метаболічного навантаження на печінку. Це є особливо важливим, оскільки

печінка виступає центральним органом, що забезпечує перетворення поживних речовин і регуляцію білкового, ліпідного та вуглеводного обміну. Стабільність активності АЛТ і АСТ слугує вагомим доказом доброї переносимості інсектної біомаси навіть при включенні до раціону на рівні 15 %. Такі висновки узгоджуються з даними літератури, де зазначено відсутність негативного впливу продуктів переробки *Hermetia illucens* на біохімічний профіль крові птиці за раціонального рівня введення [2, 6, 8, 18].

Висновки. Згодовування інсектної біомаси личинок чорної львинки (*Hermetia illucens*) фазанам віком 6–10 тижнів супроводжувалося достовірними змінами морфологічних показників крові. У дослідних групах відзначено підвищення рівня гемоглобіну, кількості еритроцитів і величини гематокриту, що свідчить про активацію еритропоезу та покращення киснево-транспортної функції крові.

Біохімічний профіль крові птахів, яким згодовували інсектну біомасу, характеризувався збільшенням концентрації загального білка та альбумінів, а також зростанням рівня кальцію та фосфору у сироватці. Водночас активність трансаміназ (АЛТ, АСТ) залишалася в межах фізіологічних коливань, що свідчить про відсутність негативного впливу на функціональний стан печінки.

Найбільш виражені позитивні зміни морфологічних і біохімічних показників крові спостерігалися у групі з включенням *Hermetia illucens* на рівні 10 % від маси комбікорму, що може вказувати на оптимальність цієї дози з огляду на баланс між надходженням протеїну та його метаболічним використанням.

Отримані результати підтверджують доцільність подальшого вивчення інсектної біомаси як альтернативного білкового компонента у годівлі птиці, зокрема щодо її впливу на продуктивні показники, стан імунної системи та якості продукції.

REFERENCES

1. Dabbou, S., Gai, F., Cullere, M., Biasato, I., De Marco, M. (2018). Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on growth performance, carcass traits and blood parameters. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, Vol. 9. DOI:10.1186/s40104-018-0266-9
2. Mat, K., Salwani, M.S., Sazili, A.Q., Akit, H., Samsudin, A.A. (2021). Effects of the inclusion of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) in broiler diets on blood parameters. *Animals*, Vol. 11, no. 8, 2402 p. DOI:10.3390/ani11082402
3. Aprianto, M.A., Umami, N., Dihansih, E., Suryaningsih, E., Mulyani, T. (2023). Effect of sup-

- plementation of black soldier fly larvae oil in laying hens: productive performance and blood profiles. *Poultry Science*, Vol. 102, no. 8. DOI:10.1016/j.psj.2023.102543
4. Kaczor, M.B., Koszela, K., Piatek, M. (2022). The variety of applications of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Applied Sciences*, Vol. 12, no. 2, 683 p. DOI:10.3390/app12020683
5. El-Kaiaty, A.M., Ebrahim, M.A., Abdelhady, H.S. (2022). The Impact of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Feed on Growth Performance and Blood Profiles in Chickens. *World's Veterinary Journal*, Vol. 12, no. 2, pp. 133–140. DOI:10.54203/scil.2022.wvj17
6. Mazlan, N.A.F., Ghazali, M.F., Kamarudin, N.A. (2024). Effects of heat stress and a low energy diet on blood parameters and liver response in local chickens with *Hermetia illucens* inclusion. *Italian Journal of Animal Science*, Vol. 23, no. 1. DOI:10.1080/1828051X.2024.2401444
7. Abd El-Gawad, E.A., Zahran, E., Youssuf, H. (2025). Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) diets improved hemato-immunological responses, biochemical parameters, and antioxidant activities in *Streptococcus iniae*-infected Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *BMC Vet Res.*, 21, 104 p. DOI:10.1186/s12917-025-04484-7
8. Gariglio, M., Dabbou, S., Crispo, M., Biasato, I., Gai, F., Gasco, L., Piacente, F., Odetti, P., Bergagna, S., Plachà, I. (2019). Effects of the Dietary Inclusion of Partially Defatted Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal on the Blood Chemistry and Tissue (Spleen, Liver, Thymus, and Bursa of Fabricius) Histology of Muscovy Ducks (*Cairina moschata domestica*). *Animals*, 9 (6), 307 p. DOI:10.3390/ani9060307
9. Abdel-Tawwab, M., Khalil, R.H. (2020). Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal on growth performance, organs-somatic indices, body composition, and hemato-biochemical variables of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, Vol. 522. DOI:10.1016/j.aquaculture.2020.735136.
10. Srikha, T., Pootthachaya, P., Puangsap, W., Pintaphrom, N., Somparn, N., Boonkum, W., Cherdthong, A., Tengjaroenkul, B., Wongtangtharn, S. (2024). Effects of Black Soldier Fly Larvae Oil on Growth Performance, Blood Biochemical Parameters, Carcass Quality, and Metabolomics Profile of Breast Muscle of Thai Native Chickens. *Animals*, 14 (21), 3098 p. DOI:10.3390/ani14213098
11. Cammack, J.A., Tomberlin, J.K. (2017). The Impact of Diet Protein and Carbohydrate on Select Life-History Traits of The Black Soldier Fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Insects*, 8 (2), 56 p. DOI:10.3390/insects8020056
12. Rytlewski, G., Flis, M., Grela, E.R. (2025). Effect of Meal and Whole Larvae of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) on the Performance, Blood Lipid Profile, Slaughter Characteristics, Sensory Properties and Fatty Acid Composition of Pheasant (*Phasianus colchicus* L.) Muscles. *Animals*, 15 (21), 3215 p. DOI:10.3390/ani15213215
13. Flis, M., Czyżowski, P., Beeger, S., Grela, E. (2024). Effect of dietary supplementation with insect meal on anatomical and morphological traits of pheasants (*Phasianus colchicus*). *Animal science and genetics*, 20 (1), pp. 65–75. DOI:10.5604/01.3001.0054.4829.
14. Flis, M., Józefiak, D., Bielak, A., Kasprek, K., Kierończyk, B., Grela, E.R. (2024). Insects as a natural component of pheasant diets: effects of full-fat *Hermetia illucens* meal on egg production and quality, hatchability, and selected physicochemical egg indices. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 33 (2), pp. 217–225. DOI:10.22358/178216/2024.
15. Osuch, B., Barszcz, M., Tomaszewska-Zaremba, D. (2024). The potential of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae in chicken and swine nutrition. A review. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 33 (4), pp. 454–468. DOI:10.22358/jafs/192511/2024.
16. de Souza Vilela, J., Andronicos, N.M., Kolakshyapati, M., Hilliar, M., Sibanda, T.Z., Andrew, N.R., Swick, R.A., Wilkinson, S., Ruhnke, I. (2021). Black soldier fly larvae in broiler diets improve broiler performance and modulate the immune system. *Animal Nutrition*, Vol. 7, Issue 3, pp. 695–706. DOI:10.1016/j.aninu.2020.08.014.
17. Flis, M., Czyżowski, P., Rytlewski, G., Grela, E.R. (2024). Insect Meal as a Dietary Protein Source for Pheasant Quails: Performance, Carcass Traits, Amino Acid Profile and Mineral Contents in Muscles. *Animals*, 14 (20), 2992 p. DOI:10.3390/ani14202992
18. Chen, L., Sun, H., Song, H., Wang, G., Ma, X., Tu, J., Yang, L., Li, J., Wang, Y., Meng, X. (2025). Dietary inclusion of defatted black soldier fly larvae meal: Impacts on laying hen performance, egg quality, serum biomarkers, and intestinal morphology. *Front. Vet. Sci. Front. Vet. Sci.*, 12. DOI:10.3389/fvets.2025.1605077
19. Gadzama, I.U. (2025). Black soldier fly larvae as animal feed. *Bulg. J. Anim. Husbandry*, 62, pp. 48–64. DOI:10.61308/LWHN4916
20. Adegbenro, M., Akinsanmi, S.S., Oyetunde, P.O. (2025). Haematology and serum biochemical indices of broiler chickens fed black soldier fly larvae meal-based diets. *Journal Of Agriculture, Forestry & Environment*, 8 (1), pp. 123–130. Available at: <https://jafe.net.ng/index.php/home/article/view/97>
21. Majeed, T.I., Ghani, Q.J., Jassim, J.M. (2024). Optimizing broiler performance: evaluating hemoglobin, blood chemistry, and immune response with graded levels of dietary black soldier fly larvae. *Dijlah J. Agric. Sci.*, 3 (2), pp. 174–188. Available at: <https://djas.uowasit.edu.iq/index.php/djas/en/article/view/270/185>
22. Borshch, A.A., Borshch, A., Lutsenko, M., Merzlov, S., Kosior, L., Lastovska, I., Pirova, L. (2018). Amino acid and mineral composition of milk from local Ukrainian cows and their crossbreedings with Brown Swiss and Montbeliarde breeds. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 43 (3), pp. 238–246. DOI:10.14710/jitaa.43.3.238-246

23. Barret, G. (2012). *Chemistry and Biochemistry of the Amino Acids*; Springer Science. Business Media: Berlin, Germany, pp. 6–25.

24. Strus, O.Y. (2015) The study of amino acid composition of saproel by the capillary electrophoresis method. *News of Pharmacy*, 2 (82), pp. 12–16.

25. Nielsen, S.S. (2017). *Food Analysis*. Springer International Publishing. DOI:10.1007/978-3-319-45776-5

26. AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International*. 21st Edition, AOAC, Washington DC.

27. Merrill, A.L., Watt, B.K. (1955). *Energy value of foods: basis and derivation*. Human Nutrition Research Branch, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture. no. 74.

The effect of *Hermetia illucens* larval biomass on the morphological and biochemical parameters of pheasant blood

Dzhus V., Bondarenko L.

This study investigates the effect of insect biomass derived from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae on the morphological and biochemical blood parameters of pheasants (*Phasianus colchicus*). The research addresses the growing need for alternative high-quality protein sources in animal nutrition amid rising costs of conventional feed ingredients and increasing environmental requirements.

The experiment was conducted on 40 clinically healthy pheasants aged 6 weeks, divided into one control group and three experimental groups receiving diets containing 5 %, 10 %, and 15 % insect biomass. Morphological parameters (erythrocyte and leukocyte counts, hemoglobin concentration, hematocrit, erythrocyte sedimentation rate) and biochemical profiles (total protein, albumin, glucose, urea, creatinine, alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) activity, calcium, and phosphorus) were evaluated over a 30-day period.

Dietary inclusion of *Hermetia illucens* biomass stimulated erythropoiesis and improved the oxygen-carrying capacity of the blood, as evidenced by increased erythrocyte counts, hemoglobin levels, and hematocrit values. Elevated leukocyte counts indicated enhanced nonspecific immune resistance. The biochemical profile showed increased levels of total protein and albumin, indicating enhanced protein metabolism and the high biological value of insect-derived protein. Higher calcium and phosphorus levels reflected a positive effect on mineral metabolism. Liver enzyme activity remained within physiological limits, confirming the safety of insect biomass use.

The most pronounced positive effects were observed at a 10 % inclusion level, which can be considered optimal for feeding young pheasants.

Keywords: insect biomass, *Hermetia illucens*, pheasants, blood parameters, biochemical parameters, alternative protein.



Copyright: Джус В.М., Бондаренко Л.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Бондаренко Л.В.


<https://orcid.org/0000-0003-3751-9140>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК 636.2.082:637.514

Якісні ознаки яловичини 21-місячних бугайців української чорно-рябої молочної породи залежно від конформації тушКрук О.П. , Угнівенко А.М. , Антонюк Т.А. 

Національний університет біоресурсів і природокористування України

 E-mail: Крук О.П. olgakruk2016@ukr.net; Антонюк Т.А. antoniuk_t@nubip.edu.ua

Крук О.П., Угнівенко А.М., Антонюк Т.А. Якісні ознаки яловичини 21-місячних бугайців української чорно-рябої молочної породи залежно від конформації туш. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 32–39.

Kruk O., Ugnivenko A., Antoniuk T. Qualitative Characteristics of Beef from 21-Month-Old Ukrainian Black-and-White Dairy Young Bulls with Different Carcass Conformation Classes. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 32–39.

Рукопис отримано: 18.02.2026 р.

Прийнято: 03.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-32-39

ISSN 2310-9289

Метою дослідження було оцінювання якості яловичини бугайців української чорно-рябої молочної породи за різних класів конформації туш із метою стимулювання виробників до підвищення продуктивного потенціалу поголів'я та гармонізації стандартів України із законодавством Європейського Союзу відповідно до шкали EUROP класифікації туш. У роботі наведено характеристику сенсорних, технологічних властивостей яловичини та її хімічного складу залежно від оцінки конформації туш відповідно до шкали EUROP конформації туш 21-місячних бугайців української чорно-рябої молочної породи за шкалою EUROP.

Безпосередньо після забою тварин відповідно до методик JMGA (2000) визначили колір м'язової і жирової тканин, ступінь мarmorовості м'яса, а також площу «м'язового вічка» *m. longissimus dorsi*. У фарші, отриманому з *m. longissimus dorsi*, досліджували загальний вміст жиру, білка, вологи, мінеральних речовин (золи), рівень рН, пенетрацію та вологозв'язувальну здатність. Окрім того, проводили органолептичну оцінку бульйону та вареного м'яса.

Установлено, що більшість 21-місячних бугайців української чорно-рябої молочної породи за класифікацією EUROP характеризувалися класом конформації R. Підвищення оцінки конформації туш супроводжувалося тенденцією до збільшення вмісту вологи та білка у *m. longissimus dorsi* і зменшення частки сухої речовини, жиру та мінеральних речовин. Виявлено також тенденцію до позитивного зв'язку класу конформації туш із товщиною і розвитком підшкірного жиру, інтенсивністю забарвлення м'язової тканини та здатністю м'яса утримувати вологу. Водночас установлено негативний зв'язок між класом конформації туш і показниками рН, пенетрації яловичини, а також загальною дегустаційною оцінкою вареного м'яса та бульйону. Між конформацією туш і ступенем уварювання м'яса встановлено вірогідний негативний кореляційний зв'язок ($P \geq 0,95$).

Практичне значення одержаних результатів полягає у визначенні залежності між конформацією туш і хімічним складом, технологічними та сенсорними властивостями яловичини, отриманої від 21-місячних бугайців української чорно-рябої молочної породи.

Ключові слова: м'ясна продуктивність, бугайці, конформація туш, внутрішньом'язова жирова тканина, українська чорно-рябо молочно порода, технологічні та сенсорні властивості яловичини, хімічний склад м'яса.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Важливим чинником підвищення якості яловичини в умовах інтеграції України до Європейського Союзу є забезпечення відповідності кількісних і якісних характеристик туш великої рогатої худоби вітчизняних порід вимогам і регламентам ЄС. У країнах Європейського Союзу класифікацію яловичих туш здійснюють за показниками маси, конформації та ступеня жирового покриття відповідно до системи EUROP [1].

Оцінювання конформації туш у країнах ЄС проводять візуальним методом за шкалою SEUROP, згідно з якою виділяють шість класів конформації. Клас S (Superior) характеризує туші з подвійною м'язистістю, тоді як інші категорії варіюються від E (excellent – відмінна конформація) до P (poor – слабка конформація) [2].

Конформація туш поліпшується зі збільшенням живої маси та віку тварин [3], а також значною мірою залежить від породи великої рогатої худоби, статі та інших чинників [4]. Установлено, що якість і клас туш за шкалою EUROP істотно впливають на вміст окремих насичених і поліненасичених жирних кислот, однак практично не позначаються на рівні мононенасичених жирних кислот [5].

У дослідженнях, проведених на тваринах лімузинської породи віком 25–27 місяців із класом конформації «U», не виявлено суттєвих відмінностей у хімічному складі яловичини [6]. На підставі отриманих результатів автори дійшли висновку, що клас конформації туш не має істотного впливу на якість яловичини.

Інші дослідники [7] аналізували взаємозв'язок між складом туш і їхньою конформацією в межах окремих оціночних класів. За їхніми даними, коефіцієнт кореляції між загальним виходом придатної до реалізації м'язової тканини після обвалювання туші та показниками конформації становив 0,38. Водночас точніше прогнозування складу яловичини забезпечувала породна належність тварин, а не клас конформації туш. У зв'язку з цим конформація туш має особливе значення під час комерційної класифікації у випадках, коли неможливо достовірно ідентифікувати породу тварин.

Отже, дослідження кількісних і якісних показників яловичини, отриманої від тварин поширених в Україні порід, за різного ступеня розвитку м'язистості туш є актуальним як у науковому, так і в практичному аспектах.

Метою дослідження було оцінювання якості яловичини бугайців української чорно-рябої молочної худоби за різних класів

конформації туш із метою стимулювання виробників до підвищення продуктивного потенціалу поголів'я та гармонізації стандартів України із законодавством Європейського Союзу відповідно до вимог системи EUROP щодо класифікації туш.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено у фермерському господарстві «Журавушка» Броварського району Київської області. Від народження до 4-місячного віку бугайців утримували групами по 25 голів. У молочний період кожній тварині випоювали в середньому 547,2 кг незбираного молока та 182,4 кг знежиреного молока. Дорощування та відгодівлю тварин здійснювали на відгодівельному майданчику. За період від народження до 21-місячного віку бугайці спожили корми загальною поживністю 34232 МДж (табл. 1).

Таблиця 1 – Споживання кормів бугайцями (n=13), МДж

Корм Концентрований	Спожито	
	кількість	%
	6344,0	18,5
Соковитий: всього	4894,5	14,3
Силос	3290,7	9,6
Сінаж	1603,8	4,7
Грубий: усього	4226,6	12,3
сіно	2951,2	8,6
солота	1275,4	3,7
Зелений	9645,8	28,3
Усього на голову за період вирощування	34232	100

Передзабійну живу масу визначали шляхом індивідуального зважування до та після 24-годинного голодування за вільного доступу до води. Середнє значення показника по групі становило 419 кг. Після забою тварин і зняття шкури проводили зважування туш; середня маса туші по групі становила 192 кг. Забій тварин здійснювали в забійному цеху (с. Калинівка). Вікова різниця між бугайцями у групі не перевищувала 5 %. Конформацію туш класифікували візуально відповідно до шкали EUROP (Рис. 1).

Під час оцінювання враховували товарний вигляд туш і ступінь їхнього жировідкладення. У межах кожного основного класу, залежно від ступеня виповнення туші, виділяли три підкласи: «+», «0», «-». Не пізніше ніж через годину після забою туші класифікували за шкалою EUROP (Регламент 1208/81/ЄС; 1994), що передбачає 5 класів оцінювання конформації за шкалою від 1 до 15: E (відмінний) – усі профілі чітко випуклі, м'язова

тканина добре розвинена; **U** (дуже добрий) – профілі випуклі, м'язи добре розвинені; **R** (добрий) – профілі помірно випуклі, м'язи середньо розвинені; **O** (задовільний) – профілі слабо виражені, м'язи недостатньо розвинені; **P** (низький) – профілі плоскі, м'язова тканина слабо розвинена.

з використанням програмного забезпечення Microsoft Exel 2016 у поєднанні з пакетом XLSTAT.

Результати дослідження та обговорення. Аналіз взаємозв'язків між конформацією туш і хімічним складом *m. longissimus dorsi* свідчить, що кореляційні зв'язки між зазначе-

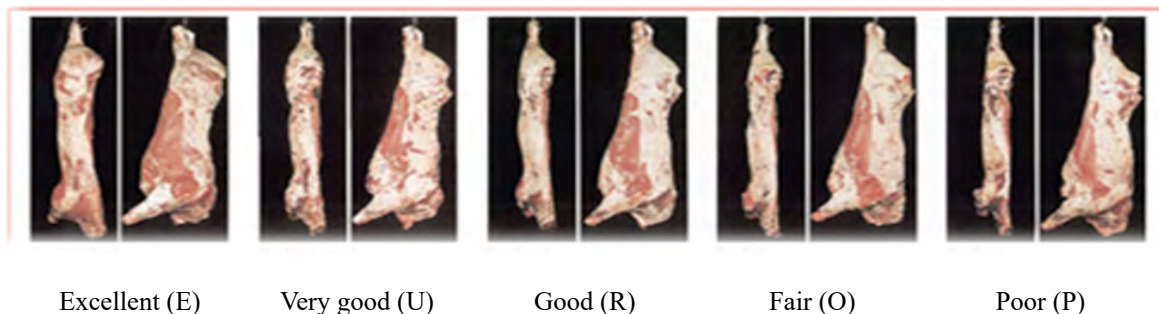


Рис. 1. Оцінка конформації туш [2].

Відповідно до методики JMGA (2000) [8] оцінювання кольору м'язової та жирової тканин проводили за допомогою кольорової шкали від 1 до 7. Мармуровість *m. longissimus dorsi* визначали між 12-м і 13-м ребрами. Довжину, глибину та площу «м'язового вічка», а також товщину жирового поливу вимірювали лінійкою згідно з методикою JMGA (2000) [8]. Після забою від *m. longissimus dorsi* відбирали зразок м'яса вагою 300 г для проведення хімічного аналізу. Розвиток підшкірної жирової тканини оцінювали відповідно до класифікації EUROP (2008) [2]. Вміст загального вмісту жиру в *m. longissimus dorsi* визначали за методикою [9], протеїну – за [10], загальної золи – за [11], вмісту вологи – за [12].

Досліджували такі фізико-технологічні показники яловичини: рН – відповідно до [13], penetрацію – за [14]. Середні органолептичні показники вареної яловичини (аромат, соковитість, ніжність, легкість жування) та бульйону з неї (колір, смак, насиченість/міцність) визначали згідно з методикою, наведеною у праці [15]. Статистичне оброблення отриманих даних виконували

Таблиця 2 – Кореляція між конформацією туш і хімічним складом яловичини

Хімічний склад	r
Волога	0,234
Суша речовина	-0,235
Білок	0,030
Жир	-0,381
Мінеральні речовини	-0,223

ними показниками варіюють від низьких до помірних (Табл. 2). Підвищення оцінки туш за конформацією супроводжується тенденцією до збільшення вмісту вологи та білка у *m. longissimus dorsi* та зменшенням частки сухої речовини, жиру й мінеральних речовин.

Конформація туш характеризується тенденцією до позитивного зв'язку з площею «м'язового вічка» (Табл. 3). Це свідчить, що з поліпшенням конформації збільшується частка цінних у технологічному відношенні відрубів. Зокрема, на кожен клас покращення конформації вихід туші в середньому підвищується приблизно на 3 % [16]. Результати наших досліджень також свідчать про наявність позитивного вірогідного зв'язку між м'ясистістю туш і мармуровістю *m. longissimus dorsi*.

Таблиця 3 – Кореляція між конформацією туш і технологічними властивостями яловичини

Ознака	r
рН	-0,609*
Вологоутримувальна здатність	0,141
Penetraція	-0,387
Мармуровість	0,587*
Товщина жиру	0,212
Площа «м'язового вічка»	0,301
Розвиток жирового поливу	0,405

Примітка: P>0,95.

Також встановлено [17] позитивну кореляцію між конформацією туш, класифікованою за SEUROP, і мармуровістю найдовшого м'яза спини, оціненою різними методами (USDA, аналіз зображень, рентгенівська комп'ютерна томографія та традиційний метод). Кореляція між конформацією туш і показниками рН та penetрації яловичини є негативною. Водночас конформація туш демонструє тенденцію до позитивного зв'язку з товщиною та розвитком підшкірного жиру, а також із вологоутримувальною здатністю м'яса.

Досліджено також зв'язок між конформацією туш, сенсорними властивостями вареного м'яса та бульйону з нього, а також кольором м'язової і жирової тканин (Табл. 4).

Таблиця 4 – Кореляція між конформацією туш та органолептичними і дегустаційними показниками яловичини

Ознака	r
Колір м'язової тканини	0,482
Колір жирової тканини	0,000
Уварювання м'яса	-0,594*
Дегустація бульйону	-0,102
Дегустація вареного м'яса	-0,432

Примітка: P>0,95.

Конформація туш демонструє тенденцію до негативного зв'язку із загальною оцінкою вареної яловичини та бульйону з неї. Між м'ясистістю туш і кольором м'язової тканини спостерігається слабка позитивна кореляція, тоді як із уварюванням м'яса – негативна, але статистично вірогідна. Загалом відмічається тенденція до негативного зв'язку між конформацією туш та органолептичною оцінкою вареної яловичини і бульйону з неї. Конформація туш також негативно і вірогідно корелює з показником уварювання яловичини. Водночас встановлено слабку позитивну кореляцію між оцінкою конформації туш і кольором м'язової тканини.

Тенденція до негативної кореляції між вмістом сухої речовини, жиру та мінеральних речовин і конформацією туш, а також слабка позитивна кореляція з вмістом вологи і білка у 21-місячних бугайців української чорно-рябої молочної породи свідчать, що оцінювання туш за конформацією може опосередковано відображати особливості хімічного складу яловичини. Візуальне оцінювання кондицій позитивно, однак незначно корелює з розвитком

жирового поливу та його товщиною, оскільки більш жирніші туші, як правило, отримують вищі показники за конформацією [18]. Таким чином, у тварин із кращою конформацією туші спостерігається посилене відкладання підшкірної жирової тканини, на формування якої витрачається більше кормових ресурсів [19]. Це, у свою чергу, супроводжується зменшенням частки їстівних частин і вміст внутрішньом'язового жиру та не сприяє підвищенню загальної якості яловичини [20].

Оскільки жировий полив має відносно низьку комерційну цінність, його часто розглядають як побічний продукт, хоча він пов'язаний із якістю яловичини через захисну функцію м'язової тканини від висихання під час охолодження туш у холодильній камері [21, 22].

Встановлений позитивний зв'язок між конформацією туш і мармуровістю узгоджується з результатами інших дослідників [23]. На перший погляд створюється враження, що обмускуленість туш по-різному впливає на одну й ту саму якісну ознаку яловичини – вміст внутрішньом'язового жиру ($r=-0,381$) та пов'язану з ним мармуровість ($r=0,587$; $P>0,95$). Це пояснюється складною структурою мармуровості: мармуровий колір яловичини надає жир, розташований між волокнами м'язової тканини. Внутрішньом'язовий жир відкладається між первинними та вторинними пучками м'язів у перемізі великої рогатої худоби, а також у межах м'язових пучків [24].

Через суб'єктивність візуального оцінювання мармуровості між результатами можливі певні розбіжності. Зокрема, вміст жиру, визначений хімічним методом, не завжди узгоджується з візуальною оцінкою мармуровості. Це пояснюється тим, що дрібні або рівномірно розподілені відкладення жиру, які не завжди виявляються під час проведення візуальної експертизи, можуть бути точно визначені лише за допомогою хімічного аналізу.

Конформація туш демонструє тенденцію до позитивного впливу на площу «м'язового вічка», яка, за нашими даними [19], має слабкий негативний зв'язок із ніжністю м'яса та позитивний – із забійною масою та виходом туші. Із підвищенням конформації туш вірогідно зменшується уварювання яловичини, що свідчить про поліпшення її кулінарно-технологічних властивостей. Окрім того, за зростанням конформації відзначено посилення насиченості кольору м'язової тканини, що суттєво впливає на вибір споживача [25], оскільки колір м'яса використовується як індикатор свіжості та якості [26].

Встановлено, що більш насичений колір яловичини характерний для тварин, відгодюваних на пасовищах, тоді як знебарвлення м'яса частіше спостерігається за використання концентрованих кормів [27].

У м'язовій тканині за поліпшеної конформації туш вірогідно знижується рівень рН, що пов'язано з інтенсивнішим перебігом гліколізу та утворенням молочної кислоти. Завдяки цьому яловичина характеризується підвищеною мікробіологічною стабільністю. Зниження рН м'яса супроводжується збільшенням втрат під час уварювання. Інші дослідники також установили негативний зв'язок між конформацією туш і кінцевим рН м'язової тканини [27].

Покращення конформації туш призводить не лише до зменшення вмісту внутрішньом'язового жиру, а й до деякого погіршення середніх органолептичних показників вареного м'яса (аромат, соковитість, ніжність, легкість жування) та бульйону з нього (колір, смак, насиченість). Установлено, що смакові властивості яловичини більш тісно пов'язані з вмістом жиру, ніж із вмістом вологи або білка.

Таким чином, класифікація яловичих туш за системою EUROP позитивно корелює з площею «м'язового вічка», мармуровістю та розвитком жирового поливу і, ймовірно, негативно – з рН і уварюванням м'яса. Водночас вона не демонструє вірогідного зв'язку із сенсорними показниками та хімічним складом яловичини.

У Британії встановлено [18], що склад яловичини точніше прогнозується не конформацією туш, а належністю великої рогатої худоби до певної породи. Таким чином, конформація туші має обмежену практичну цінність як предиктор внутрішньопородного варіювання хімічного складу туші. Основними чинниками, що впливають на оцінку класу конформації туш у великої рогатої худоби, є порода, жива маса та маса туші.

Виробники та працівники м'ясопереробних підприємств зацікавлені у якості туші, яку визначають за її конформацією, розвитком жирової тканини та часткою цінних відрубів. Ціна яловичини на ринку позитивно залежить від конформації туші, яка, однак, не завжди корелює з високими сенсорними та кулінарними властивостями м'яса [28]. Натомість споживачів насамперед цікавлять харчова цінність м'яса, його сенсорні характеристики, зокрема смак [29], а також його значення для профілактики захворювань. Ніжність, смак і соковитість яловичини, а також її дієтичні властивості (зокрема кількість і якість жиру) значною

мірою залежать від вмісту внутрішньом'язової жирової тканини [30]. На якість м'яса жуйних тварин істотно впливають методи їхньої годівлі й утримання [31]. У зв'язку з цим в Україні актуальним є питання виробництва яловичини, яка б поєднувала високі показники якості туші та споживчі властивості м'яса.

Висновки. На основі оцінювання конформації туш 21-місячних бугайців української чорно-рябої молочної породи за шкалою EUROP встановлено, що більшість тварин віднесено до класу R. Підвищення оцінки туш за конформацію супроводжується тенденцією до збільшення вмісту вологи та білка у *m. longissimus dorsi* та зменшення частки сухої речовини, жиру і мінеральних речовин.

Кореляція між конформацією туш та показниками рН і penetрації яловичини є негативною. Водночас конформація туш демонструє тенденцію до позитивного зв'язку з товщиною та розвитком підшкірного жиру, а також із вологостійкістю м'яса, і негативно – із загальною оцінкою вареної яловичини та бульйону з неї.

Між конформацією туш і кольором м'язової тканини встановлено слабку кореляцію, тоді як з уварюванням – вірогідну ($P > 0,95$) негативну кореляцію. У подальшому доцільно запровадити в Україні оцінювання великої рогатої худоби України відповідно до вимог ЄС щодо якості яловичих туш.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Animal-level factors associated with the achievement of desirable specifications in Irish beef carcasses graded using the EUROP classification system / D. Kenny et al. *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98. No 7. DOI:10.1093/jas/skaa191
2. Commission Regulation (EC). Commission Regulation (EC) № 1249/2008 of 10 December 2008 laying down detailed rules on the implementation of the Community scales for the classification of beef, pig and sheep carcasses and the reporting of prices thereof. URL: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9716803a-8887-4956-9877-629031ec7723/language-en.23.11.20>
3. Soulat J., Picard B., Monteils V. Influence of cattle category and slaughter age on Charolais-breed carcass and meat traits. *Italian Journal of Animal Science*. 2023. Vol. 22. No 1. P. 263–275. DOI:10.1080/1828051X.2023.2182720
4. Soulat J., Picard B., Bord C., Monteils V. Characterization of four rearing managements and their influence on carcass and meat qualities in charolais heifers. *Foods*. 2022. Vol. 11. No 9. 1262 p. DOI:10.3390/foods11091262
5. Growth rate, carcass characteristics and meat quality of German Holstein and Jersey bull calves grazed on two different swards / G. Simon et al. *Organic Agriculture*. 2026. Vol. 16. No. 1. 10 p. DOI:10.1007/s13165-025-00539-z

6. Variation of meat quality parameters due to conformation and fat class in limousin bulls slaughtered at 25 to 27 months of age / D. Guzek et al. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2013. Vol. 26. No 5. P. 716–722. DOI:10.5713/ajas.2012.12525
7. Kempster A.J., Harrington G. The value of «fat-corrected» conformation as an indicator of beef carcass composition within and between breeds. *Livest. Prod. Sci.* 1980. Vol. 7. P. 361–372.
8. JMGA. Beef carcass grading standart. Japan meat grading association. Tokyo. Japan. 2000.
9. ДСТУ ISO 1443:2005. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення загального вмісту жиру. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007. 4 с. (Національний стандарт України).
10. Шкурін Г.Т., Тимченко О.Г., Вдовиченко Ю.В. Забійні якості великої рогатої худоби. 2002. Київ: «Аграрна наука», 50 с.
11. ДСТУ ISO 936:2008. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення масової частки загальної золи. [Чинний від 2008-09-01]. Київ, 2010. 6 с. (Національний стандарт України).
12. ДСТУ ISO 1442:2005. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод). [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007. 4 с. (Національний стандарт України).
13. ДСТУ ISO 2917–2001. М'ясо та м'ясні продукти. Визначення рН (контрольний метод). [Чинний від 2003-01-01]. Київ, 2002. 5 с. (Національний стандарт України).
14. Гуць В.С., Коваль О.А. Методика дослідження консистенції харчових дисперсних систем методом пенетрації. *Харчова промисловість*. 2007. № 5. С. 16–23.
15. Антонюк Т.А. Технологія продуктів забою тварин. Київ, 2020. URL: https://nubip.edu.ua/site/default/files/u249/tehnologiya_produktyv_zaboyu_tvarin
16. The influence of different factors on bulls carcass conformation class in Lithuania / A. Stimbirys et al. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2016. Vol. 22. No 4. P. 627–634.
17. Holló G., Húth B., Holló I., Anton I. X-Ray computed tomography evaluation of intramuscular fat content in Hungarian simmental cattle. *Acta Alimentaria*. 2018. Vol. 47. No 2. P. 220–228. DOI:10.1556/066.2018.0002
18. Kempster A.J., Cuthbertson A., Harrington G. The relationship between conformation and the yield and distribution of lean meat in the carcasses of British pigs, cattle and sheep: A review. *Meat Science*. 1982. Vol. 6. No 1. P. 37–53. DOI:10.1017/S1751731118001933
19. Крук О.П., Угнівенко А.М. Характеристика яловичини, отриманої від бугайців української чорно-рябої молочної породи за різного покриття туш жирною тканиною: зб. наук. праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». 2024. № 2. С. 17–24. DOI:10.33245/2310-9289-2024-190-2-17-24
20. Крук О.П. Взаємозв'язок між м'яккістю яловичини та її якісними ознаками у помісних бугайців від української чорно-рябої молочної і голштинської порід. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. Розділ: сільськогосподарські науки. 2024. № 45. С. 28–32. DOI:10.37406/2706-9052-2024-4.3
21. Li X., Fu X., Yang G., Du M. Enhancing intramuscular fat development via targeting fibro-adipogenic progenitor cells in meat animals. *Animal*. 2020. Vol. 14. No 2. P. 312–321. DOI:10.1017/S175173111900209X
22. On-farm 3D images of beef cattle for the prediction of carcass classification traits and cold carcass weight / H. Nisbe et al. *Animal*. 2025. DOI:10.1016/j.animal.2025.101529
23. Picard B., Cougoul A., Couvreur S., Bonnet M. Relationships between the abundance of 29 proteins and several meat or carcass quality traits in two bovine muscles revealed by a combination of univariate and multivariate analyses. *Journal of Proteomics*. 2023. Vol. 273. No 20. DOI:10.1016/j.jprot.2022.104792
24. The Effectiveness of the Use of Ultrasound Methodology (Applied to Live Animals) to Assess the Quality of Meat / E. Meškinytė et al. *Animals*. 2025. Vol. 15. No 6. 872 p. DOI:10.3390/ani15060872
25. Differences in light scattering between pale and dark beef longissimus thoracis muscles are primarily caused by differences in the myofibril lattice, myofibril and muscle fibre transverse spacings / J. Hughes et al. *Meat Science*. 2020. Vol. 149. P. 96–106.
26. A preliminary nontargeted lipidomics analysis reveals greater acylcarnitine in dark-cutting beef longissimus lumborum across visual severity levels / K.M. Harr et al. *Journal of Animal Science*. 2026.
27. Assessment of beef sensory attributes and physicochemical characteristics: A comparative study of intermediate versus normal ultimate pH striploin cuts / I. Patinho et al. *Food Research International*. 2024. Vol. 175. DOI:10.1016/j.foodres.2023.113778
28. Park M.K., Choi Y.S. Effective strategies for understanding meat flavor: A review. *Food Science of Animal Resources*. 2025. Vol. 45. No 1. P. 165–184. DOI:10.5851/kosfa.2024.e124
29. Comparison of Genetic Merit for Weight and Meat Traits between the Polled and Horned Cattle in Multiple Beef Breeds / I.A.S. Randhawa et al. *Animals*. 2021. Vol. 11. No 3. 870 p. DOI:10.3390/ani11030870
30. Elliott K.L., Horne W.J., Gwartney B.L., Morrill J.C. Prediction of Intramuscular Fat Content of Beef Longissimus Muscle. *Nebraska Beef Cattle Report*. 2026. P. 98–100.
31. Beck P.A., Beck M.R., Apple J.K. Production systems and nutrition. Reference Module in Food Science. 2022. DOI:10.1016/B978-0-323-85125-1.00029-6

REFERENCES

1. Kenny, D., Murphy, C.P., Sleator, R.D., Judge, M.M., Evans, R.D., Berry, D.P. (2020). Animal-level factors associated with the achievement of desirable specifications in Irish beef carcasses graded using the EUROP classification system. *Journal of Animal Science*, Vol. 98, no. 7. DOI:10.1093/jas/skaa191
2. Commission Regulation (EC). Commission Regulation (EC) № 1249/2008 of 10 December 2008

- laying down detailed rules on the implementation of the Community scales for the classification of beef, pig and sheep carcasses and the reporting of prices thereof. Available at: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9716803a-8887-4956-9877-629031ec7723/language-en>. 23.11.2018.
3. Soulat, J., Picard, B., Monteils, V. (2023). Influence of cattle category and slaughter age on Charolais-breed carcass and meat traits. *Italian Journal of Animal Science*, Vol. 22, no. 1, pp. 263–275. DOI:10.1080/1828051X.2023.2182720
 4. Soulat, J., Picard, B., Bord, C., Monteils, V. (2022). Characterization of four rearing managements and their influence on carcass and meat qualities in charolais heifers. *Foods*, Vol. 11, no. 9, 1262 p. DOI:10.3390/foods11091262
 5. Simon G., Witten, S., Aulrich, K., Hillmann, E., Barth, K. (2026). Growth rate, carcass characteristics and meat quality of German Holstein and Jersey bull calves grazed on two different swards. *Organic Agriculture*, Vol. 16, no. 1, 10 p. DOI:10.1007/s13165-025-00539-z
 6. Guzek, D., Głaska, D., Pogorzelski, G., Kozan, K., Pietras, J., Konarska, M., Sakowska, A., Głaski, K., Pogorzelska, E., Barszczewski, J., Wierzbicka, A. (2013). Variation of meat quality parameters due to conformation and fat class in limousin bulls slaughtered at 25 to 27 months of age. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Vol. 26, no. 5, pp. 716–722. DOI:10.5713/ajas.2012.12525
 7. Kempster, A.J., Harrington, G. (1980). The value of «fat-corrected» conformation as an indicator of beef carcass composition within and between breeds. *Livest. Prod. Sci.*, Vol. 7, pp. 361–372.
 8. JMGA. Beef carcass grading standart. (2000). Japan meat grading association. Tokyo, Japan.
 9. DSTU ISO 1443:2005. M'jaso ta m'jasni produkty. Metod vyznachennja zagal'nogo vmistu zhyru. [Chynnyj vid 2007-04-01] [DSTU ISO 1443:2005. Meat and meat products. Method for determining total fat content. [Valid from 2007-04-01]]. Kyiv, 2007. 4 p. (National standard of Ukraine). (In Ukrainian).
 10. Shkurin, G.T., Timchenko, O.G., Vdovichenko, Y.V. (2002). Zabijni jakosti velykoi' rogatoj' hudoby [Slaughter qualities of cattle]. Kyiv: "Agrarian Science", 50 p. (In Ukrainian).
 11. DSTU ISO 936:2008. M'jaso ta m'jasni produkty. Metod vyznachennja masovoi' chastky zagal'noi' zoly. [Chynnyj vid 2008-09-01]. [DSTU ISO 936:2008. Meat and meat products. Method for determining the mass fraction of total ash. [Valid from 2008-09-01]]. Kyiv, 2010. 6 p. (National standard of Ukraine). (In Ukrainian).
 12. DSTU ISO 1442:2005. M'jaso ta m'jasni produkty. Metod vyznachennja vmistu vology (kontrol'nyj metod). [Chynnyj vid 2007-04-01] [DSTU ISO 1442:2005. Meat and meat products. Method for determining moisture content (control method). [Valid from 2007-04-01]]. Kyiv, 2007. 4 p. (National standard of Ukraine). (In Ukrainian).
 13. DSTU ISO 2917–2001. M'jaso ta m'jasni produkty. Vyznachennja rN (kontrol'nyj metod). [Chynnyj vid 2003-01-01] [DSTU ISO 2917–2001. Meat and meat products. Determination of pH (control method). [Valid from 2003-01-01]. Kyiv, 2002. 5 p. (National standard of Ukraine). (In Ukrainian).
 14. Huts, V.S., Koval, O.A. (2007). Metodyka doslidzhennia konsystentsii kharchovykh dyspersnykh system metodom penetratsii [Methods for studying the consistency of food dispersed systems by the method of penetration]. *Harchova promyslovist'* [Food industry], no. 5, pp. 16–23. (In Ukrainian).
 15. Antoniuk, T. (2020). Tehnologija produktiv zaboju tvaryn [Technology of animal slaughter products]. Kyiv. (In Ukrainian).
 16. Stimbirys, A., Shernienė, L., Prusevichus, V., Jukna, V., Shimkus, Al., Shimkienė Al. (2016). The influence of different factors on bulls carcass conformation class in Lithuania. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, Vol. 22, no. 4, pp. 627–634.
 17. Holló, G., Húth, B., Holló, I., Anton, I. (2018). X-Ray computed tomography evaluation of intramuscular fat content in Hungarian simmental cattle. *Acta Alimentaria*, Vol. 47, no. 2, pp. 220–228. DOI:10.1556/066.2018.0002
 18. Kempster, A.J., Cuthbertson, A., Harrington, G. (1982). The relationship between conformation and the yield and distribution of lean meat in the carcasses of British pigs, cattle and sheep: A review. *Meat Science*, Vol. 6, no. 1, pp. 37–53. DOI:10.1017/S1751731118001933
 19. Kruk, O.P., Ugnivenko, A.M. (2024). Harakterystyka jalovychny, otrymano' vid bugajciv ukrai'ns'koi' chorno-rjaboi' molochnoi' porody za riznogo pokryvu tush zhyrovoju tkanynoiu: zb. nauk. prac' «Tehnologija vyrobnyctva i pererobky produkcii tvarynnyctva» [Characteristics of beef obtained from bulls of the Ukrainian black-and-white dairy breed with different carcass fat tissue coverage: Collection of scientific works "Technology of production and processing of livestock products"], no. 2, pp. 17–24. DOI:10.33245/2310-9289-2024-190-2-17-24 (In Ukrainian).
 20. Kruk, O.P. (2024). Vzajemozv'jazok mizh marmurovistju jalovychny ta i'i' jakisnymi oznakamy u pomisnyh bugajciv vid ukrai'ns'koi' chorno-rjaboi' molochnoi' i golshtyns'koi' porid [The relationship between beef marbling and its quality characteristics in crossbred bulls of the Ukrainian black-and-white dairy and Holstein breeds]. *Podil'skyj visnyk: sil'ske gospodarstvo, tehnika, ekonomika* [Podolskyi visnyk: agriculture, technology, economics]. *Rozdil: sil'skogospodars'ki nauky* [Section: agricultural sciences], no. 45, pp. 28–32. DOI:10.37406/2706-9052-2024-4.3 (In Ukrainian).
 21. Li, X., Fu, X., Yang, G., Du, M. (2020). Enhancing intramuscular fat development via targeting fibro-adipogenic progenitor cells in meat animals. *Animal*, Vol. 14, no. 2, pp. 312–321. DOI:10.1017/S175173111900209X
 22. Nisbet, H., Lambe, N., Miller, G.A., Doeschl-Wilson, A., Barclay, D., Wheaton, A., Duthie, C.A. (2025). On-farm 3D images of beef cattle for the prediction of carcass classification traits and cold carcass weight. *Animal*. DOI:10.1016/j.animal.2025.101529

23. Picard, B., Cougoul, A., Couvreur, S., Bonnet, M. (2023). Relationships between the abundance of 29 proteins and several meat or carcass quality traits in two bovine muscles revealed by a combination of univariate and multivariate analyses. *Journal of Proteomics*, Vol. 273, no. 20. DOI:10.1016/j.jprot.2022.104792

24. Meškinytė, E., Jukna, V., Zigmantaitė, V., Plina, O., Kučinskas, A. (2025). The Effectiveness of the Use of Ultrasound Methodology (Applied to Live Animals) to Assess the Quality of Meat. *Animals*, Vol. 15, no. 6, 872 p. DOI:10.3390/ani15060872

25. Hughes, J., Clarke, F., Li, Y., Purslow, P., Warner, P. (2020). Differences in light scattering between pale and dark beef longissimus thoracis muscles are primarily caused by differences in the myofibril lattice, myofibril and muscle fibre transverse spacings. *Meat Science*, Vol. 149, pp. 96–106.

26. Harr, K.M., Scott, M.A., Dos Santos, E.S.P., Cônsolo, N.R., Johnson, L., Mafi, G.G., Pfeiffer, M.M., Ramanathan, R. (2026). A preliminary nontargeted lipidomics analysis reveals greater acylcarnitine in dark-cutting beef longissimus lumborum across visual severity levels. *Journal of Animal Science*.

27. Patinho, I., Cavalcante, C.L., Saldaña, E., Gagaoua, M., Behrens, J.H., Contreras-Castillo, C.J. (2024). Assessment of beef sensory attributes and physicochemical characteristics: A comparative study of intermediate versus normal ultimate pH striploin cuts. *Food Research International*, Vol. 175. DOI:10.1016/j.foodres.2023.113778

28. Park, M.K., Choi, Y.S. (2025). Effective strategies for understanding meat flavor: A review. *Food Science of Animal Resources*, Vol. 45, no. 1, pp. 165–184. DOI:10.5851/kosfa.2024. e124

29. Randhawa, I.A.S., McGowan, M.R., Porto-Neto, L.R., Hayes, B.J., Lyons, R.E. (2021). Comparison of Genetic Merit for Weight and Meat Traits between the Polled and Horned Cattle in Multiple Beef Breeds. *Animals*, Vol. 11, no. 3, 870 p. DOI:10.3390/ani11030870

30. Elliott, K.L., Horne, W.J., Gwartney, B.L., Morrill, J.C. (2026). Prediction of Intramuscular Fat Content of Beef Longissimus Muscle. *Nebraska Beef Cattle Report*, pp. 98–100.

31. Beck, P.A., Beck, M.R., Apple, J.K. (2022). Production systems and nutrition. Reference Module in Food Science. DOI:10.1016/B978-0-323-85125-1.00029-6

Qualitative Characteristics of Beef from 21-Month-Old Ukrainian Black-and-White Dairy Young Bulls with Different Carcass Conformation Classes

Kruk O., Ugnivenko A., Antoniuk T.

The aim of this study was to evaluate the quality of beef obtained from Ukrainian Black-and-White dairy bulls with different carcass conformation classes in order to encourage producers to increase the productive potential of livestock and to harmonize Ukrainian standards with European Union legislation in accordance with the EUROP carcass classification system.

The study presents the characteristics of the sensory and technological properties of beef, as well as its chemical composition, depending on carcass conformation scores according to the EUROP scale in 21-month-old Ukrainian Black-and-White dairy bulls.

Immediately after slaughter, the color of muscle and fat tissues, the degree of meat marbling, and the “muscle eye” area of the *m. longissimus dorsi* were determined according to JMGA (2000) methods. Minced meat samples obtained from the *m. longissimus dorsi* were analyzed for total fat, protein, moisture, and ash content, as well as pH value, penetration, and water-holding capacity. In addition, sensory evaluation of broth and boiled meat was carried out.

It was established that most 21-month-old Ukrainian Black-and-White dairy bulls were classified as carcass conformation class R according to the EUROP system. An increase in carcass conformation score was accompanied by a tendency toward higher moisture and protein content in the *m. longissimus dorsi* and lower dry matter, fat, and mineral content.

A tendency toward a positive relationship was also found between carcass conformation class and subcutaneous fat thickness and development, muscle tissue color intensity, and the water-holding capacity of meat. At the same time, a negative relationship was established between carcass conformation class and pH value, beef penetration, and the overall sensory evaluation of boiled meat and broth. A significant negative correlation ($P \geq 0.95$) was found between carcass conformation and cooking loss of meat.

The practical significance of the obtained results lies in establishing the relationship between carcass conformation and the chemical composition, technological, and sensory properties of beef obtained from 21-month-old Ukrainian Black-and-White dairy bulls.

Keywords: meat productivity, young bulls, carcass conformation, intramuscular fat, Ukrainian Black-and-White dairy breed, technological and sensory properties of beef, chemical composition of meat.



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



ORCID iD:

Крук О.П.

Угнівенко А.М.

Антонюк Т.А.

<https://orcid.org/0000-0001-9975-8994>


<https://orcid.org/0000-0001-6278-8399>

<https://orcid.org/0000-0001-5045-5546>


ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК 636.2.084.522:636.082.342

Вплив рівнів інтенсивності годівлі на продуктивність і тривалість завершальної відгодівлі бугайців

Лавринюк О.О. , Нестерук М.С.,
Пилипчук О.В., Сіхневич К.Й.

Поліський національний університет, Житомир, Україна

 Лавринюк О.О. E-mail: Oksana_lavren@ukr.net

Лавринюк О.О., Нестерук М.С., Пилипчук О.В., Сіхневич К.Й. Вплив рівнів інтенсивності годівлі на продуктивність і тривалість завершальної відгодівлі бугайців. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 40–48.

Lavrynyuk O., Nesteruk M., Pylypchuk O., Sikhnevich K. Impact of feeding intensity levels on productivity and duration of the finishing period in young bulls. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 40–48.

Рукопис отримано: 10.02.2026 р.

Прийнято: 23.02.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-40-48

ISSN 2310-9289

У роботі представлено комплексне дослідження, спрямоване на підвищення ефективності м'ясного скотарства шляхом упровадження інтенсивних технологій годівлі. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю скорочення технологічного циклу виробництва яловичини та оптимізації витрат кормових ресурсів у сучасних економічних умовах. Авторами здійснено наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження ефективності використання повнораціонних кормових сумішей на основі консервованих кормів, що забезпечують максимальну реалізацію генетичного потенціалу м'ясної продуктивності молодяку великої рогатої худоби.

Методологія дослідження ґрунтується на порівняльному аналізі трьох диференційованих моделей годівлі, які відрізнялися за структурою раціонів і рівнем енергетичної концентрації. Ключовим напрямом оптимізації стало підвищення частки кукурудзяного силосу та введення додаткового енергетичного підживлення у вигляді кормової патоки. Це дало змогу досягти високого рівня обмінної енергії – 10,91 МДж сухої речовини, що визначено як критичний чинник стимуляції інтенсивного росту тварин.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що інтенсивний тип годівлі забезпечує середньодобові прирости на рівні 1017 г, що на 60,1% перевищує показники контрольної групи з помірним рівнем вирощування. Застосування розробленої технології сприяє досягненню бугайцями живої маси 466,5 кг у віці 18 місяців. Водночас встановлено скорочення тривалості відгодівельного періоду на 120 днів, що забезпечує прискорення обороту обігових коштів і підвищення економічної ефективності виробництва без зниження якісних показників продукції.

Особливу увагу приділено економіко-біологічній оцінці конверсії корму. Встановлено, що за інтенсивної технології витрати корму на 1 кг приросту становлять 9,38 кормових одиниць, що на 22,8% менше порівняно з традиційними підходами. Окрім того, завдяки скороченню термінів досягнення забійних кондицій загальне споживання енергії за період вирощування зменшується на 26,1%. Отримані результати свідчать, що впровадження інтенсивних, збалансованих за поживністю раціонів є біологічно обґрунтованим і економічно доцільним напрямом розвитку сучасного м'ясного скотарства.

Ключові слова: бугайці, інтенсивна технологія, середньодобові прирости, жива маса, обмінна енергія, суха речовина, кукурудзяний силос, кормова патока, конверсія корму, раціони годівлі.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Трансформація аграрного сектору України в сучасних економічних умовах зумовлює необхідність суттєвого оновлення методологічних підходів до виробництва яловичини в системі молочного скотарства [1]. Сукупність негативних чинників – зокрема волатильність цін на енергоносії та кліматична нестабільність, що спричиняє деградацію пасовищних екосистем, – призвела до вичерпання потенціалу традиційних технологічних моделей, що особливо загострюється в умовах глобальних демографічних викликів [2].

Унаслідок цього у вітчизняній практиці спостерігається негативна тенденція до продовження періоду вирощування бугайців до 2,5–3,5 років, що суперечить принципам економічної доцільності та знижує ефективність відгодівлі [3–5]. У цьому контексті особливого значення набуває перехід до енергоощадних технологій виробництва, заснованих на стабільному та цілорічному використанні консервованих кормів [6].

Застосування таких підходів дає змогу мінімізувати вплив сезонних факторів ризику, забезпечити безперервність виробничого процесу та підвищити інтенсивність росту тварин, що є ключовою передумовою підвищення ефективності галузі в цілому [7, 8].

Аналіз останніх досліджень [9–12] підтверджує, що динаміка живої маси бугайців безпосередньо визначається рівнем поживності раціону, насамперед споживанням сухої речовини та концентрацією обмінної енергії. У зв'язку з цим пріоритетним науковим завданням є оптимізація інтенсивності годівлі з метою забезпечення максимальної конверсії корму та мінімізації витрат ресурсів на одиницю приросту.

Потреба молодняка у поживних речовинах та енергії зумовлена віковими особливостями метаболізму [13, 14]. Зокрема, у молочний період відбувається глибока функціональна перебудова травної системи, що супроводжується інтенсифікацією білкового та мінерального обміну [15]. Встановлено, що застосування помірних норм згодовування молочних кормів, які забезпечують середньодобові прирости на рівні 600–650 г, сприяє активації механізмів компенсаторного росту. Це, у свою чергу, створює передумови для суттєвої інтенсифікації процесів відгодівлі у післямолочний період, зокрема після досягнення тваринами шестимісячного віку [16, 17].

Важливою біологічною особливістю великої рогатої худоби є здатність до компенсації відставання у рості на ранніх етапах

онтогенезу за умови повноцінного забезпечення поживними речовинами; за таких умов тварини можуть досягати цільових показників розвитку вже у 12-місячному віці [11]. Водночас слід ураховувати, що молодий організм характеризується найвищою біологічною ефективністю використання протеїну та обмінної енергії, однак зміни структури раціону можуть впливати на рівень споживання корму та інтенсивність газової емісії [18].

Ключовим чинником, що визначає ефективність засвоєння поживних речовин, є оптимальний вміст клітковини, необхідний для стимуляції рубцевого травлення [19]. Водночас її надлишок обмежує доступність енергії та знижує показники конверсії корму [20]. У зв'язку з цим пріоритетного значення набуває організація годівлі, яка забезпечує повне покриття потреб тварин в енергії та біологічно активних речовинах [21].

Доведено, що у віці до 6 місяців дефіцит енергії може призводити до розвитку морфологічних порушень, зокрема вузькотілості або інфантилізму тканин [13]. Особливу увагу необхідно приділяти забезпеченню організму повноцінним протеїном і мікроелементами, дефіцит яких, характерний для окремих біогеохімічних зон України, суттєво знижує рівень природної резистентності тварин [14]. Балансування раціонів за комплексом біологічно активних компонентів сприяє підвищенню інтенсивності росту молодняка на 10-15% за рахунок інтенсифікації мікробіологічних процесів у рубці [12, 15].

Аналіз існуючих підходів до вирощування молодняка вказує на те, що найбільш критичним і водночас економічно значущим етапом є період завершальної відгодівлі [13, 14]. Незважаючи на наявність ґрунтовних досліджень, присвячених молочному періоду, питання оптимізації фінальної фази вирощування за умов безпасовищного утримання залишається недостатньо вивченими та дискусійними.

Мега дослідження є наукове обґрунтування та визначення оптимальних параметрів споживання сухої речовини й обмінної енергії у раціонах бугайців. Дослідження спрямоване на встановлення кількісного та функціонального взаємозв'язку між різними стратегіями інтенсивності годівлі (помірною, помірно-інтенсивною та інтенсивною) і показниками енергоефективності технології виробництва яловичини.

Матеріал і методи дослідження. Науково-господарський експеримент проведено на базі спеціалізованого агропромислового

підприємства Житомирської області. Виробнича діяльність господарства зосереджена на веденні скотарства, із загальною чисельністю поголів'я 490 голів великої рогатої худоби.

Для вирішення поставлених завдань за методом груп-аналогів сформовано три експериментальні групи бугайців 12-місячного віку по 15 голів у кожній. Під час формування груп урахували живу масу тварин, їхній вік, фізіологічний стан, рівень вгодованості та загальний стан здоров'я [22]. Дослідження проводили відповідно до експериментальної схеми, наведеної в таблиці 1.

Результати дослідження та обговорення. Ефективність використання енергетичного потенціалу раціону безпосередньо залежить від фізико-хімічного складу кормової суміші та її здатності забезпечувати оптимальні умови для перебігу мікробіальних процесів у передшлунках [9, 12, 15]. Протягом усього облікового періоду дослідження, незалежно від сезону року, бугайцям згодовували повнораціонну кормову суміш (ПКС), структура якої була адаптована до умов технології цілорічного стійлового утримання.

Таблиця 1 – Схема науково-господарського досліду на бугайцях

Група	n	Тривалість відгодівлі, міс.	Початкова жива маса (12 міс.), кг	Планована жива маса, кг	Орієнтовний середньодобовий приріст, г	Рівень інтенсивності годівлі
I (контрольна)	15	10	278,4 ±3,2	460–480	600–650	Помірний
II (дослідна)	15	8	277,9 ±3,5	460–480	750–850	Помірно-інтенсивний
III (дослідна)	15	6	279,1 ±3,1	460–480	1050–1150	Інтенсивний

Джерело: розроблено автором на основі [13, 14, 22].

У дослідженні використовувалися корми, традиційні для Житомирської області, у складі повнораціонних кормових сумішей. Раціони були розроблені відповідно до науково обґрунтованих деталізованих норм годівлі [14, 19, 21]. Рівень годівлі бугайців упродовж облікового періоду диференціювали за групами: у першій групі застосовували помірний рівень годівлі, що забезпечував середньодобові прирости на рівні 600-700 г; у другій – помірно-інтенсивний (700–800 г), у третій – інтенсивний, із запланованими середньодобовими приростами 1000–1100 г.

Динаміку росту бугайців контролювали шляхом індивідуального зважування, яке проводили щомісяця у ранкові години в один і той самий час – до початку годівлі та напування. На основі отриманих даних, а також аналізу раціонів визначали загальну кількість сухої речовини та обмінної енергії кормів, спожитих тваринами протягом усього дослідження.

Статистичну обробку результатів здійснювали із застосуванням критерію Стьюдента. Різницю між показниками вважали статично вірогідною за рівня значущості $P < 0,05$ [13]. Біометричні розрахунки виконували із використанням спеціалізованого програмного забезпечення на персональному комп'ютері.

До складу повнораціонної кормової суміші (ПКС) входили такі компоненти: пшенична солома, яка виконувала функцію структурної клітковини та сприяла стимуляції жуйки; кукурудзяний силос як основне джерело енергії та соковитих кормів; кормова патока, що забезпечувала оптимізацію цукрово-протеїнового співвідношення, а також комбікорми з преміксом, які гарантували збалансованість раціону за вмістом біологічно активних сполук і мінеральних елементів. Таке поєднання компонентів дало змогу сформувати стабільну за складом суміш, яка забезпечувала рівномірне надходження поживних речовин в організм тварин (таблиця 2).

Аналіз поживності раціонів піддослідних бугайців засвідчив наявність суттєвої залежності між обраною технологією вирощування та рівнем енергетичного забезпечення тварин. Найвищі показники добового енергетичного живлення зафіксовані у тварин III групи в завершальний період відгодівлі (16–18 міс.), де вони становили 128,6 МДж обмінної енергії та 10,5 кормових одиниць. Це забезпечило необхідні умови для досягнення середньодобових приростів на рівні 1000–1100 г.

Важливим аспектом інтенсифікації стало досягнення максимальної концентрації енергії в одиниці сухої речовини на рівні 10,91

МДж, що на 5,6 % перевищувало показники контрольної групи. Паралельно з енергетичним насиченням у тварин III групи відмічено максимальний показник перетравного протеїну – 995 г. У поєднанні з підвищеною цукристістю раціону це сприяло ефективнішій трансформації азоту корму в білок м'язової тканини, що забезпечило формування високого рівня продуктивності.

Для більш глибокого розуміння механізмів інтенсифікації було здійснено розрахунок структури раціонів у відсотковому відношенні за енергетичною поживністю (таблиця 3).

Порівняльний аналіз структури раціонів свідчить про глибоку трансформацію ролі окремих компонентів. Ключовою особливістю інтенсивного типу годівлі є зменшення частки малоцінної соломи до 1,8 % порівняно з 5,5 % у I групі. Такий підхід дає змогу уникнути баластного навантаження на шлунково-кишковий тракт і вивільнити простір для включення більш поживних інгредієнтів раціону.

Основою годівлі у всіх групах залишається кукурудзяний силос, однак саме у III групі його енергетична частка зростала до 58,5 %.

Ефективність використання цього соковитого корму підсилювалася підвищеним вмістом кормової патоки (6,2 %), легкозасвоювані вуглеводи якої сприяли інтенсифікації процесів ферментації в рубці. Водночас, попри відносну меншу частку комбікормів у структурі раціону III групи внаслідок збільшення обсягів силосу, їхня абсолютна кількість була найбільшою (3,8 кг), що забезпечувало необхідну щільність енергії для інтенсивного росту м'язової тканини.

Узагальнюючи отримані результати, слід відзначити, що раціон III групи є найбільш технологічно доцільним. Установлено, що інтенсифікація годівлі забезпечує зниження сумарних витрат ресурсів на вирощування однієї голови. Зокрема, тварини цієї групи за весь період дослідження спожили на 26,1 % менше енергії порівняно з контрольною групою. Це зумовлено скороченням тривалості відгодівлі та підвищенням ефективності конверсії корму. Таким чином, обрана модель є не лише біологічно виправданою, але й економічно більш вигідною порівняно з помірними стратегіями вирощування.

Таблиця 2 – Раціони бугайців і оцінка використання кормів

Корми, кг	Рівень годівлі бугайців							
	помірний			помірно-інтенсивний			інтенсивний	
	Віковий період, міс.							
	13-15	16-18	19-22	13-15	16-18	19-20	13-15	16-18
Солома пшенична	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5
Силос кукурудзяний	18,2	22,5	25,6	18,5	24,6	28,4	25,5	30,8
Патока кормова	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,1	1,0	1,2
Комбікорми	1,8	2,3	2,6	2,2	2,7	3,0	2,8	3,8
У раціоні:								
обмінної енергії, МДж	77,8	95,2	104,8	84,2	103,4	116,5	104,2	128,6
сухої речовини, кг	7,6	9,2	10,2	8,2	9,7	10,8	9,7	11,8
∑ обмінної енергії, МДж	28315,4			24080,2			20910,5	
∑ сухої речовини, кг	2740,2			2245,5			1915,8	
ОЕ/1 кг СР, МДж	10,33			10,72			10,91	
кормових одиниць	6,1	7,6	8,4	6,8	8,2	9,4	8,7	10,5
перетравного протеїну,г	550	715	785	665	780	905	860	995

Джерело: розроблено автором на основі [12, 14, 15, 17, 22].

Таблиця 3 – Структура раціонів бугайців (у % від обмінної енергії)

Корми	I група (помірний рівень)	II група (помірно-інтенсивний)	III група (інтенсивний)
Солома пшенична	5,5	4,2	1,8
Силос кукурудзяний	52,4	55,8	58,5
Патока кормова	4,8	5,5	6,2
Комбікорми	37,3	34,5	33,5
Разом	100	100	100

Джерело: сформовано автором за даними власних досліджень.

Отже, застосування інтенсивної відгодівлі великої рогатої худоби є ефективним способом оптимізації енергетичних витрат у технологічному процесі виробництва яловичини за альтернативною технологією. Це зумовлено тим, що енергія, яка надходить із кормів, становить значну частку (до 70 % і більше) від загальних енергетичних витрат на виробництво яловичини.

Одним із ключових критеріїв оцінки ефективності розроблених раціонів є здатність тварин реалізувати свій генетичний потенціал м'ясної продуктивності за відповідних умов годівлі. Динаміка живої маси бугайців є одним із основних показників, що відображає адекватність забезпечення організму енергією та протеїном у різні вікові періоди.

У нашому дослідженні порівняння трьох рівнів годівлі (помірного, помірно-інтенсивного та інтенсивного) дало змогу встановити пряму залежність між концентрацією обмінної енергії в раціоні та швидкістю росту тканин. Особливу увагу приділяли не лише абсолютним показникам маси, а й ефективності конверсії корму, оскільки здатність тварин трансформувати енергію раціону в м'язову тканину визначає технологічну доцільність обраної моделі вирощування. Отримані дані, наведені в таблиці 4, дають змогу оцінити вплив оптимізації структури раціону (збільшення частки концентратів і патоки за одночасного зменшення частки соломи) на інтенсивність метаболічних процесів та ефективність використання кормових ресурсів.

Аналіз результатів вирощування піддослідних бугайців свідчить, що рівень енергетичного та протеїнового живлення є визначальним чинником реалізації біологічного потенціалу тварин. Застосування інтенсивного типу годівлі (III група) забезпечило найвищу інтенсивність росту – середньодобові прирости на рівні 1017 г, що на 60,1% перевищувало показники контрольної групи. Це дало тваринам змогу досягти живої маси 466,5 кг уже у 18-місячному віці, фактично скоротивши технологічний цикл вирощування на 120 днів порівняно з помірним типом годівлі, за якого аналогічні кондиції були досягнуті лише у 22 місяці.

Висока ефективність інтенсивного раціону зумовлена оптимізацією його структури, зокрема поєднанням значної кількості кукурудзяного силосу (до 30,8 кг) та концентрованих кормів (3,8 кг) із додаванням патоки, що забезпечило концентрацію обмінної енергії на рівні 10,91 МДж на 1 кг сухої речовини. Таке співвідношення компонентів сприяло

кращому засвоєнню азотистих речовин корму та їхній ефективнішій трансформації в білок м'язової тканини. Достовірність переваги інтенсивної технології підтверджено біометрично ($P < 0,001$ порівняно з I групою), що свідчить про стабільність отриманих результатів і мінімізує вплив випадкових факторів.

Найбільш значущим зоотехнічним результатом є істотне покращення конверсії корму [12, 21]. Встановлено, що підвищення поживності раціону сприяє зниженню витрат ресурсів на одиницю продукції: у тварин III групи витрати на 1 кг приросту становили 9,38 кормових одиниць, що на 22,8 % менше порівняно з помірною годівлею (12,16 кормових одиниць). Попри вищу вартість добового раціону, інтенсивна модель виявилася більш доцільною завдяки зменшенню загальних витрат енергії на підтримання життєдіяльності, що досягається за рахунок скорочення тривалості відгодівельного періоду.

Таким чином, розроблені раціони з високою часткою соковитих кормів і концентратів є науково обґрунтованим інструментом підвищення продуктивності м'ясного скотарства. Їхнє застосування дає змогу не лише максимально реалізувати потенціал росту бугайців, а й суттєво підвищити ефективність використання кормової бази господарства, забезпечуючи виробництво якісної яловичини у скорочені строки.

Важливу роль у підвищенні ефективності відіграє висока фізіологічна активність травних процесів. Оптимізоване співвідношення концентратів і цукрів за рахунок використання кормової патоки забезпечує кращу засвоюваність усіх компонентів раціону. Це створює умови для отримання вищих середньодобових приростів за порівняно менших обсягів спожитого корму, що свідчить про якісне вдосконалення метаболічних процесів у тварин інтенсивної групи.

Зоотехнічна та економічна перевага інтенсивної технології підтверджується зниженням витрат кормів на 22,8 % – з 12,16 у контрольній групі до 9,38 кормових одиниць у III (дослідній) групі. Таке суттєве покращення конверсії корму є вагомим аргументом на користь упровадження інтенсивної моделі вирощування у виробництво, оскільки дає змогу знизити собівартість отриманої яловичини та підвищити загальну рентабельність м'ясного скотарства.

Отже, інтенсивна годівля бугайців за технологією цілорічного використання консервованих кормів демонструє суттєві переваги порівняно з помірним і помірно-інтенсивним

режимами. Підвищення концентрації обмінної енергії в 1 кг сухої речовини раціону з 10,33 до 10,91 МДж забезпечило не лише скоротити сумарних витрат обмінної енергії за період вирощування на 26,1 %, але й зумовило значну перевагу за живою масою. Зокрема, у 18-місячному віці тварини інтенсивної групи перевищували аналогів із помірним і помірно-інтенсивним рівнем годівлі на 74,0 кг та 37,6 кг відповідно.

Важливим технологічним результатом стало зниження витрат кормів на одиницю продукції до 9,38 кормових одиниць, що на 22,8 % менше порівняно з контролем (12,16 кормових одиниць). Отримані дані підтверджують, що інтенсифікація годівлі є ключовим чинником оптимізації використання кормових ресурсів і підвищення загальної м'ясної продуктивності бугайців у скорочені строки відгодівлі.

Висновки. 1. Встановлено, що застосування інтенсивного типу годівлі (III група) з концентрацією обмінної енергії на рівні 10,91 МДж у 1 кг сухої речовини є найбільш технологічно виправданим. Оптимізація раціону шляхом зменшення частки соломи до 1,8 % (за енергетичною поживністю) та збільшення питомої ваги кукурудзяного силосу до 58,5 % і кормової патоки до 6,2 % створює сприятливі умови для максимальної реалізації генетичного потенціалу м'ясної продуктивності бугайців.

2. Інтенсифікація годівлі забезпечила отримання середньодобових приростів на рівні 1017 г, що на 60,1 % перевищує показники за помірного режиму вирощування. Це дало змогу бугайцям III групи досягти живої маси 466,5 кг вже у 18-місячному віці, що відповідає кондиціям тварин контрольної групи у віці 22 місяців. У результаті термін вирощування до забійних кондицій скорочується на 120 днів.

3. Виявлено, що підвищення поживності раціону безпосередньо сприяє покращенню окупності кормів. У III групі витрати кормових одиниць на 1 кг приросту становили 9,38 кормових одиниць, що на 22,8 % менше порівняно з контрольною групою (12,16 кормових одиниць). Загальні витрати обмінної енергії за весь період вирощування в інтенсивній групі були на 26,1 % нижчими, ніж у помірній, що зумовлено вищою швидкістю росту та зменшенням витрат енергії на підтримання життєдіяльності.

4. Раціони інтенсивного типу з добовим вмістом перетравного протеїну до 995 г у завершальний період забезпечують оптималь-

ний баланс між білком та енергією, що сприяє ефективній трансформації азоту корму в м'язову тканину та формуванню високоякісних туш.

5. Для інтенсифікації виробництва яловичини та підвищення рентабельності галузі доцільно переходити на інтенсивну технологію вирощування бугайців із середньодобовими приростами понад 1000 г.

6. У господарствах із цілорічним стійловим утриманням рекомендовано використовувати силосно-концентратний тип годівлі, за якого частка концентрованих кормів становить 33-35%, а соковитих кормів (силосу) – 55–58 % від загальної енергетичної поживності раціону.

7. Для забезпечення оптимального цукрово-протеїнового співвідношення та стимуляції ферментаційних процесів у рубці до складу раціонів доцільно включати кормову патоку в кількості 1,0–1,2 кг на голову на добу, особливо за умов використання значних обсягів кукурудзяного силосу.

8. З метою зниження собівартості продукції за рахунок покращення конверсії корму рекомендується завершувати відгодівлю при досягненні бугайцями живої маси 460–470 кг у віці близько 18 місяців. Такий підхід дає змогу уникнути надмірних витрат енергії, пов'язаних із подовженням періоду вирощування тварин.

Перспективи подальших наукових досліджень у цьому напрямі полягають у поглибленому вивченні механізмів впливу інтенсивних раціонів на якісні характеристики яловичини, а також у розробленні прецизійних моделей годівлі. Особливої уваги потребує інтеграція цифрових технологій збору та аналізу даних для моніторингу метаболічного статусу тварин у режимі реальному часі. Реалізація таких підходів дасть змогу не лише підвищити ефективність конверсії корму, але й враховувати індивідуальний генетичний потенціал кожної тварини, що є основою формування високоефективних та екологічно стійких систем м'ясного скотарства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Болтянська Н.І., Рижов О.І. Напрями модернізації виробничих і технологічних процесів у тваринництві. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. 2020. С. 196–200. URL:<http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/ryzhov-2020.pdf> (дата звернення: 01.03.2026).
2. UN. World Population Projected to Reach 9.8 Billion in 2050, and 11.2 Billion in 2100. 2017. URL:<https://www.un.org/en/desa/world-popula->

tion-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100 (дата звернення: 01.03.2026).

3. Greenwood P.L. Review: An overview of beef production from pasture and feedlot globally, as demand for beef and the need for sustainable practices increase. *Animal*. 2021. Vol. 15. DOI:10.1016/j.animal.2021.100295

4. Hutu I., William Onan G. Beef Cattle. *Agricultural Sciences*. IntechOpen, 2024. DOI:10.5772/intechopen.1006866

5. Exploring Feed Efficiency in Beef Cattle: From Data Collection to Genetic and Nutritional Modeling / A.O. Ojo et al. *Animals*. 2024. Vol. 14. No 24. DOI:10.3390/ani14243633

6. Медведєв А.Ю., Ліннік В.С. Теоретичне та практичне обґрунтування енергозберігаючої технології виробництва яловичини за цілорічного використання консервованих кормів: монографія. Луганськ: Елтон-2, 2011. 222 с.

7. Бурлака В.А., Борщенко В.В., Кривий М.М. Біологія продуктивності сільськогосподарських тварин. Житомир: Житомирський національний агроекологічний університет, 2012. 163 с.

8. Технологія кормів: навч. посіб. / М. М. Кривий та ін. Житомир: Полісся, 2020. 215 с.

9. Оцінка фрікційних властивостей компонентів кормів для тварин / І. Дударев та ін. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2021. Вип. 100. С. 136–140. DOI:10.37000/abbsl.2021.100.23

10. Костенко В. І. Інтенсивні методи вирощування ремонтного молодняка великої рогатої худоби: підручник. Київ: Ліра-К, 2020. 188 с.

11. Nogalski Z., Modzelewska-Kapituła M., Tkacz K. Effects of Silage Type and Feeding Intensity on Carcass Traits and Meat Quality of Finishing Holstein–Friesian Bulls. *Animals*. 2023. Vol. 13. No 19. DOI:10.3390/ani13193065

12. Performance of finishing beef cattle fed diets containing maize silages inoculated with lactic-acid bacteria and *Bacillus subtilis* / C.H.S. Rabelo et al. *Animal Production Science*. 2019. Vol. 59. P. 266–276. DOI:10.1071/AN16358

13. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві: навч. посіб. / за ред. І.І. Ібатулліна, О.М. Жукорського. Київ: Аграрна наука, 2017. 328 с.

14. Норми, орієнтовні раціони та практичні поради з годівлі великої рогатої худоби: посібник / за ред. І.І. Ібатулліна, В.І. Костенка. Житомир: ПП «Рута», 2013. 516 с.

15. Effects of different dietary energy levels on growth performance, meat quality and composition, rumen fermentation parameters, and rumen microbiota of fattening Angus steers / K. Chen et al. *Frontiers in microbiology*. 2024. Vol. 15. DOI:10.3389/fmicb.2024.1378073

16. Rethinking efficiency: Growth curves as a proxy for inputs and impacts in finishing beef systems / A. Cooke et al. *Journal of Environmental Management*. 2022. Vol. 324. DOI:10.1016/j.jenvman.2022.116418

17. Supplementation of Molasses-Based Liquid Feed for Cattle Fed on Limpograss Hay / D. Abreu et al. *Animals*. 2022. Vol. 12. No 17. DOI:10.3390/ani12172227

18. Effects of diet on feed intake, weight change, and gas emissions in beef cows / A.L. Holder et al. *Journal of animal science*. 2022. Vol. 100. No 10. DOI:10.1093/jas/skac257

19. NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th edn. Washington, DC: National Academy of Sciences, 2001. 381 p.

20. Effects of dietary energy on antioxidant capacity, glucose–lipid metabolism and meat fatty acid profile of Holstein bulls at different ages / H. Wang et al. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2021. Vol. 105. Issue 2. P. 199–417. DOI:10.1111/jpn.13457

21. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition / National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington, DC: The National Academies Press, 2021. DOI: 10.17226/25806

22. Impact of increasing dietary energy on fattening steers growth performance, feed efficiency, and metabolic traits / H.M. Gado et al. *Trop Anim Health Prod*. 2025. Vol. 57. DOI:10.1007/s11250-025-04608-z

REFERENCES

1. Boltyanska N.I., Ryzhov O.I. (2020). Napriamy modernizatsii vyrobnychkyh i tekhnolohichnykh protsesiv u tvarynyystvi [Directions of modernization of production and technological processes in livestock breeding]. *Tekhnichne zabezpechennia innovatsiynykh tekhnolohii v ahropromyslovomu kompleksi* [Technical support of innovative technologies in the agro-industrial complex]. pp. 196-200. Available at: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/ryzhov-2020.pdf> (In Ukrainian).

2. UN. (2017). World Population Projected to Reach 9.8 Billion in 2050, and 11.2 Billion in 2100. Available at: <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100>

3. Greenwood, P.L. (2021). Review: An overview of beef production from pasture and feedlot globally, as demand for beef and the need for sustainable practices increase. *Animal*, Vol. 15. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100295.

4. Hutu, I., William Onan, G. (2024) Beef Cattle. *Agricultural Sciences*. Intech Open. DOI: 10.5772/intechopen.1006866.

5. Ojo, A.O. (2024). Exploring Feed Efficiency in Beef Cattle: From Data Collection to Genetic and Nutritional Modeling. *Animals*, Vol. 14, no. 24. DOI:10.3390/ani14243633.

6. Medvediev, A.Yu., Linnik, V.S. (2011). Teoretychne ta praktychne obgruntuвання enerhozberihai-uchoi tekhnolohii vyrobnyystva yalovychny za tsi-lorichnoho vykorystannia konservovanykh kormiv: monohrafiia [Theoretical and practical justification of energy-saving technology of beef production with

- year-round use of canned feed: monograph]. Lugansk: Elton-2, 222 p. (In Ukrainian).
7. Burlaka, V.A., Borshchenko, V.V., Kryvyi, M.M. (2012). *Biologiya produktyvnosti silskohospodarskykh tvaryn* [Biology of productivity of farm animals]. Zhytomyr: Zhytomyr National Agroecological University, 163 p. (In Ukrainian).
8. Kryvyi, M.M. (2020). *Tekhnologiya kormiv: navch. posib* [Feed Technology: A Training Manual]. Zhytomyr: Polissia, 215 p. (In Ukrainian).
9. Dudarev, I. (2021). *Otsinka friktsiinykh vlastyvoitei komponentiv kormiv dlia tvaryn* [Evaluation of frictional properties of animal feed components]. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria* [Agrarian Bulletin of the Black Sea Region]. Issue 100, pp. 136–140. DOI:10.37000/abbsl.2021.100.23. (In Ukrainian).
10. Kostenko, V.I. (2020). *Intensyvni metody vyroshchuvannya remontnoho molodniaku velykoi rohatoi khudoby: pidruchnyk* [Intensive methods of growing replacement young cattle: textbook]. Kyiv: Lira-K, 188 p. (In Ukrainian).
11. Nogalski, Z., Modzelewska-Kapituła, M., Tkacz, K. (2023). Effects of Silage Type and Feeding Intensity on Carcass Traits and Meat Quality of Finishing Holstein–Friesian Bulls. *Animals*. Vol. 13, no. 19. DOI:10.3390/ani13193065
12. Rabelo, C.H.S. (2019). Performance of finishing beef cattle fed diets containing maize silages inoculated with lactic-acid bacteria and *Bacillus subtilis*. *Animal Production Science*, Vol. 59, pp. 266–276. DOI:10.1071/AN16358.
13. Ibatullin, I.I., Zhukorskyi, O.M. (2017). *Metodologiya ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynnytstvi: navchalnyi posibnyk* [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry: a textbook]. Kyiv: Agrarian science, 328 p. (In Ukrainian).
14. Ibatullin, I.I., Kostenko, V.I. (2013). *Normy, oriientovni ratsiony ta praktychni porady z hodivli velykoi rohatoi khudoby: posibnyk* [Standards, indicative rations and practical advice on feeding cattle: a guide]. Zhytomyr: PP «Ruta», 516 p. (In Ukrainian).
15. Chen, K. (2024). Effects of different dietary energy levels on growth performance, meat quality and composition, rumen fermentation parameters, and rumen microbiota of fattening Angus steers. *Frontiers in microbiology*, Vol. 15. DOI:10.3389/fmicb.2024.1378073
16. Cooke, A., Le-Grice, P., McAuliffe, G., Lee, M.R.F., Rivero, M.J. (2022) Rethinking efficiency: Growth curves as a proxy for inputs and impacts in finishing beef systems. *Journal of Environmental Management*, Vol. 324. DOI:10.1016/j.jenvman.2022.116418
17. Abreu, D. (2022). Supplementation of Molasses-Based Liquid Feed for Cattle Fed on Limpgrass Hay. *Animals*, Vol. 12, no. 17. DOI:10.3390/ani12172227
18. Holder, A.L. (2022). Effects of diet on feed intake, weight change, and gas emissions in beef cows. *Journal of animal science*, Vol. 100, no. 10. DOI:10.1093/jas/skac257.
19. NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th edn. Washington, DC: National Academy of Sciences, 381 p.
20. Wang, H. (2021). Effects of dietary energy on antioxidant capacity, glucose–lipid metabolism and meat fatty acid profile of Holstein bulls at different ages. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Vol. 105, Issue 2, pp. 199–417. DOI:10.1111/jpn.13457.
21. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition / National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*. Washington, DC: The National Academies Press, 2021. DOI: 10.17226/25806.
22. Gado, H.M. (2025). Impact of increasing dietary energy on fattening steers growth performance, feed efficiency, and metabolic traits. *Trop Anim Health Prod.*, Vol. 57. DOI:10.1007/s11250-025-04608-z

Impact of feeding intensity levels on productivity and duration of the finishing period in young bulls

Lavrynyuk O., Nesteruk M., Pylipchuk O., Sikhnevich K.

The paper presents a comprehensive study aimed at increasing the efficiency of beef cattle farming through the implementation of intensive feeding methods. The relevance of the study is driven by the need to shorten the beef production cycle and optimize feed resource expenditures under modern economic conditions. The author scientifically substantiates and practically confirms the advantages of using total mixed rations (TMR) based on preserved feeds, which allow for the maximum realization of the genetic potential for meat productivity in young cattle.

The research methodology is based on a comparative analysis of three differentiated feeding models that varied in component structure and energy concentration levels. A key aspect of ration optimization was increasing the proportion of corn silage and introducing energy supplementation in the form of feed molasses. This facilitated achieving a high level of metabolizable energy concentration-10.91 MJ per 1 kg of dry matter-which was identified as a critical factor for stimulating intensive animal growth.

As a result of the experiments, it was established that the intensive feeding regimen ensures average daily gains of 1017 g. This exceeds the performance of the moderate rearing group by 60.1%. The application of the developed technology allows young bulls to reach a live weight of 466.5 kg by 18 months of age. A significant technological achievement is the reduction of the total fattening cycle by 120 days, which contributes to the acceleration of working capital turnover and enhances the overall profitability of production without compromising product quality.

Particular attention is paid to the economic and biological analysis of feed conversion. It is proven that under intensive technology, specific costs per 1 kg of gain amount to 9.38 feed units, which is 22.8% less compared to traditional methods. Due to the faster attainment of slaughter weight, total energy consumption throughout the entire rearing period is reduced by 26.1%. The data obtained confirm that

transitioning to intensive rations with a precisely balanced composition is a biologically justified and strategically expedient step for the development of modern livestock enterprises.

Keywords: young bulls, intensive technology, average daily gains, live weight, metabolizable energy, dry matter, corn silage, feed molasses, feed conversion, feeding rations.



Copyright: Лавринюк О.О., та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Лавринюк О.О.

<https://orcid.org/0000-0003-3145-3689>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.32/.38.087

Використання гранульованих кормів у годівлі молодняку овець та їхній вплив на перетравність поживних речовин та інтенсивність ростуМикитюк В.В. , Мокдат Санаа Я.А. 

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

 E-mail: kafedratkgt@ukr.net

Микитюк В.В., Мокдат Санаа Я.А. Використання гранульованих кормів у годівлі молодняку овець та їхній вплив на перетравність поживних речовин та інтенсивність росту. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 49–60.

Mykytiuk V., Mokdad Sanaa Y. The use of granulated feed in feeding young sheep and its effect on nutrient digestibility and growth rate. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 49–60.

Рукопис отримано: 01.03.2026 р.

Прийнято: 15.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-49-60

ISSN 2310-9289

У статті наведено результати досліджень ефективності використання гранульованого кормового продукту на основі штучно висушеної трави люцерни у раціонах баранців придніпровської м'ясної породи. Метою дослідження було встановлення впливу такого корму на перетравність поживних речовин, інтенсивність росту й ефективність використання кормів молодняком овець.

Експеримент проведено на базі вівцеферми Державного підприємства «Дослідне господарство «Руно» із використанням 45 баранців 5-місячного віку, яких за принципом аналогів було розподілено на три групи. Тварини контрольної групи отримували традиційний раціон, тоді як у дослідних групах частину об'ємних кормів замінювали гранульованим кормовим продуктом: у II групі застосовували гранули з борошна трави люцерни, у III — гранули, збагачені амінокисотно-мінеральним преміксом.

Установлено, що використання гранульованих кормів сприяло підвищенню поживної цінності раціонів, насамперед за вмістом сирого протеїну та незамінних амінокислот. Результати досліджень перетравності засвідчили достовірне покращення засвоєння сухої та органічної речовини, протеїну, жиру й безазотистих екстрактивних речовин. Найвищі показники відзначено у тварин III дослідної групи, які споживали гранули, збагачені преміксом.

Аналіз інтенсивності росту баранців показав, що застосування гранульованого корму забезпечувало суттєве підвищення середньодобових та абсолютних приростів живої маси. У період від 5- до 9-місячного віку прирости у тварин дослідних груп перевищували показники контролю на 29,4–38,8 %. Найкращі результати отримано у III групі, раціон якої був додатково збалансований за амінокислотним і мінеральними складом.

Окрім того, встановлено покращення конверсії корму: витрати кормових одиниць на 1 кг приросту живої маси зменшилися до 6,85–7,23 ЕКО порівняно з 9,46 ЕКО у контрольній групі. Це свідчить про більш ефективне використання поживних речовин та економічну доцільність застосування гранульованих кормів у годівлі молодняку овець.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що використання гранульованого корму з борошна трави люцерни, особливо збагаченого амінокисотно-мінеральним преміксом, є ефективним технологічним прийомом підвищення продуктивності молодняку овець та оптимізації їхньої годівлі в умовах інтенсивного виробництва.

Ключові слова: гранульований корм, люцерна, молодняк овець, перетравність поживних речовин, інтенсивність росту, конверсія корму, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Виробництво високоякісної продукції тваринництва значною мірою залежить від формування ефективної кормової бази та раціонального використання кормових ресурсів. У системах вирощування сільськогосподарських тварин важливе значення має не лише поживність раціону, але й фізична форма корму, яка впливає на рівень його споживання, перетравність та ефективність використання поживних речовин [1, 3].

В Україні за інтенсивного вирощування овець у зимово-стійловий період традиційно використовують подрібнені концентровані, грубі та соковиті корми, тоді як у весняно-літній – траву природних пасовищ і різноманітні побічні продукти рослинництва. Водночас у сучасних умовах розвитку тваринництва спостерігається зниження рівня забезпеченості галузі кормовими ресурсами. Це зумовлено деградацією природних пасовищ, змінами у структурі землекористування та скороченням площ кормових угідь, що ускладнює забезпечення тварин повноцінними й збалансованими раціонами [2, 4].

У зв'язку з цим дедалі більшого поширення набувають альтернативні технології годівлі, зокрема використання гранульованих повнораціонних сумішей, до складу яких входять грубі корми, концентрати та різноманітні кормові добавки. Застосування таких раціонів дає змогу зменшити втрати поживних речовин під час зберігання та згодовування кормів, а також запобігти вибірковому споживанню тваринами окремих компонентів раціону.

Починаючи з другої половини ХХ століття, у технологіях годівлі жуйних тварин значного поширення набули загальнозмішані раціони, які нині є усталеною практикою у сучасних системах тваринництва [5, 6]. Разом із тим, попри численні переваги, використання таких раціонів має певні обмеження, серед яких однією з основних проблем є вибіркове споживання тваринами окремих компонентів корму [7]. З метою мінімізації цього явища та підвищення ефективності використання кормів у годівлі жуйних тварин дедалі частіше застосовують частково або повністю гранульовані раціони, зокрема й у вівчарстві [8, 9].

Недостатня забезпеченість кормами та їхня низька якість є одними з основних чинників, що обмежують продуктивність овець, негативно впливають на інтенсивність росту та відтворну здатність тварин [10]. За умов інтенсивних технологій вирощування овець використання комбікормових раціонів є практично безальтернативним, оскільки

гранульовані корми забезпечують надходження поживних речовин у збалансованій і технологічно зручній формі.

Гранулювання кормів дає змогу ефективно використовувати низькоякісні грубі корми та побічні продукти переробки рослинної сировини, зокрема пшеничні висівки, мелясу й патоку, що сприяє підвищенню смакових властивостей корму [11, 12]. Окрім того, технологія гранулювання забезпечує зменшене втрат кормових інгредієнтів, а також покращення їхньої перетравності та засвоюваності організмом тварин [13, 14].

Серед основних переваг гранульованих повнораціонних сумішей відзначають можливість включення до складу раціону інгредієнтів із низькою поживною цінністю або специфічними смаковими властивостями, що сприяє зниженню собівартості кормів і підвищенню ефективності використання грубих кормів [15].

Разом із тим процес кондиціювання та гранулювання кормів супроводжується впливом підвищеної температури, вологи й механічного тиску, що може зумовлювати певні фізико-хімічні зміни кормових компонентів. Такі зміни можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на поживну цінність кормів, функціональний стан шлунково-кишкового тракту та показники росту тварин [16].

Зокрема, дія температури та тиску під час гранулювання сприяє желатинізації крохмалю, що підвищує його ферментативну доступність для мікроорганізмів рубця, однак водночас може збільшувати ризик розвитку рубцевого ацидозу [13]. Окрім того, процес гранулювання зменшує розмір часток корму, що збільшує площу їхньої поверхні для мікробної деградації та посилює інтенсивність ферментаційних процесів у рубці [18].

Джерелом недорогої сировини, багатої на протеїн, у літній період є зелена маса багаторічних бобових трав, насамперед люцерни. За сприятливих умов вирощування на богарних землях ця культура забезпечує отримання трьох укосів за сезон, а з одного гектара посівів можна одержати до 100 ц сухої речовини та близько 30 ц білка. Значна частина органічної речовини люцерни перебуває у легкодоступній для засвоєння жуйними тваринами формі [19].

Однак заготівля люцерни для використання у зимовий період у вигляді сіна або сінажу супроводжується зниженням вмісту каротину та інших поживних речовин на 25–50%. У зв'язку з цим зелену масу багаторічних трав як джерело протеїну доцільно використовувати шляхом виготовлення гранул.

Гранульована форма корму має низку переваг, що дають змогу створювати високоякісний кормовий продукт на основі зеленої маси трав або сіна. Сировину для виготовлення гранул заготовляють в оптимальні фази вегетації, забезпечуючи оптимальний вміст протеїну, біологічно активних речовин та високий рівень клітковини. Завдяки термічній обробці сировини гарячим повітрям і високим тиском під час гранулювання, знищуються більшість бактерій і спори грибків [20].

Останніми роками значна кількість досліджень присвячена оцінці ефективності використання гранульованих повнораціонних кормів у годівлі жуйних тварин. Установлено, що застосування гранульованих загально змішаних раціонів сприяє підвищенню споживання сухої речовини, середньодобових приростів та ефективності використання кормів у ягнят на відгодівлі.

Окрім того, дослідження показали, що гранулювання раціонів позитивно впливає на параметри рубцевої ферментації та структури мікробіоти шлунково-кишкового тракту овець, що може сприяти покращенню перетравності поживних речовин і підвищенню продуктивності тварин [21].

Також встановлено, що зменшення розміру часток корму внаслідок гранулювання може впливати на структуру мікробної популяції рубця та підвищувати різноманітність бактеріальних спільнот, що відіграють важливу роль у процесах ферментації кормів [22].

Водночас ефективність використання гранульованих раціонів значною мірою залежить від їхнього складу та співвідношення основних поживних компонентів. Зокрема, баланс між клітковиною та легкодоступними вуглеводами є важливим фактором підтримання нормальної функції рубця і запобігання ацидозу при згодюванні гранульованих раціонів [23].

Таким чином, дослідження впливу гранульованих повнораціонних кормів на продуктивність і морфофункціональний стан організму овець є актуальним напрямом сучасних наукових досліджень і має важливе практичне значення для підвищення ефективності галузі вівчарства.

Метою дослідження було вивчення ефективності використання гранульованого кормового продукту на основі штучно висушеної трави люцерни у раціонах годівлі баранців придніпровської м'ясної породи та встановити його вплив на перетравність поживних речовин і показники росту тварин.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальну частину роботи, спрямовану

на вивчення ефективності використання гранульованого кормового продукту на основі штучно висушеної трави люцерни у раціонах молодняку овець м'ясного напряму продуктивності на відгодівлі, проводили в умовах вівцеферми ДП «ДГ Руно» та лабораторії Південносхідного міжрегіонального центру ДУ «Держгрунтохорона» (м. Дніпро). Дослідження виконували в межах наукової тематики кафедри «Поліпшення продуктивності та добробуту с-г. тварин і птиці засобами годівлі та селекції при виробництві органічної продукції» (№ держреєстрації 0124U001457).

На кафедрі технології годівлі і розведення тварин Дніпровського державного аграрно-економічного університету було розроблено й апробовано рецепт гранульованого кормового продукту у вигляді гранул циліндричної форми з глянцевою або матовою поверхнею, виготовлених на основі штучно висушеної трави люцерни. До складу корму в процесі гранулювання додавали необхідну кількість інгредієнтів, які забезпечують потребу тварин в енергії, поживних і біологічно активних речовинах. Продукт виготовляли відповідно до ТУ У 10.9-43169214-001:2019.

Такий кормовий продукт на 97 % за масою складався з трав'яного борошна люцерни з додаванням монохлориду лізину, DL-метіоніну, монокальційфосфату, вапнякового борошна та хлориду натрію.

Склад і поживність гранул, виготовлених із борошна трави люцерни (БТЛ), за основними показниками з розрахунку на 1 кг сухої речовини наведено в таблиці 1.

Гранульований кормовий продукт, до складу якого входило 97 % борошна трави люцерни та 3 % амінокисотно-мінерального преміксу, характеризувався високою енергетичною і білковою цінністю, містив значно більше лізину та метіоніну й вирізнявся більш збалансованим мінеральним складом.

Для проведення досліджень використовували баранців придніпровської м'ясної породи. З цієї метою було відібрано 45 голів баранців 5-місячного віку, яких за методом пар-аналогів, із урахуванням віку та живої маси, розподілили на три групи по 15 голів у кожній [24].

Відмінності між групами були зумовлені виключно складом раціону.

За схемою досліду, тварини піддослідних груп у підготовчий період, який тривав один місяць після відлучення від маток, споживали загальногосподарський раціон, що складався з трави природних пасовищ і подрібненої зернової суміші злакових культур (табл. 2).

Таблиця 1 – Показники якості гранульованого кормового продукту

Показники	Одиниці виміру	БТЛ (100 %)	БТЛ (97,0 %)
Обмінна енергія	МДж/кг	7,6	7,8
Сирий протеїн	%	18,12	18,88
Сира клітковина	%	25,80	25,70
Лізин	%	0,33	0,62
Метіонін	%	0,32	0,42
Метіонін+цистин	%	0,42	0,52
Треонін	%	0,45	0,45
Триптофан	%	0,27	0,26
Аргінін	%	0,76	0,77
Валін	%	0,82	0,81
Гістидин	%	0,32	0,31
Гліцин	%	0,79	0,78
Ізолейцин	%	0,70	0,70
Лейцин	%	1,12	1,13
Тірозин	%	0,59	0,58
Фенілаланін	%	0,73	0,72
Са	%	0,90	1,33
Р	%	0,26	0,60
NaCL	%	0,18	0,46

Таблиця 2 – Схема дослідю

Група	Підготовчий період, 30 дів	Основний період, 120 дів
	Характеристика годівлі	
I контрольна (n=15)	Загальногосподарський раціон, збалансований за існуючими нормами годівлі	Загальногосподарський раціон, збалансований за існуючими нормами годівлі
II дослідна (n=15)	---	(OP) замість трави різноотравної додавали гранули (100% БТЛ)
III дослідна (n=15)	---	(OP) замість трави різноотравної додавали гранули (97% БТЛ+премікс)

В основний період експерименту баранці контрольної групи отримували загальногосподарський раціон, збалансований відповідно до чинних норм годівлі молодняка овець на відгодівлі [25]. Раціон складався зі свіжоскошеної трави природних угідь, подрібненої суміші зерна ячменю, пшениці та кукурудзи, а також необхідної кількості лучного сіна.

В обліковий період раціон баранців II і III дослідних груп складався з гранульованого корму, сіна і концентрованих кормів.

Баранцям II дослідної групи згодовували гранули, виготовлені виключно з трави люцерни. Тварини III дослідної групи споживали гранули, які на 97 % за масою складалися з трав'яного борошна люцерни з додаванням мінерально-амінокислотного комплексу. Доступ до води та хлориду натрію для тварин усіх піддослідних груп тварин був необмеженим.

Під час досліджень вивчали такі показники: хімічний склад і поживність кормів, фактичне споживання кормів у раціоні, динаміку живої маси та середньодобові прирости баранців, а також конверсію кормів на одиницю продукції.

Для визначення перетравності поживних речовин корму з кожної групи було відібрано по три голови, яких утримували в індивідуальних клітках. В обліковий період, що тривав п'ять дів, проводили облік кількості корму, спожитого кожною твариною, його залтшків, а також виділених екстрементів із відбором середніх проб для подальшого лабораторного аналізу [24].

$$Kb = \frac{(a - b)}{a} \times 100$$

де Kb – коефіцієнт перетравності поживної речовини корму; a – кількість поживної речовини, спожитої з кормом; b – кількість поживної речовини, виділеної з калом.

ПР корму – кількість поживної речовини, спожитої з кормом, г.

У піддослідних тварин у визначені періоди за результатами зважувань досліджували динаміку живої маси протягом періоду вирощування, кратність її збільшення, абсолютні та середньодобові прирости, а також відносну швидкість і напругу росту живої маси.

Абсолютний приріст (А) за окремі вікові періоди і за весь період дослідження визначали за формулою:

$$A = W_t - W_o$$

де W_t і W_o – кінцева і початкова жива маса, кг.

Середньодобовий приріст і відносну енергію росту розраховували за даними періодичних зважувань за формулами К.Б. Свечина і С. Броді:

$$D = \frac{W_t - W_o}{t} \quad \text{ма} \quad K = \frac{W_t - W_o}{1/2(W_t + W_o)} \times 100,$$

де D – середньодобовий приріст живої маси, г;

K – відносний приріст живої маси, %;

W_t – кінцева жива маса тварини, кг;

W_o – початкова жива маса тварини, кг;

t – проміжок часу між двома зважуваннями, діб.

Статистичну обробку отриманих даних здійснювали методами математичної статистики та біометрії з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel. Ступінь міжгрупової диференціації оцінювали шляхом порівняння групових середніх арифметичних значень за кожною досліджуваною ознакою [26]. Достовірність різниці між середніми величинами визначали за критерієм Стьюдента (t). Різницю між середніми значеннями вважали

статистично значущою при $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**), $p < 0,001$ (***)

Результати дослідження та обговорення.

Інтенсивні технології вирощування молодяку овець передбачають раціональне поєднання умов утримання, годівлі та організації виробничих процесів, що дає змогу максимально реалізувати генетичний потенціал тварин і підвищити економічну ефективність галузі.

Одним із сучасних і практично обґрунтованих підходів, особливо для вівцеферм із невеликою чисельністю поголів'я, є використання стаціонарних вигульно-кормових майданчиків. Такі майданчики забезпечують оптимальні умови утримання тварин, сприяють підвищенню їхньої рухової активності, поліпшенню апетиту та кращому засвоєнню кормів.

Особливо ефективним в умовах таких майданчиків є використання гранульованих кормів, які за даними Oelberg T.J. та Stone W. [14] сприяють підвищенню поїдання корму, зменшенню його втрат, поліпшенню перетравності поживних речовин і більш рівномірному споживанню компонентів раціону.

Раціони для піддослідних баранців складали з урахуванням деталізованих норм годівлі, що передбачають оптимальне співвідношення об'ємних і концентрованих кормів.

Хімічний склад і поживність кормів, що входили до складу раціонів, наведено в таблиці 3.

Аналіз раціонів годівлі піддослідних баранців (табл. 4) свідчить, що всі групи отримували збалансоване живлення відповідно до встановлених норм, однак відрізнялися за структурою кормів, що зумовило подальші відмінності у продуктивності.

Таблиця 3 – Хімічний склад і поживність кормів раціону

Показник	Кормові продукти						
	трава різно-травна	сіно лучне	зерно злаків			БТЛ (100 %)	БТЛ (97 %)
			ячмінь	пшениця	кукурудза		
ЕКО	0,28	0,55	1,19	1,23	1,19	0,76	0,78
ОЕ, МДж	2,8	5,5	11,9	12,3	11,9	7,6	7,8
Суха речовина, г	277,0	840,0	858,0	851,0	846,0	907,0	907,0
Сирий протеїн, г	29,0	68,0	110,0	108,0	87,0	181,2	188,8
Перетравний протеїн, г	19,0	48,0	87,0	86,0	74,0	137,0	143,5
Сирий жир, г	11,0	13,0	24,0	18,0	40,0	24,0	24,0
Сира клітковина, г	66,00	320,0	51,0	24,0	32,0	230,8	230,7
БЕР, г	168,0	430,0	665,0	695,0	682,0	457,0	445,5
Кальцій, г	1,2	5,7	2,4	1,9	1,6	9,1	13,3
Фосфор, г	0,7	1,9	3,8	2,7	2,3	2,6	3,2

Таблиця 4 – Раціони піддослідних баранців за період досліді

Показники	Норма	Група					
		I-контрольна		II-дослідна		III-дослідна	
		5–7 міс.	7–9 міс.	5–7 міс.	7–9 міс.	5–7 міс.	7–9 міс.
трава степова різнотравна, кг		2,5	3,0	-	-	-	-
сіно лучне різнотравне, кг		0,1	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4
суміш зерна злаків, кг		0,35	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
гранули, кг		-	-	0,5	0,6	0,5	0,6
У раціоні:							
ЕКО	0,9–1,1	0,92	1,11	0,93	1,08	0,94	1,1
обмінна енергія, МДж	9,0–12,0	9,2	11,1	9,3	10,8	9,4	11,0
суха речовина, кг	0,9–1,1	0,98	1,15	1,01	1,2	1,0	1,1
сирий протеїн, г	168–195	175	190	182	198	188	200
сира клітковина, г	175–370	210	240	260	280	265	290
кальцій, г	6,0–6,8	6,2	6,5	6,8	7,2	7,0	7,4
фосфор, г	4,4–5,5	4,6	4,9	4,8	5,1	5,0	5,3
сіль, г	5–7	5	6	5	6	5	6

У контрольній групі основу раціону становила степова різнотравна трава (2,5–3,0 кг), тоді як у дослідних групах її повністю замінено на гранульований корм із борошна трави люцерни (0,5–0,6 кг) у поєднанні з лучним сіном (0,4 кг). При цьому у II дослідній групі використовували гранули, що на 100 % склалися з борошна трави люцерни (БТЛ), а у III дослідній групі – гранули, збагачені мінерально-амінокислотним преміксом (97 % БТЛ + премікс), що забезпечувало підвищений рівень мінерального та амінокислотного живлення.

За енергетичною поживністю раціони всіх груп відповідали нормам годівлі молодняку 5–9-місячного віку. Вміст енергетичних кормових одиниць (ЕКО) коливався в межах 0,92–1,11, а обмінної енергії – 9,2–11,1 МДж, що забезпечувало фізіологічні потреби тварин у різні вікові періоди. У дослідних групах відзначався більш стабільний рівень енергозабезпечення, особливо у III групі.

Вміст сухої речовини в раціонах дещо перевищував норму для молодняку віці 7–9-місяців (1,1–1,2 кг), особливо у II дослідній групі, що, ймовірно, зумовлене вищою концентрацією поживних речовин у гранульованих кормах. Відмінності між групами не перевищували 2–3 %, що свідчить про статистично недостовірну різницю ($p > 0,05$).

У контрольній групі вміст сирого протеїну знаходився в межах норми (175–190 г), тоді як у дослідних групах він був вищим: у II групі – до 198 г, у III – до 200 г. Збільшення

становило 4–6 %, що для біологічних досліджень може бути істотним і свідчить про кращу забезпеченість тварин бу дослідних групах. Це є позитивним чинником, що сприяє інтенсивнішому росту та розвитку м'язової тканини.

Рівень сирого клітковини у всіх групах знаходився в межах норми (175–370 г), однак у дослідних групах він був дещо вищим – до 290 г, що пов'язано зі збільшенням частки сіна в раціонах.

Вміст кальцію та фосфору в контрольній групі відповідав нормативним значенням, тоді як у дослідних групах спостерігалось незначне перевищення кальцію – до 7,4 г, що, ймовірно, зумовлено згодовуванням гранульованих кормів. Різниця становила 10–15 %, що дає змогу припустити її вірогідність ($p < 0,05$). Вміст фосфору змінювався незначною межах 5–8 %, при цьому співвідношення Ca:P залишалося в межах фізіологічно допустимих значень, що є важливим для нормального формування кісткової тканини.

Таким чином, застосування гранульованих кормів сприяло поліпшенню окремих показників поживності раціонів, зокрема вмісту протеїну та мінеральних речовин, без суттєвого впливу на енергетичний рівень годівлі.

На основі фактичного споживання кормів та їхнього хімічного складу було розраховано коефіцієнти перетравності поживних речовин раціонів (табл. 5).

Таблиця 5 – Перетравність поживних речовин раціону піддослідними баранцями, % (M±m, n=3)

Показник	Група		
	I-контрольна	II-дослідна	III-дослідна
Суха речовина	62,8±0,21	63,5±0,34*	64,3±0,19**
Органічна речовина	64,5±0,18	66,5±0,19**	67,3±0,17***
Сирий протеїн	70,4±0,34	71,9±0,25*	72,4±0,27**
Сирий жир	60,4±0,17	61,3±0,16*	61,7±0,22*
Сира клітковина	45,4±0,12	45,8±0,14	46,1±0,12*
БЕР	74,7±0,22	76,5±0,29**	76,7±0,14**

Примітка: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ (порівняно з I групою).

Встановлено, що введення гранульованого корму до раціонів баранців дослідних груп сприяло підвищенню коефіцієнтів перетравності поживних речовин порівняно з контрольною групою.

Так, перетравність сухої речовини у тварин II дослідної групи була вищою на 0,7 абс. %, а у тварин III дослідної групи – на 1,5 абс. % ($p < 0,05-0,01$) порівняно з контрольною групою. Перетравність органічної речовини зросла відповідно на 2,0 абс. % у II групі та на 2,8 абс. % у III групі ($p < 0,01-0,001$).

За показниками перетравності поживних речовин у тварин дослідних груп встановлено позитивні зміни порівняно з контрольною групою. Зокрема, перетравність сирого протеїну підвищилася на 1,5 абс. % у II групі та на 2,0 абс. % у III групі ($p < 0,05-0,01$). Перетравність сирого жиру зросла на 0,9 абс. % у II групі та на 1,3 абс. % у III групі ($p < 0,05$). Менш виражене підвищення відзначено за перетравністю сирієї клітковини: на 0,4 абс. % у II групі, однак різниця була статистично недостовірною, та на 0,7 абс. % у III групі ($p < 0,05$). Перетравність безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) також достовірно зросла - на 1,8 абс. % у II групі та на 2,0 абс. % у III групі ($p < 0,01$) порівняно з тваринами I контрольної групи.

Найбільш виражене підвищення встановлено за показниками перетравності органічної речовини та БЕР, що свідчить про покращення засвоєння енергетичної складової раціону. Водночас зміни перетравності сирієї клітковини були найменш вираженими, що може вказувати на нижчу чутливість процесів ферментації структурних вуглеводів до досліджуваного чинника

Додатково встановлено, що баранці III групи характеризувалися вищими показниками перетравності поживних речовин порівняно з тваринами II групи. Зокрема, різниця за перетравністю сухої та органічної речовини становила 0,8%, сирого протеїну – 0,5 %,

сирого жиру – 0,4 %, сирієї клітковини – 0,3 %, а та БЕР – 0,4 %. Однак у більшості випадків виявлені відмінності були статистично недостовірними ($p > 0,05$).

За даними досліджень Свістули М.М., Єфремова Д.В. та Горба С.В. [27], кормові засоби, які використовуються у раціонах тварин, є одним із найважливіших чинників, здатних зумовлювати складні біохімічні зміни в організмі, що, своєю чергою, впливає на інтенсивність росту та розвитку овець.

Підвищення концентрації лімітуючих незамінних амінокислот у раціонах баранців сприяло зростанню коефіцієнтів перетравності поживних речовин порівняно з контролем. Зокрема перетравність сучої речовини підвищилася на 0,5–1,1 абс. %, органічної речовини – на 0,7–1,4 абс. %, сирого протеїну на 0,9–1,8 абс. %, а жиру – на 1,5–2,0 абс.

Вивчення динаміки росту тварин із позицій закономірностей індивідуального розвитку організму в окремі вікові періоди дає змогу цілеспрямовано впливати на інтенсивність росту у критичні етапи формування м'ясної продуктивності.

На початку науково-господарського дослідження середня жива маса баранців піддослідних групами становила 28,5–28,6 кг. Відсутність статистично значущих відмінностей між групами ($p > 0,05$) свідчить про однорідність сформованого поголів'я та забезпечує коректність подальших порівнянь отриманих результатів (таблиця 6).

Результати досліджень динаміки живої маси піддослідних баранців свідчать про суттєвий вплив гранульованих кормів на інтенсивність їхнього росту та ефективність формування м'ясної продуктивності.

У 7-місячному віці встановлено достовірний вплив досліджуваного фактору на показники росту тварин. Жива маса баранців II дослідної групи перевищувала контроль на 2,1 кг, або 5,8 % ($p < 0,001$). У тварин III дослідної групи цей показник був вищим за

контроль на 3,3 кг, або 9,4 % ($p < 0,001$). Водночас різниця між II та III групами становила 1,2 кг, або 3,3 %, і також була статистично достовірною ($p < 0,01$), що свідчить про додатковий позитивний вплив введення преміксу до складу гранульованого корму.

У 9-місячному віці встановлено подальше збільшення міжгрупових відмінностей за показниками живої маси. У тварин контрольної групи жива маса становила $41,4 \pm 0,39$ кг, тоді як у баранців II дослідної групи вона була вищою на 3,9 кг, або 9,4 % ($p < 0,001$) а у III дослідній групі – на 5,0 кг, або 12,1 % ($p < 0,001$) порівняно з контролем. При цьому тварини III дослідної групи достовірно переважали II групу на 1,1 кг, або 2,5 % ($p < 0,05$), що підтверджує поєднаного застосування люцерни та преміксу у складі гранульованого корму.

Аналіз абсолютних приростів живої маси за період 5–9 місяців показав, що використання гранульованих кормів сприяло підвищенню інтенсивності приросту тварин. Зокрема, у баранців II дослідної групи абсолютний приріст живої маси перевищував контроль на 3,8 кг, або 29,4 %, тоді як у III дослідній групі – на 5,0 кг, або 38,8 % (табл. 7).

За даними Zhong R.Z. та співавт. [15], застосування гранульованих кормів сприяло збільшенню споживання сухої речовини та підвищенню середньодобових приростів ягнят ($p < 0,001$), однак суттєво не впливало на коефіцієнт конверсії корму.

Аналіз показників приросту живої маси піддослідних баранців свідчить про суттєвий вплив використання гранульованих кормів із борошна люцернової трави на інтенсивність росту тварин (табл. 7).

У період вирощування від 5- до 7-місячного віку встановлено найбільш виражений вплив кормового фактору на інтенсивність росту тварин. Так, у баранців контрольної групи абсолютний приріст живої маси становив 6,9 кг, тоді як у II дослідній групі – 8,9 кг, що більше на 2,0 кг, або 29,2 %, а у III групі – 10,2 кг, що перевищувало контроль на 3,3 кг, або 48,8 %.

Відповідно середньодобові прирости зросли з 114,2 г у контрольній групі до 147,5 г, або на 29,2 %, у II дослідній групі та до 169,8 г, або на 48,7 %, у III групі. Відносний приріст живої маси також був вищим у дослідних групах і становив відповідно 30,9 % та 35,7 % проти 24,0 % у контролі.

У період від 7- до 9-місячного віку інтенсивність росту тварин у всіх групах дещо знижувалася, що є фізіологічно закономірним. Однак перевага дослідних груп над контрольною зберігається. Так, абсолютний приріст живої маси у баранців II дослідної групі становив 7,8 кг, що на 29,7 % перевищувало контроль, а у III групі – 7,7 кг, або на 27,5 % більше порівняно з контролем, де цей показник дорівнював 6,0 кг.

Таблиця 6 – Динаміка живої маси піддослідних баранців, кг ($M \pm m$, $n=15$)

Група	Вік		
	5	7	9
I-контрольна	$28,5 \pm 0,26$	$35,4 \pm 0,31$	$41,4 \pm 0,39$
II-дослідна	$28,6 \pm 0,30$	$37,5 \pm 0,28$	$45,3 \pm 0,51$
III-дослідна	$28,5 \pm 0,25$	$38,7 \pm 0,24$	$46,4 \pm 0,49$

Таблиця 7 – Досліджувані показники приросту живої маси піддослідних баранців, кг ($M \pm m$, $n=15$)

Вік	Показник		
	абсолютний приріст, кг	середньодобовий приріст, г	відносний приріст, %
I-контрольна група			
5–7 місяців	$6,9 \pm 0,42$	114,2	24,0
7–9 місяців	$6,0 \pm 0,46$	100,5	17,0
5–9 місяців	$12,9 \pm 0,55$	107,3	45,1
II-дослідна			
5–7 місяців	$8,9 \pm 0,38$	147,5	30,9
7–9 місяців	$7,8 \pm 0,41$	130,3	20,9
5–9 місяців	$16,7 \pm 0,52$	138,9	58,3
III-дослідна			
5–7 місяців	$10,2 \pm 0,42$	169,8	35,7
7–9 місяців	$7,7 \pm 0,38$	128,2	19,9
5–9 місяців	$17,9 \pm 0,49$	149,0	62,7

Середньодобові прирости відповідно становили 130,3 г та 128,2 г у дослідних групах проти 100,5 г у контрольній. Відносний приріст живої маси також був вищим у дослідних групах і становив на 20,9% та 19,9% відповідно, тоді як у контролі – 17,0 %.

За узагальнений період вирощування від 5- до 9-місячного віку встановлено чітку перевагу дослідних груп за показниками приросту живої маси. Абсолютний приріст у баранців II групи становив 16,7 кг, що на 3,8 кг, або 29,4 % перевищувало контроль, тоді як у III групі цей показник дорівнював 17,9 кг, що більше контролю на 5,0 кг, або 38,8 %.

Середньодобові прирости відповідно становили 138,9 г у II групі та 149,0 г у III групі, що на 29,5 % і 38,9 % більше порівняно з контрольною групою, де цей показник становив 107,3 г. Відносний приріст живої маси також був найвищим у III дослідній групі – 62,7 %, перевищуючи показники II групи (58,3 %) та контролю (45,1 %).

Отримані результати свідчать про статистично достовірну різницю між контрольною та дослідними групами за показниками абсолютного приросту живої маси в усі досліджувані періоди. У віці 5–7 та 5–9 місяців встановлено високий рівень достовірності різниць ($p < 0,001$), що вказує на суттєвий вплив досліджуваного кормового фактору на інтенсивність росту молодняка. У період від – до 9-місячного віку також зберігалася високодостовірна перевага дослідних груп ($p < 0,01-0,001$), незважаючи на загальне фізіологічне зниження темпів росту тварин.

За даними переважно зарубіжних досліджень, використання гранульованих кормових сумішей сприяє підвищенню приростів живої маси молодняка овець на 10–15 % порівняно з традиційними формами кормів [8, 9, 15, 23].

Автори зазначають, що за використання гранульованого повнозмішаного раціону спостерігалася підвищення споживання корму та середньодобових приростів. Водночас показники видимої загальної перетравності поживних речовин – органічної речовини, сирого протеїну, нейтрально-детергентної

та кислотно-детергентної клітковини, а також ефірного екстракту – і параметри сироватки крові суттєво не змінювалися. Водночас видима загальна перетравність сухої речовини в рубці була дещо нижчою.

Відносну інтенсивність формування живої маси баранців визначали за різницею між відносними приростами у суміжні вікові періоди. У результаті встановлено, що коефіцієнт спаду енергії росту у тварин контрольної групи становив 7,0 %, тоді як у II та III дослідних групах – відповідно 10,0 % та 15,8 %. Отримані дані свідчать про більш інтенсивний ріст баранців дослідних груп у період від 5- до 7-місячного віку з подальшим більш вираженим його уповільненням у віці 7–9 місяців.

Найвищий показник спаду енергії росту у баранців III дослідні групи свідчить про найбільш контрастну зміну темпів росту в онтогенезі. Водночас у тварин контрольної групи відзначено більш рівномірний характер перебігу ростових процесів упродовж досліджуваного періоду.

Одним із важливих показників, що характеризують ефективність вирощування молодняка овець, є витрати кормів на одиницю приросту живої маси, які відображають рівень конверсії поживних речовин корму у продукцію тваринництва

На підставі обліку фактично спожитих кормів встановлено (табл. 8), що за період вирощування з 5- до 9-місячного віку на одну голову у контрольній групі було витрачено в 121,8 ЕКО та 15,34 кг перетравного протеїну. У II дослідній групі ці показники становили відповідно – 120,6 ЕКО та 15,96 кг, а у III дослідній – 122,4 ЕКО та 16,30 кг.

За вказаний період середній приріст живої маси становив: у баранців контрольної групи – 12,9 кг, у II дослідній групі – 16,7 кг, а у III дослідній – 17,9 кг.

Проведені розрахунки показали, що витрати кормів на 1 кг приросту живої маси у контрольній групі становили 9,5 ЕКО та 1,19 кг перетравного протеїну. У II дослідній групі ці показники знизилися до 7,2 ЕКО та 0,96 кг, а у III дослідній – відповідно до 6,9 ЕКО та 0,91 кг.

Таблиця 8 – Витрати кормів на 1 кг приросту живої маси піддослідних баранців ($M \pm m$, $n=15$)

Група	Витрати ЕКО	Протеїн, кг	Приріст живої маси, кг	Витрати на 1 кг приросту	
				ЕКО	протеїн, кг
I	121,8	15,34	12,9±0,39	9,5±0,28	1,2±0,04
II	120,6	15,96	16,7±0,51***	7,2±0,22***	1,0±0,03***
III	122,4	16,30	17,9±0,49***	6,9±0,21***	0,9±0,03***

Примітка: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ (порівняно з I групою).

Висновки. Використання гранульованого кормового продукту на основі штучно висушеної трави люцерни у раціонах годівлі баранців придніпровської м'ясної породи сприяє підвищенню поживної цінності раціонів і забезпечує покращення перетравності поживних речовин. Зокрема, перетравність сухої речовини зростає на 1,08–2,36 %, органічної речовини – на 3,05–4,20 %, а сирого протеїну – на 2,32–2,93 %.

У баранців дослідних груп суттєво підвищується інтенсивність росту: середньодобові прирости зростають на 29,5–38,9 %, абсолютні прирости – на 29,4–38,8 % порівняно з контролем, тоді як витрати кормів на 1 кг приросту живої маси знижуються до 27,6 %.

Найвищі продуктивні показники отримано за використання гранульованого корму, збагаченого амінокислотно-мінеральним преміксом, що підтверджує доцільність його застосування в інтенсивних технологіях вирощування м'ясних овець.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лагодієнко В.В., Глушков О.А. Забезпечення ефективності функціонування галузі тваринництва за сучасних умов господарювання. Вісник Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана. 2025. № 2 (39). С. 28–34. DOI:10.33111/vz_kneu.39.25.02.28.194. 200
2. Панкєєв С.П., Кравченко О.О. Продуктивність овець залежно від рівня годівлі та структури раціону. Тваринництво України. 2023. № 4. С. 12–18. DOI:10.15407/animbiol.2023.04.012
3. Створення високопродуктивних кормових агроценозів для годівлі овець з використанням інноваційних сортів багаторічних трав степового еко типу в посушливих умовах півдня України / О.Д. Грагило та ін. Науковий вісник «Асканія-Нова», Нова Каховка, 2021. Вип.14. С. 41–53. DOI:10.33694/2617-0787-2021-1-14-41-53
4. Микитюк В.В., Поротікова І.І. Особливості метаболізму на різних етапах росту і розвитку молодняку овець. Тематичний наук. збірник Вівчарство та козівництво. 2020. Вип. 5. С. 202–214. DOI:10.33694/2415-3958-2020-1-5-202-214
5. Pelleting of a Total Mixed Ration Affects Growth Performance of Fattening Lambs. *Frontiers in Veterinary Science* / B. Li et al. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. DOI:10.3389/fvets.2021.629016.
6. Lárusson T. The effects of pelleting hay upon feed intake, digestibility, growth rate and energy retention of lambs. *Icelandic Agricultural Sciences*. 2023. Vol. 36. P. 55–68. DOI:10.16886/ias.2023.05.
7. Pelleted Total Mixed Rations as a Feeding Strategy for High-Yielding Dairy Ewes / S. Andrés et al. *Agriculture*. 2026. Vol. 16 (2). 225 p. DOI:10.3390/agriculture16020225
8. Pelleted total mixed ration improves growth performance of fattening lambs / R. Zhong et al. *Animal Feed Science and Technology*. 2018. Vol. 242. P. 127–134. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2018.06.008
9. Impact of Crumbled Pelleted Starter Feed and Alfalfa Inclusion on Feed Intake, Growth, and Rumen Microbiota in Young Lambs / Q. Gao et al. 2025. DOI:10.20944/preprints202501.0024.v1
10. Adeyemi K.D., Sazili A.Q. Optimizing sheep reproductive performance through nutritional interventions. *Journal of Experimental Agriculture International*. 2025. Vol. 47. Issue 4. P. 110–136. DOI:10.9734/jeai/2025/v47i43361
11. Effects of grain type and conditioning temperature during pelleting on growth performance, ruminal fermentation, meat quality and blood metabolites of fattening lambs / T. Ran et al. *Animal*. 2020. Vol. 47 P. 100–146. DOI:10.1016/j.animal.2020.100146
12. Effects of pelleting diets containing cereal ergot alkaloids on nutrient digestibility, growth performance and carcass traits of lambs / S. Coufal-Majewski et al. *Anim Feed Sci Technol*. 2017. Vol. 230. P. 103–113. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2017.06.006
13. Evaluation of feeding effects of pelletized total mixed ration in Hu sheep: growth performance, bacterial community and rumen fermentation / C. Zhang et al. *Anim Biosci*. 2025. Vol. 38. P. 2125–2135. DOI:10.5713/ab.24.0852
14. Oelberg T.J., Stone W. Monitoring total mixed rations and feed delivery systems. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 2014. Vol. 30. P. 721–744. DOI:10.1016/j.cvfa.2014.08.003
15. Pelleted total mixed ration improves growth performance of fattening lambs / R.Z. Zhong et al. *Anim Feed Sci Technol*. 2018. Vol. 242. P. 127–134. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2018.06.008
16. Effect of complete pellet feed on commercial goat production under the stall feeding system in Bangladesh / A. Sadek et al. *J Adv Vet Anim Res*. 2020. Vol. 7 (4). P. 704–709. DOI:10.5455/javar.2020.g471
17. Bacterial community diversity associated with different levels of dietary nutrition in the rumen of sheep / Y. Wang et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 2017. Vol. 101. P. 3717–3728. DOI:10.1007/s00253-017-8144-5.
18. Effects of Supplementing A Yeast Culture in a Pelleted Total Mixed Ration on Fiber Degradation, Fermentation Parameters, and the Bacterial Community in the Rumen of Sheep / Y. Wang et al. *Animal Feed Science and Technology*. 2022. Vol. 296 (10). DOI:10.1016/j.anifeedsci.2022.115565
19. Antonets O., Kocherga V. Feed and seed productivity of alfalfa in the conditions of the Southern Forest Step of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Vol. 28. No 1. P. 32–36. DOI:10.31210/spi2025.28.01.06
20. Pelleted-hay alfalfa feed increases sheep wether weight gain and rumen bacterial richness over loose-hay alfalfa feed / S. Ishaq et al. 2019. Vol. 14. DOI:10.1371/journal.pone.0215797

21. Zhang C., Wang L., Li J. Performance, rumen fermentation and gastrointestinal microflora of lambs fed pelleted or unpelleted total mixed ration. *Animal Feed Science and Technology*. 2019. Vol. 253. P. 22–31. DOI:10.1016/J.ANIFEEDSCI.2019.05.003

22. Comparison of the rumen bacterial community, rumen fermentation and growth performance of fattening lambs fed low-grain, pelleted or non-pelleted high grain total mixed ration / B. Trabi et al. *Animal Feed Science and Technology*. 2019. Vol. 253. P. 1–12. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2019.05.001

23. Pelleting of a Total Mixed Ration Affects Growth Performance of Fattening Lambs / Bo. Li et al. 2021. Vol. 253. P. 129–146. DOI:10.3389/fvets.2021.629016

24. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві: навч. посіб. / за ред. І.І. Ібатуліна, О.М. Жукорського. Київ: Аграр. наука, 2017. 328 с.

25. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин / за наук. ред. І.І. Ібатуліна, О.М. Жукорського. Київ: Аграр. наука, 2016. 336 с.

26. Петровська І., Салига Ю., Вудмаска І. Статистичні методи в біологічних дослідженнях: навч.-метод. посібн. Київ: Аграрна наука, 2022. 172 с.

27. Свістула М.М., Єфремов Д.В., Горб С.В. Особливості метаболізму поживних речовин в організмі баранців на відгодівлі за корекції амінокислотного складу раціонів. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*, Нова Каховка, 2021. Вип.14. С. 211–221. DOI:10.33694/2617-0787-2021-1-14-211-221

REFERENCES

1. Lahodiyenko, V.V., Hlushkov, O.A. (2025). Zabezpechennya efektyvnosti funkcionuvannya haluzi tvarynnytstva za suchasnykh umov hospodaryuvannya [Ensuring the efficiency of the livestock industry under modern economic conditions]. *Visnyk Kyuyiv'skoho natsional'noho ekonomichnoho universytetu imeni Vadyma Het'mana* [Bulletin of the Vadym Hetman Kyiv National Economic University], no. 2 (39), pp. 28–34. DOI:10.33111/vz_kneu.39.25.02.28.194.200 (In Ukrainian).

2. Pankyeyev, S.P., Kravchenko, O.O. (2023). Produktyvnysh' ovets' zalezho vid rivnya hodivli ta struktury ratsionu [Sheep productivity depending on the level of feeding and ration structure]. *Tvarynnytstvo Ukrainy* [Livestock breeding of Ukraine], no. 4, pp. 12–18. DOI:10.15407/animbiol2023.04.012 (In Ukrainian).

3. Hratylo, O.D., Petrychuk, L.I., Smyenova, H.S., Stolbunenko, S.H., Sydorov, S.M. (2021). Stvorennya vysokoproduktyvnykh kormovykh ahrotsenoziv dlya hodivli ovets' z vykorystanniam innovatsiynykh sortiv bahatorichnykh trav stepovoho ekotypu v posushlyvykh umovakh pivdnya Ukrainy [Creation of highly productive forage agrocenoses for sheep feeding using innovative varieties of perennial grasses of the steppe ecotype in arid conditions of southern Ukraine]. *Naukovyy visnyk «Askaniya-Nova»*, Nova Kakhovka [Scientific Bulletin «Askaniya-Nova»], Nova Kakhovka, Issue 14, pp. 41–53. DOI:10.33694/2617-0787-2021-1-14-41-53 (In Ukrainian).

4. Mykytyuk, V.V., Porotikova, I.I. (2020). Osoblyvosti metabolizmu na riznykh etapakh rostu i rozvytku molodnyaku ovets' [Peculiarities of metabolism at different stages of growth and development of young sheep]. *Tematychnyy nauk. zbirnyk Vivcharstvo ta kozivnytstvo* [Thematic scientific collection Sheep and goat breeding]. Issue 5, pp. 202–214. DOI:10.33694/2415-3958-2020-1-5-202-214 (In Ukrainian).

5. Li, B. (2021). Pelleting of a Total Mixed Ration Affects Growth Performance of Fattening Lambs. *Frontiers in Veterinary Science*, Vol. 8. DOI:10.3389/fvets.2021.629016.

6. Lárússon, T. (2023) The effects of pelleting hay upon feed intake, digestibility, growth rate and energy retention of lambs. *Icelandic Agricultural Sciences*, Vol. 36, pp. 55–68. DOI:10.16886/ias.2023.05.

7. Andrés, S. (2026). Pelleted Total Mixed Rations as a Feeding Strategy for High-Yielding Dairy Ewes. *Agriculture*, Vol. 16 (2), 225 p. DOI:10.3390/agriculture16020225

8. Zhong, R. (2018). Pelleted total mixed ration improves growth performance of fattening lambs. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 242, pp. 127–134. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2018.06.008

9. Gao, Q. (2025). Impact of Crumbled Pelleted Starter Feed and Alfalfa Inclusion on Feed Intake, Growth, and Rumen Microbiota in Young Lambs. DOI:10.20944/preprints202501.0024.v1

10. Adeyemi, K.D., Sazili, A.Q. (2025). Optimizing sheep reproductive performance through nutritional interventions. *Journal of Experimental Agriculture International*, Vol. 47, Issue 4, pp. 113–121. DOI:10.9734/jaei/2025/v47i43361

11. Ran, T. (2020). Effects of grain type and conditioning temperature during pelleting on growth performance, ruminal fermentation, meat quality and blood metabolites of fattening lambs. *Animal*, Vol. 47, pp. 100–146. DOI:10.1016/j.animal.2020.100146

12. Coufal-Majewski, S. (2017). Effects of pelleting diets containing cereal ergot alkaloids on nutrient digestibility, growth performance and carcass traits of lambs. *Anim Feed Sci Technol.*, Vol. 230, pp. 103–113. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2017.06.006

13. Zhang, C. (2025). Evaluation of feeding effects of pelletized total mixed ration in Hu sheep: growth performance, bacterial community and rumen fermentation *Anim Biosci.*, Vol. 38, pp. 2125–2135. DOI:10.5713/ab.24.0852

14. Oelberg, T.J., Stone, W. (2014). Monitoring total mixed rations and feed delivery systems. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.*, Vol. 30, pp. 721–744. DOI:10.1016/j.cvfa.2014.08.003

15. Zhong, R.Z. (2018). Pelleted total mixed ration improves growth performance of fattening lambs. *Anim Feed Sci Technol.*, Vol. 242, pp. 127–134. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2018.06.008

16. Sadek, A. (2020). Effect of complete pellet feed on commercial goat production under the stall feeding system in Bangladesh. *J Adv Vet Anim Res.*, Vol. 7 (4), pp. 704–709. DOI:10.5455/javar.2020.g471

17. Wang, Y. (2017). Bacterial community diversity associated with different levels of dietary nutrition in the rumen of sheep. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*

nol., Vol. 101, pp. 3717–3728. DOI:10.1007/s00253-017-8144-5.

18. Wang, Y. (2022). Effects of Supplementing A Yeast Culture in a Pelleted Total Mixed Ration on Fiber Degradation, Fermentation Parameters, and the Bacterial Community in the Rumen of Sheep. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 296 (10). DOI:10.1016/j.anifeedsci. 2022.115565

19. Antonets, O., Kocherga, V. (2025). Feed and seed productivity of alfalfa in the conditions of the Southern Forest Step of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, Vol. 28, no. 1, pp. 32–36. DOI:10.31210/spi2025.28.01.06

20. Ishaq, S. (2019). Pelleted-hay alfalfa feed increases sheep wether weight gain and rumen bacterial richness over loose-hay alfalfa feed. Vol. 14. DOI:10.1371/journal.pone.0215797

21. Zhang, C., Wang, L., Li, J. (2019). Performance, rumen fermentation and gastrointestinal microflora of lambs fed pelleted or unpelleted total mixed ration. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 253, pp. 22–31. DOI:10.1016/J.ANIFEEDSCI.2019.05.003

22. Trabi, B. (2019). Comparison of the rumen bacterial community, rumen fermentation and growth performance of fattening lambs fed low-grain, pelleted or non-pelleted high grain total mixed ration. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 253, pp. 1–12. DOI:10.1016/j.anifeedsci. 2019.05.001

23. Li, Bo. (2021). Pelleting of a Total Mixed Ration Affects Growth Performance of Fattening Lambs. Vol. 253, pp. 129–146. DOI:10.3389/fvets.2021.629016

24. Ibatullin, I.I., Zhukorsky, O.M. (2017). Metodolohiya ta orhanizatsiya naukovykh doslidzhen' u tvarynnystv: navchal'nyy posibnyk [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry: a textbook]. Kyiv: Agrarian Science, 328 p. (In Ukrainian).

25. Ibatullin, I.I., Zhukorsky, O.M. (2016). Dovidnyk z povnotsinnoyi hodivli sil's'kohospodars'kykh tvaryn [Handbook on complete feeding of farm animals]. Kyiv: Agrarian Science, 336 p. (In Ukrainian).

26. Petrovs'ka, I., Salyha, Y.U., Vudmaska, I. (2022). Statystychni metody v biolohichnykh doslidzhenyakh: navch.-metod. posibn [Statistical methods in biological research: a teaching and methodological manual]. Kyiv: Agrarian Science, 172 p. (In Ukrainian).

27. Svistula, M.M., Yefremov, D.V., Horb, S.V. (2021). Osoblyvosti metabolizmu pozhyvnykh rechovyv v orhanizmi barantsiv na vidhodivli za korektsiyi aminokyslotnoho skladu ratsioniv [Peculiarities of nutrient metabolism in the body of fattening sheep

with correction of the amino acid composition of diets]. *Naukovyy visnyk «Askaniya-Nova»*, Nova Kakhovka [Scientific Bulletin "Askaniya-Nova", Nova Kakhovka], Issue 14, pp. 211–221. DOI:10.33694/2617-0787-2021-1-14-211-221 (In Ukrainian).

The use of granulated feed in feeding young sheep and its effect on nutrient digestibility and growth rate

Mykytiuk V., Mokdad Sanaa Y.

The results of studies on the effectiveness of using a granulated feed product based on artificially dried alfalfa grass in the diets of Pridneprovskaya meat breed sheep are presented. The aim of the work was to establish the effect of such feed on nutrient digestibility, growth rate and feed efficiency in young sheep.

The experiment was conducted on the basis of the sheep farm of the State Enterprise «DG Runo» with the involvement of 45 5-month-old lambs, which were divided into three groups according to the principle of analogues. The control group received a traditional diet, while in the experimental groups part of the bulk feed was replaced with a granulated product: in group II – 100 % alfalfa granules, in group III – granules enriched with amino acid and mineral premix.

It has been found that the use of granular feed contributes to an increase in the nutritional value of diets, especially in terms of protein and essential amino acids. Digestibility studies showed a significant improvement in the absorption of dry and organic matter, protein, fat and nitrogen-free extractives. The highest values were observed in animals that received enriched pellets.

Analysis of the growth of sheep showed that the use of granular feed provides a significant increase in average daily and absolute live weight gains. In the period of 5–9 months, gains in the experimental groups exceeded the control by 29,4–38,8 %. At the same time, the best results were obtained in group III, where the diet was additionally balanced in terms of amino acids and minerals.

In addition, an improvement in feed conversion was found: the consumption of feed units per 1 kg of gain decreased to 6,85–7,23 ECO versus 9,46 ECO in the control. This indicates a more efficient use of nutrients and the economic feasibility of using pelleted feeds.

Thus, the results of the study confirm that the use of pelleted alfalfa feed, especially enriched with premix, is an effective technological method for increasing the productivity of young sheep and optimizing their feeding in conditions of intensive production.

Keywords: pellets, alfalfa, young sheep, rations, digestibility, growth rate, feed conversion.



Copyright: Микитюк В.В., Мокдат Санаа Я.А. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Микитюк В.В.

Мокдат Санаа Я.А.

<https://orcid.org/0000-0002-1346-490X>

<https://orcid.org/0009-0000-9791-1983>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК 636.5.084

Вплив соєвої олії та ферментованого водорозчинного комплексу ліпідів на продуктивність і якість яєць курей-несучок

Процайло Я.Є., Кирилів Я.І.

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

 E-mail: Zahid_ptytsa@ukr.net

Процайло Я.Є., Кирилів Я.І. Вплив соєвої олії та ферментованого водорозчинного комплексу ліпідів на продуктивність і якість яєць курей-несучок. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 61–69.

Protsailo Y., Kyryliv Y. The effect of soya oil and a fermented water-soluble lipid complex on the productivity and egg quality of laying hens. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 61–69.

Рукопис отримано: 23.02.2026 р.

Прийнято: 09.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-61-69

ISSN 2310-9289

У проведених дослідженнях вивчали вплив соєвої олії та різних доз ферментованого водорозчинного ліпідного комплексу у складі стандартного комбікорму, до якого входили кукурудза, соєва макуха, соняшниковий шрот, пшенична дерть і висівки, вапняк, монокальційфосфат, кухонна сіль, харчова сода, L-лізін, холін-хлорид, DL-метіонін, L-треонін, адсорбент, а також вітамінно-мінеральна суміш.

Протягом дослідного періоду здійснювали облік яєчної продуктивності, витрат кормів, контролювали живу масу, фізіологічний стан і збереженість поголів'я. Отримані яйця зважували та визначали їхні морфометричні показники: масу яйця, білка, жовтка і шкаралупи, товщину та міцність шкаралупи, індекс форми, коефіцієнт в'язкості, рН білка і жовтка, а також коефіцієнт рефракції. У жовтку яєць визначали вміст загальних ліпідів і вітамінів А та Е.

За результатами досліджень встановлено, що яйцекладка у курей усіх дослідних груп розпочиналася у 115-добовому віці, а у віці 140 днів рівень несучості становив 39,50–42,35 %. Пік яєчної продуктивності припадав на 200-добовий вік і досягав 95,30–96,80 %, зберігаючись на високому рівні до 320-добового віку (94,50–95,75 %).

У середньому за весь період дослідження, який тривав до 450-добового віку, несучість становила 84,23–85,79 %. Найвищу продуктивність відзначено у курей III дослідної групи, які отримували 1,0–1,3 % ферментованого водорозчинного ліпідного комплексу. Морфометричні показники яєць у всіх піддослідних групах перебували приблизно на однаковому рівні та відповідали фізіологічній нормі. У період найвищої інтенсивності яйцекладки маса яєць становила 60,15–61,85 г. Найбільшу масу яєць зафіксовано у III та IV дослідних групах, де до раціону вводили 1,0–1,6 % ферментованого водорозчинного ліпідного комплексу.

За період дослідження від курей-несучок було отримано 15,97–17,09 кг яйцемаси на одну голову. У жовтках яєць курей III дослідної групи вміст загальних ліпідів, вітаміну А та вітаміну Е був вищим порівняно з контролем відповідно на 8,10; 5,81 та 10,71 %. Жива маса курей-несучок протягом дослідження відповідала нормативним показникам для кросу Ломан ЛСЛ-Класик.

Таким чином, заміна соєвої олії у раціоні курей-несучок ферментованим водорозчинним ліпідним комплексом є доцільною та економічно обґрунтованою. Застосування зазначеної кормової добавки забезпечує високий рівень продуктивності та якості яєць, а її вартість є на 24 % нижчою порівняно із соєвою олією.

Ключові слова: кури-несучки, продуктивність, морфометричні показники, соєва олія, водорозчинний ліпідний комплекс, жовток яйця, загальні ліпіди, вітаміни А, Е.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Забезпечення населення повноцінним харчовим білком є однією з актуальних проблем сучасного харчування. Поряд із м'ясом важливим джерелом високоякісного білка є курячі яйця. Яєчний білок вважається цінним харчовим ресурсом, оскільки містить повний набір незамінних амінокислот, необхідних для забезпечення потреб організму людини [1, 2].

Важливою перевагою яєчного білка є його висока біологічна цінність і засвоюваність. За даними досліджень, коефіцієнт засвоєння білків яйця в організмі людини досягає 90,9 % [3]. Окрім того, яєчний білок характеризується значним вмістом амінокислот із розгалуженим ланцюгом (BCAA), зокрема лейцину, ізолейцину та валіну, які відіграють важливу роль у синтезі білків скелетних м'язів, регуляції енергетичного обміну та підтриманні метаболічного гомеостазу [4–8].

Дефіцит амінокислот із розгалуженим ланцюгом може призводити до порушень білкового та енергетичного обміну, зниження інтенсивності синтезу м'язового білка і негативно впливати на функціональний стан організму [4–8].

Поряд із білковою складовою, важливим показником харчової цінності яйця є жовток, який містить значну кількість ліпідів, жиророзчинних вітамінів, мінеральних речовин та інших біологічно активних сполук. У курячому яйці без шкарлупи міститься близько 74 % води та понад 26 % сухої речовини. Частка білків і ліпідів становить приблизно по 12 %, тоді як на мінеральні речовини та вуглеводи припадає близько 1 % [9, 10].

Найвищою енергетичною цінністю характеризується жовток, у 100 г якого міститься 1250–1750 кДж енергії, тоді як аналогічна маса білка забезпечує лише 175–250 кДж. Калорійність 100 г яєчної маси є відносно стабільною і становить 670–750 кДж [9, 10].

Енергетична цінність яйця значною мірою залежить від його маси та хімічного складу. Основним джерелом енергії в яйці є ліпіди, які практично повністю зосереджені в жовтку. Всі жири яйця знаходяться в жовтку. Ліпідна фракція жовтка на 35–40 % представлена насиченими жирними кислотами, серед яких переважають пальмітинова, стеаринова та міристинова кислоти, тоді як 60–65 % становлять ненасичені жирні кислоти, зокрема олеїнова, лінолева, ліноленова та арахідонова [11].

Завдяки високому ступеню емульгування ліпіди яєчного жовтка характеризуються

високою біодоступністю та засвоюються організмом людини майже повністю [11].

У курей печінка є основним органом ліпогенезу, де синтезується до 95% ліпідів і жирних кислот організму. Тому вміст ліпідів у печінці може слугувати важливим індикатором інтенсивності ліпідного обміну та загального фізіологічного стану птиці [9].

Водночас печінка курей не здатна синтезувати окремі поліненасичені жирні кислоти, зокрема лінолеву, α -ліноленову та арахідонову, тому їхнє надходження в організм у необхідній кількості має забезпечуватися за рахунок кормових компонентів раціону [12–15].

Встановлено пряму залежність між якістю та жирнокислотним складом ліпідів корму і жирнокислотним профілем жовтка яєць. Основними джерелами ліпідів у раціонах курей-несучок є кормові жири тваринного походження та рослинні олії. Підвищення рівня ненасичених жирних кислот у складі комбікорму забезпечує оптимізацію жирнокислотного складу яєць, що проявляється збільшенням частки біологічно цінних ненасичених жирних кислот у жовтку [16–18].

Застосування ліпідних добавок із оптимальним жирнокислотним складом позитивно впливає на продуктивність курей-несучок та якісні показники яєць. Зокрема, це сприяє збільшенню маси яєць, підвищенню відносної частки жовтка та оптимізації його ліпідного профілю шляхом вмісту ненасичених жирних кислот [16–18].

Використання жирів у годівлі птиці сприяє підвищенню поживної цінності кормів, насамперед їхньої енергетичної цінності. Це зумовлено тим, що ліпіди є найбільш концентрованим джерелом енергії в раціоні: під час їхнього окиснення вивільняється приблизно у 2,2 рази більше енергії порівняно з вуглеводами та у 1,7 рази більше, ніж при окисненні білків [9, 19–21].

Поряд із енергетичною функцією, жири виконують роль важливого джерела жирних кислот, насамперед незамінних поліненасичених жирних кислот, які не можуть синтезуватися в організмі птиці або синтезуються в кількостях, недостатніх для забезпечення фізіологічних потреб, у зв'язку з чим їхнє надходження має забезпечуватися кормовими компонентами раціону [9, 19–21].

Сучасні високопродуктивні кроси курей-несучок характеризуються високим генетичним потенціалом яєчної продуктивності, реалізація якого можлива лише за умов повноцінної та збалансованої годівлі. Для забезпечення необхідного рівня обмінної енергії до

складу комбікормів широко включають рослинні олії, насамперед соняшникову та соєву.

Водночас ефективне використання ліпідів в організмі птиці залежить від процесів їхнього травлення та всмоктування, які супроводжуються синтезом і секрецією ліполітичних ферментів, насамперед ліпаз. Під їхньою дією триацилгліцероли гідролізуються до жирних кислот, моноацилгліцеролів і гліцерину, які в подальшому всмоктуються ентероцитами тонкого кишечника.

З метою підвищення ефективності перетравлення та засвоєння ліпідів у годівлі птиці дедалі ширше застосовують екзогенні емульгатори. Їхнє використання сприяє більш ефективному емульгуванню жирів у травному тракті, підвищує доступність ліпідів для дії ліполітичних ферментів і, як наслідок, покращує їхню перетравність і засвоєння організмом птиці [22–27].

Метою дослідження було вивчення ефективності використання водорозчинного ліпідного комплексу ELC (Essential Lipid Complex) як альтернативного джерела ліпідів у раціонах курей-несучок, а також оцінка можливості заміни ним соєвої олії без негативного впливу на продуктивні показники птиці та якість яєць.

Матеріал і методи досліджень. Для досягнення поставленої мети в умовах фермерського господарства «Західптиця» було сформовано чотири групи курей – несучок кросу Ломан ЛСЛ-класик по 100 голів у кожній за методом аналогів. Усі групи птиці отримували базовий раціон, до складу якого входили кукурудза, макуха соєва, соняшниковий шрот, пшенична дерть, пшеничні висівки, вапняк, монокальційфосфат, кухонна сіль, харчова сода, L-лізин, холін-хлорид, DL-метіонін, L-треонін, адсорбент, а також вітамінна та мінеральна суміші.

Комбікорм був збалансований за вмістом поживним речовин і містив рекомендовані норми макро- та мікроелементів, а також вітамінів відповідно до рекомендацій щодо кліткового утримання курей-несучок кросу Ломан ЛСЛ-класик. Курям-несучкам контрольної групи до складу комбікорму додавали соєву олію в кількості 1,0 % до 320-добового віку та 1,5 % після 320 діб. Натомість птиці трьох дослідних груп замість соєвої олії вводили водорозчинний ліпідний комплекс ELC (Essential Lipid Complex) у кількості відповідно 0,7;1,0; 1,3 до 320-добового віку та 1,0; 1,3 та 1,6 % після 320 діб. Добавку застосовували починаючи з моменту переведення молодняку до приміщення для утримання промислового стада.

Протягом усього періоду досліджень здійснювали контроль фізіологічного стану птиці, живої маси, споживання корму та збереженості поголів'я. Починаючи із 140-добового віку проводили облік яєчної продуктивності курей-несучок. У 210-добовому віці, що відповідає періоду пікової яєчної продуктивності, з кожної групи було відібрано по 30 яєць для визначення морфометричних показників [28]. Для аналізу вмісту загальних ліпідів відібрали по три жовтки з яєць контрольної групи та III дослідної групи, яка характеризувалася вищою продуктивністю порівняно з контрольною [29]. Отримані експериментальні дані були оброблені методами варіаційної статистики.

Результати дослідження та обговорення. За результатами проведених досліджень встановлено, що яйцекладка у курей-несучок усіх піддослідних груп розпочалася у віці 113–115 діб. У 140-добовому віці інтенсивність яйцекладки становила 39,50–42,35 % (табл. 1).

Таблиця 1 – Динаміка яєчної продуктивності курей-несучок, % (M ±n, n=100–96)

Вік, діб	Групи			
	I контрольна	II дослідна	III дослідна	IV дослідна
140	41,25±2,13	39,50±1,93	40,70±2,10	42,35±3,12
150	67,28±3,11	65,37±2,73	69,59±2,85	67,81±3,27
160	85,37±3,15	83,25±3,27	87,72±3,75	85,39±2,93
170	91,20±4,10	92,25±3,95	93,45±3,72	90,39±4,15
180	93,21±4,37	94,37±3,90	94,72±4,17	94,81±3,92
190	95,25±3,75	94,43±3,42	96,31±3,75	95,25±3,93
200	95,30±4,17	96,41±3,92	96,72±4,39	96,80±4,11
320	94,50±4,29	95,61±4,75	95,23±3,73	95,75±3,81
390	91,35±3,95	90,93±3,72	93,21±2,97	93,51±3,72
450	88,50±2,97	88,15±3,45	90,25±3,72	90,30±2,91
У середньому	84,32	84,23	85,79	84,82

Яєчна продуктивність курей-несучок усіх піддослідних груп поступово зростала до 200-добового віку, досягаючи 95,30–96,80 %. Істотних відмінностей між групами не виявлено, однак у дослідних групах цей показник був дещо вищим порівняно з контролем – на 1,16–1,57 %. Така тенденція зберігалася до 450-добового віку, за винятком II дослідної групи. Згідно з рекомендаціями щодо утримання курей-несучок кросу Ломан ЛСЛ-класик, яєчна продуктивність у цей період повинна становити 95,60 %.

Динаміка яйцекладки свідчить про рівномірне підвищення продуктивності у всіх піддослідних групах до 200 добового віку. Упродовж перших 10 діб після початку яйцекладки інтенсивність несучості зросла на 23,89–26,03 %, причому найвищі темпи приросту відзначено у III дослідній групі. У наступні вікові періоди (160 та 170 діб) спостерігалася подальше інтенсивне зростання яєчної продуктивності в усіх групах. Починаючи з 180-добового віку, темпи її підвищення сповільнювалися і в середньому становили близько 2,15 %. У 200-добовому віці кури-несучки досягали пікових показників продуктивності, після чого спостерігалася їхнє поступове зниження: у 320-добовому віці – на 0,83–1,56 %, а у 450-добовому – на 3,15–3,55 %.

Протягом продуктивного періоду для забезпечення високої якості яєчної продукції яйця необхідно збирати не рідше одного разу на добу та зберігати за температури 5–10 °C і відносної вологості 80–85 %. Недотримання зазначених параметрів зберігання, зокрема підвищення температури та зниження відносної вологості повітря, призводить до прискореної втрати маси яєць і погіршення їхніх якісних показників.

Аналіз вікової динаміки маси яєць показав, що цей показник поступово зростає упродовж усього досліджуваного періоду до 420-добового віку курей-несучок (табл. 2).

За період від 140 до 420 діб маса яєць збільшилася в середньому на 19,40–20,91 г, або на 42,45–48,77 % порівняно з початковими значеннями.

Найвищі темпи збільшення маси яєць відзначено у II та III дослідних групах, де приріст цього показника за досліджуваний період становив відповідно 48,77 та 46,88 %. У період максимальної інтенсивності яйцекладки маса яєць коливалася в межах 60,15–61,85 г. Найвищі значення цього показника встановлено у III та IV дослідних групах, кури-несучки яких отримували водорозчинний ліпідний комплекс у кількості 1,0 та 1,3 % до складу комбікорму.

До 420-добового віку від курей-несучок контрольної групи було отримано 16,94 кг яєчної маси на одну голову. У дослідних групах цей показник становив відповідно 15,97; 17,09 та 17,03 кг. Найвищий вихід яєчної маси відзначено у III дослідній групі, де він перевищував показник контрольної групи на 0,88 %. Отримані результати свідчать про позитивний вплив водорозчинного ліпідного комплексу на продуктивність курей-несучок за оптимального рівня його введення до складу комбікорму.

Отже, результати проведених досліджень свідчать, що заміна соєвої олії водорозчинним ліпідним комплексом не призводить до зниження яєчної продуктивності курей-несучок. Навпаки, у III та IV дослідних групах спостерігалася тенденція до підвищення продуктивності, що проявлялася збільшенням інтенсивності яйцекладки, маси яєць та виходу яєчної маси. У II дослідній групі зазначені показники були дещо нижчими порівняно з контролем. Загалом введення до складу комбікорму водорозчинного ліпідного комплексу в кількості 0,7–1,3 % до 320-добового віку та 1,0–1,6 % після 320 діб сприяло незначному підвищенню яєчної продуктивності курей-несучок.

Таблиця 2 – Вікова динаміка зміни маси яєць курей-несучок, г (M±n, n=30)

Вік, діб	Групи			
	I контрольна	II дослідна	III дослідна	IV дослідна
I фаза 140 діб	45,00±3,21	44,25±4,00	44,60±3,52	45,70±3,27
170 діб	56,75±5,11	55,80±4,23	56,95±3,72	56,70±2,93
210 діб	60,30±4,25	60,15±3,72	61,23±3,91	61,85±2,27
245 діб	61,55±3,25	60,95±4,11	62,00±2,95	62,17±3,72
280 діб	63,00±2,95	62,80±3,72	63,15±2,72	63,00±3,19
320 діб	63,50±3,25	63,25±4,15	63,86±3,17	63,29±3,21
II фаза 350 діб	64,42±2,52	64,75±4,31	64,36±3,13	64,15±3,73
450 діб	65,40±3,43	65,83±3,51	65,51±3,15	65,10±4,11

Таблиця 3 – Кількість яєчної маси, отриманої від піддослідних курей-несучок, кг ($M \pm n$, $n=30$)

Вік, діб	Групи			
	I	II	III	IV
140	0,64	0,44	0,45	0,48
170	1,55	0,72	1,60	1,54
210	2,30	2,29	2,37	2,40
320	6,60	6,65	6,69	6,67
420	5,85	5,87	5,98	5,94
За період досліду	16,94	15,97	17,09	17,03

Поряд із вивченням рівня яєчної продуктивності курей-несучок у 210-добовому віці, що відповідає періоду максимальної інтенсивності яйцекладки, досліджували морфометричні та якісні показники яєць. Зокрема визначали масу білка, жовтка та шкаралупи, міцність шкаралупи, індекс форми яйця, коефіцієнти рефракції та рефракції білка і жовтка, а також значення рН білка і жовтка (табл. 4).

З даних таблиці видно, що статистично значущих відмінностей за морфометричними показниками яєць між дослідними групами не встановлено. Водночас слід зазначити, що маса жовтка була відносно високою в усіх дослідних групах. Відомо, що показники якості яєць значною мірою зумовлені генетичними особливостями птиці та формуються внаслідок взаємодії генотипу з факторами навколишнього середовища. Серед останніх провідне значення має повноцінність годівлі, тоді як умови утримання меншою мірою впливають на якість яєць. До ознак, які переважно визначаються спадковістю, належать колір шкаралупи, її

міцність і маса, форма яйця та консистенція білка. У зв'язку з цим можливістю цілеспрямованої зміни зазначених показників за рахунок лише кормових факторів є обмеженими [30–32].

Значний вплив на якість яєць, зокрема їхні смакові властивості та аромат, має склад раціону птиці. Встановлено, що включення до раціону рибного борошна та риб'ячого жиру в кількості 7 і 2 % відповідно може зумовлювати появу специфічного рибного запаху яєць. Подібний ефект також спостерігається за використання в годівлі ріпакового шроту або макухи [33–35]. У наших дослідженнях зазначені компоненти до складу раціону не входили. Водночас відомо, що введення до раціону курей-несучок рослинних олій сприяє збільшенню маси жовтка та зміні його ліпідного складу [11].

У яйцях курей дослідних груп відзначено тенденцію до збільшення маси жовтка порівняно з контролем на 2,25–4,87 %. Імовірно, це пов'язано з більш ефективним засвоєнням жирних кислот, що надходили до організму у складі водорозчинного ліпідного комплексу.

Таблиця 4 – Морфометричні показники курячих яєць ($M \pm n$, $n=30$)

Показники	Групи			
	I	II	III	IV
Маса яєць, г	59,73 \pm 2,67	59,98 \pm 3,11	61,21 \pm 1,95	61,31 \pm 2,94
Маса білка, г	36,41 \pm 0,62	36,30 \pm 0,58	36,64 \pm 0,49	36,82 \pm 0,37
Маса жовтка, г	17,26 \pm 0,43	17,65 \pm 0,47	18,10 \pm 0,17	18,07 \pm 0,45
Маса шкаралупи, г	6,06 \pm 0,44	6,03 \pm 0,23	6,47 \pm 0,36	6,42 \pm 0,41
Товщина шкаралупи, мм	0,29 \pm 0,01	0,29 \pm 0,02	0,28 \pm 0,03	0,30 \pm 0,01
Міцність шкаралупи, кг/мм ²	1,97 \pm 0,12	1,99 \pm 0,09	1,97 \pm 0,14	1,98 \pm 0,08
Індекс форми	76,40 \pm 1,28	75,80 \pm 2,16	75,20 \pm 1,04	76,20 \pm 1,04
Коефіцієнт в'язкості білка жовтка	1,19 \pm 0,02 1,95 \pm 0,06	1,18 \pm 0,02 1,96 \pm 0,07	1,20 \pm 0,02 1,95 \pm 0,06	1,19 \pm 0,02 1,96 \pm 0,07
рН білка	8,86 \pm 0,27	8,89 \pm 0,19	9,05 \pm 0,20	9,03 \pm 0,12
рН жовтка	6,04 \pm 0,13	6,00 \pm 0,10	5,98 \pm 0,10	6,05 \pm 0,12
Коефіцієнт рефракції білка жовтка	1,42 \pm 0,03 1,35 \pm 0,13	1,43 \pm 0,04 1,36 \pm 0,02	1,42 \pm 0,03 1,36 \pm 0,02	1,42 \pm 0,03 1,36 \pm 0,03

Міцність шкарлупи яєць є одним із найважливіших показників їхньої якості, оскільки тісно пов'язана з втратами продукції внаслідок розбивання, здатністю яєць до тривалого зберігання та виводимістю молодняку. Значні втрати яєць унаслідок розбивання зумовили зростання значущості міцності шкаралупи як важливої селекційної ознаки. Поряд з міцністю шкарлупи оцінюють також її товщину, оскільки ці показники тісно взаємопов'язані. Селекція на підвищення міцності шкаралупи ускладнюється тим, що ця ознака значною мірою залежить від віку птиці, умов годівлі та параметрів мікроклімату, а також характеризується негативною кореляцією з несучістю та масою яєць. У зв'язку з цим оцінку міцності шкаралупи в селекційній роботі доцільно проводити у віці 210 та 420 діб.

Заміна соєвої олії водорозчинним ліпідним комплексом практично не впливала на показники товщини та міцності шкаралупи яєць. Щодо індексу форми яєць, то він є відносно стабільною ознакою і, як правило, не зазнає істотних змін під впливом умов годівлі та утримання курей-несучок.

Концентрація водневих іонів (рН) є важливим показником якості та збереженості яєць. У процесі зберігання яєць зазвичай спостерігається підвищення рН білка внаслідок втрати вуглекислого газу, тоді як рН жовтка залишається відносно стабільним. У нашому дослідженні в дослідних групах відзначено тенденцію до підвищення рН білка порівняно з контролем. Водночас значення рН жовтка суттєво не відрізнялися між групами, а виявлені коливання перебували в межах статистичної похибки.

Коефіцієнт рефракції білка та жовтка в усіх піддослідних групах перебував у межах статистичної похибки й не виходив за межі

фізіологічної норми. Це свідчить про відсутність суттєвого впливу досліджуваних кормових добавок на дані показники якості яєць.

Результати численних досліджень свідчать, що застосування ліпідних добавок у годівлі курей-несучок може істотно впливати на склад яєчного жовтка, зокрема на вміст ліпідів, каротиноїдів і жиророзчинних вітамінів [33, 36–40].

За результатами наших досліджень установлено, що введення до раціону соєвої олії та водорозчинного ліпідного комплексу сприяло підвищенню вмісту загальних ліпідів, каротиноїдів, а також вітамінів А і Е у жовтку яєць порівняно з контролем (табл. 5).

Відомо, що енергетична цінність жирів приблизно вдвічі перевищує енергетичну цінність білків і вуглеводів, а їхня енергія використовується організмом більш ефективно. Тому високий вміст ліпідів у жовтку інкубаційних яєць є важливим чинником, що суттєво впливає на ріст і розвиток ембріона [9].

Підвищений вміст вітамінів А та Е сприяє зростанню харчової цінності курячих яєць. У жовтку яєць курей дослідної групи вміст загальних ліпідів був вищим на 12,37 %, а концентрація вітамінів А і Е – відповідно на 5,81 та 10,71 %.

На нашу думку, підвищення вмісту загальних ліпідів, а також вітамінів А і Е в жовтку яєць пов'язане з їхнім кращим засвоєнням із корму та подальшим депонуванням у яйці. Протягом усього періоду досліджень здійснювали контроль живої маси курей, оскільки відповідно до технологічних вимог підтримання її на оптимальному рівні є необхідною умовою забезпечення високої продуктивності несучок. Показники живої маси птиці наведено в таблиці 6.

Таблиця 5 – Вміст загальних ліпідів і вітамінів А і Е у жовтку курячих яєць

Показники	Групи		Р
	контрольна	III дослідна	
Загальні ліпіди, г/100г	25,30±0,43	28,43±0,59	<0,001
Вітамін А мкг/г	7,57±0,45	8,01±0,80	>0,05
Вітамін Е мкг/г	18,86±1,06	20,88±1,12	>0,01

Таблиця 6 – Жива маса курей-несучок у процесі яйцекладки

Вік, діб	Групи			
	I контрольна	II дослідна	III дослідна	IV дослідна
112 діб	1283,60±24,51	1183,50±12,80	1266,40±18,75	1277,50±15,40
140 діб	1386,00±33,20	1368,00±48,40	1409,40±14,80	1410,00±22,00
170 діб	1610,20±36,24	1614,00±23,20	1633,00±30,40	1621,00±41,40
210 діб	1676,00±29,20	1694,00±27,20	1712,00±24,40	1700,00±58,00
245 діб	1705,00±20,00	1708,00±26,40	1704,00±31,20	1716,00±27,60
320 діб	1727,00±27,60	1756,00±24,80	1768,00±30,40	1758,00±26,40
455 діб	1808,00±38,40	1806,00±23,20	1784,00±21,20	1787,00±44,40

Аналіз поданих у таблиці даних свідчить, що жива маса курей-несучок протягом усього продуктивного періоду відповідала нормативним показникам технології утримання та годівлі промислового стада кросу Ломан ЛСЛ-Класик. При цьому підвищення яєчної продуктивності не супроводжувалося зниженням живої маси птиці. У період досягнення піку несучості (210-та доба) жива маса курей становила 1676,0–1712,0 г.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що введення соєвої олії та водорозчинного ліпідного комплексу забезпечувало високий рівень яєчної продуктивності курей-несучок і належну якість яєць. Заміна соєвої олії різними дозами водорозчинного ліпідного комплексу сприяла незначному підвищенню показників яєчної продуктивності у курей III дослідної групи, зокрема за кількістю отриманих яєць та загальною яєчною масою. Збереженість поглотів'я курей-несучок у всіх групах перебувала в межах 92–93 %, що свідчить про відсутність негативного впливу досліджуваних кормових добавок на життєздатність птиці.

REFERENCES

1. Wang, J., Chi, Y., Cheng, Y., Zhao, Y. (2018). Physicochemical properties, in vitro digestibility and antioxidant activity of dry-heated egg white protein. *Food Chemistry*, 246, pp. 18–25.
2. Hida, A., Hasegawa, Y., Mekata, Y., Usuda, M., Masuda, Y., Kawano, H. (2012). Effects of egg white protein supplementation on muscle strength and serum free amino acid concentrations. *Nutrients*, 4 (10), pp. 1504–1517.
3. Evenepoel, P., Geypens, B., Luypaerts, A., Hiele, M., Ghooys, Y., Rutgeerts, P. (1998). Digestibility of cooked and raw egg protein in humans as assessed by stable isotope techniques. *Journal of Nutrition*, 128 (10), pp. 1716–1722.
4. Siddik, M.A.B., Moghaddam, M.Z., Hegde, V., Shin, A. (2019). Branched-chain amino acid metabolism is impaired in mice and humans with Alzheimer's disease (OR27-04-19). *Current Developments in Nutrition*, 3.
5. Marchesini, G., Marzocchi, R., Noia, M., Bianchi, G. (2005). Branched-chain amino acid supplementation in patients with liver diseases. *Journal of Nutrition*, 135 (6), pp. 1596–1601.
6. Molema, F., Gleich, F., Burgard, P., van der Ploeg, A.T., Summar, M.L., Chapman, K.A. (2019). Decreased plasma l-arginine levels in organic acidurias (MMA and PA) and decreased plasma branched-chain amino acid levels in urea cycle disorders as a potential cause of growth retardation: Options for treatment. *Molecular Genetics and Metabolism*, 126 (4), pp. 397–405.
7. Holeček, M. (2018). Branched-chain amino acids in health and disease: Metabolism, alterations in blood plasma, and as supplements. *Nutrition & Metabolism*, 15 (1), 33 p.
8. Dasarathy, S., Hatzoglou, M.B. (2018). Hyperammonemia and proteostasis in cirrhosis. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 21 (1), 30 p.
9. Kulyk M.F., Kravtsiv R.Y., Obertyukh Yu.V. (2003). Feed, evaluation, use of livestock products, ecology: a guide. Vinnytsia: PP Publishing House "Tezis", 334 p. (In Ukrainian).
10. Zhu, Y., Vanga, S.K., Wang, J., Raghavan, V. (2018). Impact of food processing on the structural and allergenic properties of egg white. *Trends in Food Science & Technology*, 78, pp. 188–196.
11. Farjami, T., Madadlou, A., Labbafi, M. (2016). Modulating the textural characteristics of whey protein nanofibril gels with different concentrations of calcium chloride. *Journal of Dairy Research*, 83 (1), pp. 109–114.
12. Ibatulin, I.I., Chygrin, A.I. (2013). 2013: Workshop on feeding farm animals: textbook. Zhytomir: «Polissya», 441 p. (In Ukrainian).
13. Selvaraj, R.K., Cherian, G. (2004). Dietary n-3 fatty acids reduce the delayed hypersensitivity reaction and antibody production more than n-6 fatty acids in broiler birds. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 106 (1), pp. 3–10.
14. Laye, S., Nadjar, A., Joffre, C., Bazinet, R.P. (2018). Anti-inflammatory effects of omega-3 fatty acids in the brain: physiological mechanisms and relevance to pharmacology. *Pharmacol. Rev.*, 70 (1), pp. 12–38.
15. Yang, X., Guo, Y., He, X., Yuan, J., Yang, Y., Wang, Z. (2008). Growth performance and immune responses in chickens after challenge with lipopolysaccharide and modulation by dietary different oils. *Animal*, 2 (2), pp. 216–223.
16. Lawlor, J.B., Gaudette, N., Dickson, T., House, J.D. (2010). Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs from laying hens fed diets containing microencapsulated fish oil. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 156 (3–4), pp. 97–103.
17. Carragher, J.F., Muhlhausler, B.S., Geier, M.S., House, J.D., Hughes, R.J., Gibson, R.A. (2016). Effect of dietary ALA on growth rate, feed conversion ratio, mortality rate and breast meat omega-3 LCP-UFA content in broiler chickens. *Anim. Prod. Sci.*, 56 (5), pp. 815–823.
18. Sijben, J.W., Klasing, K.C., Schrama, J.W., Parmentier, H.K., van der Poel, J.J., Savelkoul, H.F. (2003). Early in vivo cytokine genes expression in chickens after challenge with *Salmonella typhimurium* lipopolysaccharide and modulation by dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. *Dev. Comp. Immunol.*, 27 (6–7), pp. 611–619.
19. Ding, X., Yu, Y., Su, Z., Zhang, K. (2017). Effects of essential oils on performance, egg quality, nutrient digestibility and yolk fatty acid profile in laying hens. *Anim. Nutr.*, 3, pp. 127–131. PubMed
20. Vakili, R., Majidzadeh Heravi, R. (2016). Performance and egg quality of laying hens fed diets supplemented with herbal extracts and flaxseed. *Poult. Sci. J.*, 4, pp. 107–116.

21. Ding, X., Yu, Y., Su, Z., Zhang, K. (2017). Effects of essential oils on performance, egg quality, nutrient digestibility and yolk fatty acid profile in laying hens. *Anim. Nutr.*, 3, pp. 127–131. PubMed
22. Bontempo V., Comi M., Jiang X.R., Rebutti R., Caprarulo V., Giromini C., Gottardo D., Fusi E., Stella S., Tirloni E., Cattaneo D., Baldi, A. (2018). Evaluation of a synthetic emulsifier product supplementation on broiler chicks. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 240, pp. 157–164.
23. Boontiam, W., Hyun, Y.K., Jung, B., Kim, Y.Y. (2019). Effects of lysophospholipid supplementation to reduced energy, crude protein, and amino acid diets on growth performance, nutrient digestibility, and blood profiles in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 98, pp. 6693–6701. DOI:10.3382/ps/pex005.
24. Boontiam, W., Jung, B., Kim, Y.Y. (2017). Effects of lysophospholipid supplementation to lower nutrient diets on growth performance, intestinal morphology, and blood metabolites in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 96, pp. 593–601. DOI:10.3382/ps/pew269.
25. Farjami, T., Babaei, J., Nau, F., Dupont, D., Madadlou, A. (2021). Effects of thermal, non-thermal and emulsification processes on the gastrointestinal digestibility of egg white proteins. *Trends Food Sci. Technol.*, 107, pp. 45–56.
26. Haetinger, V.S., Dalmoro, Y.K., Godoy, G.L., Lang, M.B., de Souza, O.F., Aristimunha, P., Stefanello, C. (2021). Optimizing cost, growth performance, and nutrient absorption with a bio-emulsifier based on lysophospholipids for broiler chickens. *Poult. Sci.*, 100. DOI:10.1016/j.psj. 2021.101025.
27. Zhao, P.Y., Kim, I.H. (2017). Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. *Poult. Sci.*, 96, pp. 1341–1347. DOI:10.3382/ps/pew469.
28. Kyryliv, Ya.I., Ratych, I.B. (2003). Quality assessment of compound feeds for poultry and poultry products. Lviv, 241p. (In Ukrainian).
29. Vlizlo, V.V., Fedoruk, R.S., Ratych, I.B. (2012). Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine: a reference book. Lviv: SPOLOM, 764 p. (In Ukrainian).
30. Neijat, M., Suh, M., Neufeld, J., House, J.D. (2016). Increasing levels of dietary hempseed products leads to differential responses in the fatty acid profiles of egg yolk, liver and plasma of laying hens. *Lipids*, 51 (5), pp. 615–633.
31. Neijat, M., Ojekudo, O., House, J.D. (2016). Effect of flaxseed oil and microalgae DHA on the production performance, fatty acids and total lipids of egg yolk and plasma in laying hens. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids.*, 115, pp. 77–88.
32. Neijat, M., Eck, P., House, J.D. (2017). Impact of dietary precursor ALA versus preformed DHA on fatty acid profiles of eggs, liver and adipose tissue and expression of genes associated with hepatic lipid metabolism in laying hens. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids.*, 119, pp. 1–17.
33. Fraeye, I., Bruneel, C., Lemahieu, C., Buyse, J., Muylaert, K., Foubert, I. (2012). Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acids: a review. *Food Res. Int.*, 48 (2), pp. 961–969.
34. Hall, J.A., Jha, S., Skinner, M.M., Cherian, G. (2007). Maternal dietary n-3 fatty acids alter immune cell fatty acid composition and leukotriene production in growing chicks. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids.*, 76 (1), pp. 19–28.
35. Mousavi, A., Mahdavi, A.H., Riasi, A., Soltani-Ghombavani, M. (2017). Synergetic effects of essential oils mixture improved egg quality traits, oxidative stability and liver health indices in laying hens fed fish oil. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 234, pp. 162–172.
36. Zivkovic, A.M., Telis, N., German, J.B., Hammock, B.D. (2011). Dietary omega-3 fatty acids aid in the modulation of inflammation and metabolic health. *Calif. Agric. (Berkeley)*, 65 (3), 106 p.
37. Eilati, I.1.1.E., Small, C.C., McGee, S.R., Kurrey, N.K., Hales, D.B. (2013). Anti-inflammatory effects of fish oil in ovaries of laying hens target prostaglandin pathways. *Lipids Health Dis*, 12 (1), 152 p.
38. Eilati, E., Bahr, J.M., Hales, D.B. (2013). Long term consumption of flaxseed enriched diet decreased ovarian cancer incidence and prostaglandin E₂ in hens. *Gynecol. Oncol.*, 130 (3), pp. 620–628.
39. Gakhar, N., Goldberg, E., Jing, M., Gibson, R., House, J.D. (2012). Effect of feeding hemp seed and hemp seed oil on laying hen performance and egg yolk fatty acid content: evidence of their safety and efficacy for laying hen diets. *Poult. Sci.*, 91 (3), pp. 701–711.
40. Cachaldora, P., Garcia-Rebollar, P., Alvarez, C., De Blas, J.C., Mendez, J. (2006). Effect of type and level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acids retention efficiency in laying hens. *Br. Poult. Sci.*, 47 (1), pp. 43–49.

The effect of soya oil and a fermented water-soluble lipid complex on the productivity and egg quality of laying hens

Protsailo Y., Kyryliv Y.

The studies investigated the effect of soya oil and various doses of a fermented water-soluble lipid complex in a standard compound feed, which included maize, soya meal, sunflower meal, wheat bran and wheat middlings, limestone, monocalcium phosphate, table salt, baking soda, L-lysine, choline chloride, DL-methionine, L-threonine, an adsorbent, and a vitamin-mineral mixture.

Throughout the experimental period, egg production and feed consumption were recorded, and the live weight, physiological condition and survival rate of the flock were monitored. The eggs obtained were weighed and their morphometric parameters determined: egg weight, weight of the white, yolk and shell, shell thickness and strength, shape index, viscosity coefficient, pH of the white and yolk, and refractive index. The total lipid content and the levels of vitamins A and E were determined in the egg yolks.

Research findings indicate that egg-laying in hens from all experimental groups began at 115 days of age, and by 140 days of age, the laying rate stood

at 39,50–42,35 %. Egg production peaked at 200 days of age, reaching 95,30–96,80 %, and remained at a high level until 320 days of age (94,50–95,75 %).

On average, over the entire experimental period, which lasted until the hen reached 450 days of age, the laying rate was 84,23–85,79 %. The highest productivity was observed in hens of experimental group III, which received 1,0–1,3 % of a fermented water-soluble lipid complex. The morphometric parameters of eggs in all experimental groups were approximately at the same level and in accordance with physiological norms. During the period of peak egg-laying intensity, egg weight ranged from 60,15–61,85 g. The highest egg weight was recorded in experimental groups III and IV, where 1,0–1,6 % of a fermented water-soluble lipid complex was added to the diet.

During the study period, 15,97–17,09 kg of egg mass per hen was obtained from the laying hens. In the egg yolks of hens in experimental group III, the content of total lipids, vitamin A and vitamin E was higher than in the control group by 8,10 %, 5,81 % and 10,71 % respectively. The live weight of the laying hens throughout the experiment corresponded to the standard values for the Loman LSL-Classic cross.

Consequently, replacing soya oil in the diet of laying hens with a fermented water-soluble lipid complex is both practical and cost-effective. The use of this feed additive ensures high levels of productivity and egg quality, while its cost is 24 % lower than soya oil.

Keywords: laying hens, productivity, morphometric parameters, soya oil, water-soluble lipid complex, egg yolk, total lipids, vitamins A and E.




Copyright: Процайло Я.Є., Кирилів Я.І. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК 636.2.084.082.14

**Відтворювальна здатність корів швіцької породи
за умов утримання на відкритих вигульних майданчиках****Прудніков В.Г.¹ , Колісник О.І.¹, Михальченко С.А.¹ ,
Батир Р.Ю.¹ , Дидикіна А.І.² **¹ Інститут тваринництва НААН України, м. Харків, Україна² Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна E-mail: batyrura@ukr.net

Прудніков В.Г., Колісник О.І., Михальченко С.А., Батир Р.Ю., Дидикіна А.І. Відтворювальна здатність корів швіцької породи за умов утримання на відкритих вигульних майданчиках. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 70–79.

Prudnikov V., Kolisnyk O., Mikhalchenko S., Batyr R., Didykina A. Reproductive performance of brown swiss cows under year-round open-air housing conditions. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 70–79.

Рукопис отримано: 01.03.2026 р.

Прийнято: 15.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-70-79

ISSN 2310-9289

У статті наведено результати досліджень щодо оцінки відтворювальної здатності корів швіцької породи за умов цілолітнього утримання на відкритих вигульних майданчиках. Дослідження проводилося у ПП «Агро-Новоселівка 2009» Харківського району Харківської області протягом 2023–2025 років.

Установлено, що відтворювальна функція молочних корів формується під впливом комплексу чинників, зокрема породних і спадкових особливостей, віку тварин, регулярності прояву еструсу, тривалості міжотельного та сервіс-періодів, рівня запліднюваності, системи утримання, а також так званого «ефекту ферми».

Визначено, що корови швіцької породи завдяки високій біологічній пластичності та добрій акліматизаційній здатності в умовах східної частини Лісостепу України характеризувалися високими показниками молочної продуктивності як у першу лактацію (8215,6 кг), так і в другу (8810,2 кг). При цьому індекс адаптації корів мав від'ємне значення і становив відповідно -2,85 та -1,93 одиниці, що незначно відхиляється від оптимального рівня (0,0) та свідчить про незначне порушення рівноваги між умовами зовнішнього середовища й організмом дослідних тварин.

Доведено, що індекс осіменіння корів швіцької породи був порівняно невисоким, а в другу лактацію зменшився на 8,8 % ($P < 0,05$) і становив 2,28. У корів першої лактації тривалість сервіс-періоду дорівнювала 117,9 дня, тоді як у другу лактацію цей показник скоротився на 8,5 дня, або 7,9 % ($P < 0,05$). Встановлено тенденцію до взаємозв'язку між зниженням індексу осіменіння та скороченням тривалості сервіс-періоду: зі зменшенням індексу осіменіння у другу лактацію на 8,8 % тривалість сервіс-періоду скорочувалася на 7,9 %. Водночас зменшення тривалості сервіс-періоду у другу лактацію на 7,9 % супроводжувалося підвищенням молочної продуктивності корів на 7,2 %.

Визначено, що тривалість міжотельного періоду (МОП) у корів швіцької породи за першу лактацію становила 404,1 дня, тоді як за другу – була невірогідно меншою на 2,1 %. Відповідно коефіцієнт відтворювальної здатності, який безпосередньо залежить від тривалості міжотельного періоду, у першу лактацію становив 0,90, а у другу – був вищим на 2,2 %. Отримані значення коефіцієнта відтворювальної здатності в обох лактаціях наближалися до оптимального рівня – 1,0. Тривалість сухостійного періоду у дослідних корів в обох лактаціях перебувала в межах оптимальних значень і становила відповідно 66,4 та 64,5 дня.

Отже, за умов утримання на відкритих вигульних майданчиках корови швіцької породи добре адаптувалися до технологічних і кліматичних умов утримання і характеризуються достатньо високими показниками відтворювальної здатності. Отримані результати узгоджуються з біологічними особливостями тварин цієї породи та забезпечують реалізацію їхнього високого продуктивного потенціалу.

Ключові слова: корови, швіцька порода, відтворювальна здатність, сервіс-період, сухостійний період, міжотельний період, індекс осіменіння, утримання, відкриті вигульні майданчики.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Молочне скотарство є однією з провідних і стратегічно важливих галузей тваринництва України, яка значною мірою визначає рівень продовольчої безпеки держави, забезпечення населення повноцінними продуктами харчування та формує експортний потенціал аграрного сектору.

На сучасному етапі розвитку галузь молочного скотарства в Україні функціонує в умовах низки економічних, організаційних і технологічних труднощів. Серед основних проблем слід відзначити скорочення поголів'я великої рогатої худоби, нестабільність кормової бази, недостатній рівень селекційно-племінної роботи та технологічного забезпечення господарств, а також обмежений рівень державної підтримки галузі.

Отримання високоякісної та екологічно безпечної продукції тваринництва можливе лише за умови використання міцних і здорових тварин, здатних до тривалої виробничо-технологічної експлуатації. Однак окремі технологічні прийоми та умови утримання нерідко суперечать фізіологічним потребам організму тварин, що негативно впливає на їхній функціональний стан і, як наслідок, призводить до зниження відтворювальної здатності. Світовий досвід розвитку молочного скотарства свідчить про значні економічні втрати, зумовлені порушеннями відтворення стада та недосконалістю технології відтворення тварин. У зв'язку з цим одним із пріоритетних напрямів подальшої інтенсифікації молочного скотарства є підвищення ефективності відтворювальної функції корів до максимально можливого рівня, що забезпечить стабільне відтворення стада та реалізацію високого продуктивного потенціалу тварин.

Відтворювальна функція молочних корів залежить від комплексу генетичних, фізіологічних і технологічних чинників, серед яких важливе значення мають вік тварин, рівень господарської зрілості, регулярність прояву еструсу, тривалість міжотельного та сервіс-

періодів, рівень запліднюваності, породні й спадкові особливості, а також система утримання [1, 2, 3]. Окрім того, на показники відтворення істотно впливають сезон отелення, при цьому найбільш сприятливими вважаються осінньо-зимові отелення, а також так званий «ефект ферми», який охоплює сукупність умов годівлі, утримання, технології виробництва та рівня менеджменту в господарстві [4].

Останніми роками значна увага науковців приділяється вивченню репродуктивних показників корів за різних систем утримання, зокрема безприв'язної, прив'язної безвигульної та прив'язної вигульної. Результати досліджень свідчать, що прив'язне утримання корів у поєднанні з активним моціоном і використанням пасовищ у літній період є більш сприятливим для підвищення виходу телят, покращення індексу осіменіння та інших показників відтворювальної здатності тварин [2, 5].

У дослідженнях М. І. Когут і В. М. Братюк [3] наведено показники відтворювальної здатності корів-первісток західного внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи, отриманих у результаті різних варіантів підбору, – внутрішньолінійного та кросів ліній. За даними авторів, середня тривалість сервіс-періоду становила від 117 до 147,6, міжотельного періоду між першим і другим отеленнями – від 401,7 до 439,7 дня, а коефіцієнт відтворювальної здатності у корів різних кросів коливався в межах 0,83–0,91.

Аналіз тривалості сервіс-періоду в дослідженнях Л. А. Кальчук і Т. С. Попадюк [6], проведених на коровах-первістках чорно-рябої молочної породи, показав, що його тривалість коливалася в межах 100,8–152,3 дня, що перевищувало норму на 62–72 дні.

В. Г. Прудніков із співавт. [7] досліджували формування вітчизняного типу Абердин-ангуської м'ясної породи за умов цілорічного утримання тварин без використання приміщень на відкритих вигульних майданчиках. За результатами досліджень встановлено, що така система утримання не мала

негативного впливу на формування селекційно цінних ознак стада корів.

У дослідженнях О. Borshch та співавт. [8], проведених упродовж 2007–2021 років, вивчали особливості утримання корів на відкритих вигульних майданчиках у двох варіантах – із наявністю укриттів і без них. Установлено, що за утримання тварин на майданчиках без укриттів у періоди тривоги та небезпеки зменшувалися тривалість споживання корму, рівень енергоспоживання та продуктивність тварин на 8,77–13,74 % порівняно зі звичайним періодом утримання.

У дослідженнях S. Ruban та співавт. [9] встановлено, що рівнинна територія України характеризується помірно континентальним кліматом і поділяється на п'ять агрокліматичних зон. Автори зазначають, що перспективною технологією є безприв'язне утримання тварин у компостних корівниках у зимовий період, оскільки така система відповідає сучасним вимогам щодо забезпечення добробуту тварин.

Незважаючи на значний інтерес науковців до проблем відтворення великої рогатої худоби, питання ефективності утримання тварин на відкритих вигульних майданчиках в умовах України вивчене недостатньо. Особливо обмеженою є кількість досліджень, присвячених оцінці відтворювальних якостей молочної худоби за використання сучасних ресурсозберігаючих технологій утримання.

У зв'язку з цим актуальним і перспективним напрямом наукових досліджень є вивчення показників відтворювальної здатності молочної худоби в умовах сучасних технологій утримання, зокрема за цілорічного використання відкритих вигульних майданчиків.

Метою дослідження було вивчення показників відтворювальної здатності корів швіцької породи за умов цілорічного утримання на відкритих вигульних майданчиках.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у виробничих умовах сільськогосподарського підприємства ПП «Агро-Новоселівка 2009» Харківського району Харківської області у 2023–2025 роках на 25 коровах швіцької породи. Усі тварини утримувалися цілорічно на відкритих вигульних майданчиках із незмінною солом'яною підстилкою в умовах південної частини Лісостепу України. Годівлю тварин здійснювали двічі на добу повнораціонними кормовими сумішками із застосуванням спеціалізованого кормороздавача. Доїння корів проводили тричі на добу в доїльній залі з використанням доїльної установки «АДМ-8А».

Молочну продуктивність корів оцінювали за показниками надою за кожний місяць лактації та за повну лактацію. Відтворювальну здатність тварин вивчали за тривалістю сервіс-періоду, міжотельного (МОП) і сухостійного періодів, індексом осіменіння (кількість осіменінь у розрахунку на одне плідне осіменіння) та коефіцієнтом відтворювальної здатності (KBЗ):

$$KBZ = \frac{365}{МОП},$$

де 365 – кількість днів у році; МОП – середня тривалість міжотельного періоду, днів.

Норму реакції тварин у системі «генотип – середовище» визначали за індексом адаптації:

$$I = \frac{365 - МОП}{\text{Кількість молочного жиру}} \times 27,4,$$

де I – індекс адаптації; МОП – міжотельний період, діб; 27,4 – коефіцієнт.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel 2010 із застосуванням загальноприйнятих параметричних методів статистичного аналізу за умови нормального розподілу даних. При цьому визначали середню арифметичну величину (M), похибку середньої арифметичної (m) та рівень вірогідності отриманих результатів (P).

Результати дослідження та обговорення. Ефективність відтворення стада є одним із ключових чинників успішного ведення молочної скотарства. У зв'язку з цим основним завданням тваринницьких підприємств є створення оптимальних умов утримання та годівлі тварин, які забезпечують максимальну реалізацію їхнього генетичного потенціалу продуктивності та відтворення.

Впродовж останніх десятиліть в Україні найбільшого поширення набули такі породи молочної худоби продуктивності, як українська чорно-ряба молочна порода, українська червоно-ряба молочна порода, червона степова порода, голштинська порода тощо. Водночас швіцька порода великої рогатої худоби не набула такого широкого розповсюдження, хоча характеризується низкою цінних господарсько-корисних ознак.

За даними О. В.Кругляк [10], комбінована швіцька порода є однією з найдавніших порід у світі та була виведена в Швейцарії. Завдяки високій біологічній пластичності та добрій акліматизаційній здатності

в нових екологічних умовах швіцька худоба була поширена в багатьох країнах світу з різними природно-кліматичними і господарськими умовами.

Універсальність породи дає змогу використовувати тварин у м'ясо-молочному, молочно-м'ясному або молочному напрямках продуктивності. Для тварин цієї породи характерні міцна конституція, значні розміри тіла, добре здоров'я, скороспілість і тривале господарське використання. Окрім того, представники породи стійко передають нащадкам цінні господарсько-корисні ознаки. За рівнем продуктивності швіцька порода посідає одне з провідних місць серед молочних порід світу, поступаючись лише голштинській породі великої рогатої худоби. Середній надій корів становить 7147–7242 кг молока за вмісту жиру 4,15 % та білка – 3,49 %.

Незначна кількість досліджень присвячена вивченню взаємозв'язку між сезоном отелення корів, рівнем їхньої продуктивності та системою утримання тварин. У дослідженнях О. Є. Адміна із співавт. [11] встановлено, що сила впливу сезону отелення на надій за 305 днів лактації в середньому по господарствах становила 0,9 %. При цьому за безприв'язної системи утримання вплив сезону отелення був менш вираженим і становив 0,4 %, тоді як за прив'язного утримання цей показник коливався в межах 1,6–5,5 %. Сезонні відмінності у надоях первісток за прив'язного утримання становили 437–816 кг, а за безприв'язного – 192–283 кг ($p < 0,05$).

У дослідженнях E. G. Donkersloot et al. [12], проведених на молочній фермі в тропічних умовах Коста-Рики, вивчали корів із різними генотипами за алелем SLICK1 гена рецептора пролактину, асоційованого з підвищеною термостійкістю. Встановлено, що гомозиготні за алелем SLICK1 корови проду-

кували на 9 % більше молока (356 л) порівняно з гетерозиготними тваринами.

З метою максимальної реалізації генетичного потенціалу тварин у сільськогосподарських підприємствах застосовуються сучасні технології утримання та годівлі. Основним господарсько корисним критерієм, за яким здійснюють оцінку та відбір великої рогатої худоби, є продуктивність. Ефективне ведення галузі молочного скотарства потребує комплексного дослідження всіх аспектів селекційно-племінного процесу. У зв'язку з цим установлення факторів, що впливають на продуктивність тварин, залишається актуальним напрямом наукових досліджень [13].

Про достатній рівень адаптації корів до технології утримання на відкритих вигульних майданчиках свідчать показники їхньої відтворювальної здатності (табл. 1).

З наведених даних видно, що продуктивність корів перебувала на достатньо високому рівні як за надоем молока, так і за виходом молочного жиру та білка. Водночас у другу лактацію всі показники продуктивності були вищими: надій на корову за лактацію – на 7,2 % ($P < 0,05$), виробництво молочного жиру – на 9,7 % ($P < 0,05$), молочного білка – на 8,4 % ($P < 0,05$). Вихід молочного жиру та також характеризувався високими значеннями, однак у другу лактацію ці показники були вірогідно вищими відповідно на 9,6 % та 8,6 % ($P < 0,05$).

Слід зазначити, що у дослідженнях на коровах швіцької породи С. Г. Піщан і К. А. Силиченко [14] встановили аналогічну тенденцію: у першу лактацію надій становив 10554 кг, а у другу – був вищим на 0,9 %. Водночас продукування молочного білка та жиру за обидві лактації залишалося практично на одному рівні – 370,7–374,1 кг та 329,3–337,5 кг відповідно.

Таблиця 1 – Показники відтворювальної здатності корів швіцької породи

Показник	Перша лактація	Друга лактація
Надій за лактацію, кг	8215,6±283,3	8810,2±284,6**
Молочний жир, кг	374,0±13,7	410,3±16,7**
Молочний білок, кг	297,6±14,1	322,6±13,2**
Індекс осіменіння	2,48±0,58	2,28±0,51**
Сервіс-період, днів	117,9±6,3	109,4±5,7**
Сухостійний період, днів	66,4±4,1	64,5±4,0
Міжотельний період, днів	404,1±8,5	395,6±6,6
Коефіцієнт відтворної здатності	0,90±0,019	0,92±0,016
Індекс адаптації	-2,85±0,06	-1,93±0,04*

Примітка: * – $P < 0,01$; ** – $P < 0,05$.

Аналіз репродуктивної функції корів швіцької породи показав, що з віком більшість показників мали тенденцію до покращення. Зокрема, індекс осіменіння характеризувався відносно невисокими значеннями, однак у другу лактацію він зменшився на 8,8 % ($P < 0,05$) і становив 2,28. Незважаючи на те, що оптимальним вважається рівень цього показника в межах 1,0–1,5 дози сперми [15], в умовах промислового комплексу «Скатеринославський» у корів швіцької породи він досягав 3,54, що у 1,5 рази перевищувало значення, отримані в наших дослідженнях [16].

У дослідженнях С. Г. Піщана та К. А. Силиченко [14] також встановлено у 1,5 рази вищі коефіцієнти осіменіння в усіх чотирьох лактаціях швіцьких корів. Однак у дослідженнях О. О. Борща [17] на коровах української червоно-рябої молочної породи індекс осіменіння за першу лактацію вони становив 1,64, за другу – 1,83, тоді як у помісних червоно-рябих корів із монбельярдами відповідні показники дорівнювали 1,48 та 1,77.

Відомо, що плідне осіменіння корів можливе лише після досягнення ними максимального добового надою за лактацію. До цього періоду в організмі тварин переважає лактаційна домінанта, яка пригнічує прояв відтворної функції. Тому високопродуктивні корови досягають піку добового надою у пізніші строки після отелення порівняно з тваринами, що характеризуються нижчим рівнем молочної продуктивності [18].

Тривалість сервіс-періоду значною мірою зумовлюється паратиповими чинниками, зокрема умовами годівлі й утримання тварин, рівнем кваліфікації техніки з відтворення стада, дотриманням технології штучного осіменіння, своєчасністю виявлення охоти та іншими факторами. Показник індексу осіменіння суттєво впливав на тривалість сервіс-періоду у тварин обох груп. За даними різних дослідників, оптимальна тривалість сервіс-періоду повинна становити 70–85 діб або 80–120 діб.

Як видно з даних таблиці 1, у дослідних корів за першу лактацію тривалість сервіс-періоду становила 117,9 доби, тоді як у другу лактацію вона була коротшою на 8,5 доби, або 7,9 % ($P < 0,05$). Встановлено тенденцію, відповідно до якої зниження індексу осіменіння у другу лактацію на 8,8 % супроводжувалося скороченням сервіс-періоду на 7,9 %. Окрім того, зменшення тривалості сервіс-періоду у другу лактацію на 7,9 % сприяло підвищенню молочної продуктивності корів на 7,2 %.

Слід зазначити, що порівняння отриманих нами результатів із даними інших досліджень

виявило аналогічну тенденцію. Зокрема, у дослідженнях С. Г. Піщана та К. А. Силиченко [14] тривалість сервіс-періоду впродовж чотирьох лактацій становила 117,8–120,0 днів. За даними І. О. Рубцова [19], у корів української чорно-рябої молочної породи сервіс-період був майже на 20 днів довшим, а сухостійний період – на 7 днів тривалишим порівняно з коровами швіцької породи. Водночас міжотельний період (МОП) як у корів-первісток швіцької, так і української чорно-рябої порід був тривалишим порівняно з II, III та IV лактаціями, хоча у швіцьких корів його тривалість була меншою лише на 3,15 %. За даними Ю. П. Полупана із співавт. [5], упродовж 2002–2021 років тривалість сервіс-періоду за першою лактацією у корів української червоно-рябої породи становила 149 днів, а української чорно-рябої – 172 дні. Відповідно тривалість міжотельного періоду у цих порід становила 430 та 452 дні.

За даними Р. В. Ставецької та О. В. Бойко [20], рівень відтворних показників корів української чорно-рябої молочної породи у ТОВ АФ «Матюші» має тенденцію до покращення з віком тварин. Оптимальною тривалістю сервіс-періоду корів в умовах цього господарства є 91–120 днів. Зі збільшенням тривалості сервіс-періоду відзначено підвищення надою, а також виходу молочного жиру і білка за лактацію, що, однак, супроводжується погіршенням відтворних показників та зростанням індексу осіменіння. Між зазначеними показниками встановлено додатний кореляційний зв'язок слабкої і середньої сили ($r = +0,12...+0,51$).

Важливим показником відтворювальної здатності корів є тривалість міжотельного періоду. Оптимальна тривалість періоду між отеленнями повинна становити 365 днів за сервіс-періоду 80–85 днів і сухостійного періоду – 60 днів [15]. У нашому дослідженні тривалість міжотельного періоду в обох лактаціях незначно перевищувала фізіологічно обґрунтовану норму. Так, за першої лактації МОП становив 404,1 дня, а за другої – був невірогідно меншим на 2,1 %. Відповідно коефіцієнт відтворної здатності, який безпосередньо залежить від тривалості міжотельного періоду, за першої лактації становив 0,90, а за другої – був вищим на 2,2 %. Таким чином, в обох випадках значення коефіцієнта наближались до оптимального рівня – 1,0.

За повідомленнями Ю. П. Полупана із співавт. [5], у корів української червоно-рябої та української чорно-рябої молочних порід коефіцієнт відтворної здатності становив

0,89 і 0,85 відповідно, а тривалість періоду між першим і другим отеленнями досягала 436 днів.

Тривалість сухостійного періоду у дослідних корів за обох лактацій перебувала в межах оптимального значення і становила 66,4 та 64,5 дня відповідно. У дослідженнях С. Г. Піщана та К. А. Силиченко [14] на коровах швіцької породи тривалість сухостійного періоду була меншою порівняно з отриманих нами даними: за першої лактації – на 4,8 дня, за другої – на 2,3 дня.

За даними К. А. Силиченко [21], у корів швіцької породи тривалість сухостійного періоду за першої лактації становив 61,3 дня, за другої – 61,5, третьої – 62,3, четвертої – 62,9 дня, що в середньому лише на 4,0–4,7 % менше порівняно з нашими показниками.

Як повідомляють О. Vorshch et al. [22], у корів української червоно-рябої молочної породи тривалість сухостійного періоду за першої лактації становила 63 дні, за другої – 70 днів. У помісних червоно-рябих і монбельярдських корів спостерігалася аналогічна тенденція, при цьому зазначений показник становив відповідно 62 та 67 днів.

М. С. Пелехатий і М. В. Осипенко [23] досліджували вплив тривалості сервіс-періоду на молочну продуктивність і відтворну здатність корів голштинської породи чорно-рябої масті. Авторами встановлено, що зі збільшенням сервіс-періоду підвищується і рівень молочної продуктивності. Найвищий надій за 305 днів лактації було отримано від корів із тривалістю сервіс-періоду понад 140 днів.

Водночас від корів-первісток із тривалістю сервіс-періоду в межах 80–140 днів було одержано 9546 кг молока за 305 днів лактації, при цьому у тварин спостерігалися показники відтворної здатності, характерні для голштинської породи.

Як зазначають Р. В. Ставецька і О. В. Бойко [20], відтворні показники корів української чорно-рябої молочної породи мають тенденцію до покращення з віком. Аналогічної думки дотримуються О. О. Борщ із співавт. [22], які відзначають тенденцію до скорочення тривалості сервіс- і міжотельного періодів із віком корів як української червоно-рябої молочної породи, так і їхніх помісей із монбельярдською породою.

Інтегральним показником, який характеризує пристосованість тварин до певної технології виробництва молока, є індекс адаптації. За даними Т.В. Засухи із співавт. [24] та Й. З. Сірацького із співавт. [25], максимальне значення цього індексу може становити

+37,0, а мінімальне – -192,0. За оптимальної тривалості міжотельного періоду на рівні 365 днів індекс адаптації дорівнює нулю. Від'ємний значення індексу свідчить про порушення балансу між організмом тварини та умовами середовища.

Проведений аналіз продуктивних якостей корів швіцької породи показав, що індекс адаптації мав незначне від'ємне значення, що вказувало на певне порушення балансу між організмом тварин і середовищем їхньої експлуатації. Це можна пояснити тим, що в умовах помірно континентального клімату Сходу України тварини як у зимовий, так і в літній періоди утримувалися на відкритому повітрі без використання приміщень.

Так, за першої лактації індекс адаптації у дослідних корів становив -2,85 одиниці, а за другої – був у 1,5 раза вірогідно нижчим ($P < 0,01$). Отже, з віком тварин їхня адаптаційна здатність до впливу факторів зовнішнього середовища посилювалася. Водночас, з огляду на високі показники відтворної здатності та продуктивних якостей корів швіцької породи, слід зазначити, що ця порода може ефективно використовуватися в умовах цілорічного утримання на відкритих вигульних майданчиках.

Висновки. Отже, дослідження технології цілорічного утримання корів швіцької породи в умовах відкритих вигульних майданчиків виявило достатньо високий рівень адаптаційної здатності тварин до умов помірно континентального клімату Лісостепової зони Сходу України. При цьому показники відтворювальної здатності були наближені до фізіологічно обґрунтованої норми для цієї породи, а тривалість сухостійного періоду перебувала в межах оптимальних значень – 64,5 та 66,4 дня.

Встановлено тенденцію до покращення відтворювальної функції корів швіцької породи з віком. Зокрема, у другій лактації спостерігалася зменшення індексу осіменіння на 8,8 % та скорочення тривалості сервіс-періоду на 8,5 дня (7,9 %), що супроводжувалося підвищенням молочної продуктивності корів на 7,2 %.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу способу утримання корів на відкритих вигульних майданчиках на адаптивну поведінку, морфофункціональні властивості вимені, а також спадковість продуктивних і відтворних ознак корів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуцуляк Г.С. Відтворна здатність голштинських корів різного віку в умовах інтенсивної технології виробництва молока. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-

- економічного університету. 2016. № 2 (40). С. 76–79. URL:<https://dspace.dsau.dp.ua/server/api/core/bitstreams/a7f45b32-f64c-47e8-9ecf-fc8b2c976edc/content>
2. Поліщук Т.В. Відтворна здатність корів в залежності від системи утримання та часу отелу. Збірник наукових праць ВНАУ. 2011. № 8 (48). С. 88–92. URL:<https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/4945.pdf>
3. Когут М.І., Братюк В.М. Відтворна здатність корів-первісток, отриманих при різних варіантах лінійного підбору. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2021. Вип. 69 (1). С. 194–206. DOI:10.32636/01308521.2021-(69)-13
4. Сезонні зміни продуктивності первісток за різних умов утримання / О.Є. Адмін та ін. Науково-технічний бюлетень ІТ НААН. 2022. № 128. С. 61–71. DOI:10.32900/2312-8402-2022-128-61-71
5. Полупан Ю.П., Мельник Ю.Ф., Бірюкова О.Д., Прийма С.В. Ріст, відтворювальна здатність і продуктивність корів різних порід, методів підбору і походження за батьком. Розведення і генетика тварин. 2022. Вип. 63. С. 91–110. DOI:10.31073/abg.63.09
6. Кальчук Л.А., Попадюк Т.С. Продуктивні та відтворні якості корів-первісток різного походження. Бюлетень Сумського національного аграрного університету, серія «Тваринництво». 2014. Вип. 2/2 (25). С. 52–56.
7. Особливості формування будови тіла корів абердин-ангуської м'ясної породи вітчизняної селекції / В.Г. Прудніков та ін. Ветеринарія, технології тваринництва та природокористування. 2024. № (9). С. 9–16. DOI:10.31890/vttp.2024.09.01
8. Borshch O., Prudnikov V. Ruban S., Matvieiev M. Cow behaviour and milk yield during different categories temperature-humidity indices. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 2024. Vol. 35 (1). DOI:10.15381/rivep.v35i1.25305
9. Ruban S., Danshyn V., Pryima S., Sorak D. Meat cattle breeding in Ukraine (climate impact, breeding features, efficiency improvement strategies). *Journal of Animal Science and Food Technology*. 2024. Vol. 15 (3). P. 72–86. DOI:10.31548/animal.3.2024.72
10. Кругльак О.В. Генетичні ресурси молочного скотарства України. *Економіка АПК*. 2018. № 1. С. 33–40. URL:https://eapk.com.ua/web/uploads/pdf/eapk_2018_01_p_5_99-33-39.pdf
11. Dependence of milk productivity and reproductive capacity of cows on their growth intensity under different conditions of maintenance / O.Y. Admin et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2025. Vol. 16. No 3. DOI:10.15421/0225098
12. The relative milk production of dairy cattle in tropical Costa Rica that are heterozygous and homozygous for the SLICK1 allele / E.G. Donkersloot et al. *JDS Communications*. 2025. Vol. 6 (5). P. 710–713. DOI:10.3168/jdsc.2025-0810
13. Підпала Т.В., Ясєвін С.Е. Інтенсивна технологія виробництва молока. *Тваринництво сьогодні*. 2021. № 7. С. 18–24.
14. Піщан С.Г., Сіліченко К.А. Характеристика молочної продуктивності та годівлі корів швіцької породи осінньо-зимового отелення. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 120. С. 221–237. DOI:10.32851/2226-0099.2021.120.29
15. Рубан С.Ю., Борщ О.В., Борщ О.О., Клочков В.Н. Сучасні технології виробництва молока (особливості експлуатації, технологічні рішення, ескізні проекти) / за ред. С.Ю. Рубана. Харків: ФОП Бровін О.В., 2017. 172 с.
16. Піщан І.С. Адаптація голштинських та швіцьких корів до промислової технології виробництва молока. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2020. Vol. 8 (2). С. 111–118. DOI:10.32819/2020.82015
17. Борщ О. Відтворні ознаки корів різного походження і віку. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2021. Вип. 100. С. 141–147. DOI:10.37000/abbsl.2021.100.24106–111.
18. Ставецька Р.В. Вплив тривалості сервіс-періоду на продуктивні та інші показники відтворної здатності корів. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2012. Вип. 4 (62). С. 106–111.
19. Рубцов І.О. Особливості формування молочної продуктивності корів сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. Вип. 7 (30). С. 94–99.
20. Ставецька Р.В., Бойко О.В. Вплив тривалості сервіс-періоду на показники молочної продуктивності та господарського використання молочних корів. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: зб. наук. праць ВНАУ*. 2015. Вип. 2 (120). С. 205–210. URL:<http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/1726>
21. Сіліченко К.А. Молочна продуктивність корів швіцької породи весняно-літнього отелення з урахуванням особливостей їх добового раціону. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 121. С. 204–226. DOI:10.32851/2226-0099.2021.121.29
22. Пелехатий М.С., Осипенко М.В. Вплив тривалості сервіс-періоду на молочну продуктивність та відтворну здатність корів. *Журнал науковий огляд*. 2016. № 9 (30). С. 92–98. URL:<https://naukajournal.org/index.php/naukajournal/article/view/950/1088>
23. Розведення сільськогосподарських тварин з основами спеціальної зоотехнії / Т.В. Засуха та ін. Київ: Аграрна наука, 1999. 512 с.
24. Сірацький Й.З., Меркушин В.В., Федорович Є.І., Данилків Я.Н. Методи оцінки адапційної здатності тварин. *Методики наукових досліджень із селекції, генетики та біотехнології в тваринництві*. Київ: Аграрна наука, 2005. С. 75–77.

REFERENCES

1. Hutsuliak, G.S. (2016). Vidtvorna zdatsnist' holshtyns'kykh koriv riznoho viku v umovakh intensyvnoyi tekhnolohiyi vyrobnytstva moloka [Reproductive ability of Holstein cows of different ages under conditions of intensive milk production technology]. *Visnyk Dniprovs'koho ahrarno-ekonomichnoho universytetu* [Bulletin of the Dnipro Agrarian and Economic University], no. 2 (40), pp. 76–79. Available at: <https://dspace.dsau.dp.ua/server/api/core/bitstreams/a7f45b32-f64c-47e8-9ecf-fc8b2c976edc/content> (In Ukrainian).
2. Polishchuk, T.V. (2011). Vidtvorna zdatsnist' koriv v zalezhnosti vid systemy utrymannya ta chasu otelu [Reproductive ability of cows depending on the housing system and calving time]. *Zbirnyk naukovykh prats' VNAU* [Collection of Scientific Papers of VNAU], no. 8 (48), pp. 88–92. Available at: <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/4945.pdf> (In Ukrainian).
3. Kohut, M.I., Bratyuk, V.M. (2021). Vidtvorna zdatsnist' koriv-pervistok, otrymanykh pry riznykh variantakh liniynoho pidboru [Reproductive ability of primiparous cows obtained by different variants of linear selection]. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynnytstvo* [Foothill and mountain agriculture and livestock], Issue 69 (1), pp. 194–206. DOI:10.32636/01308521.2021-(69)-13 (In Ukrainian).
4. Admin, O., Admina, N., Trishyn, O., Piskun, V., Osipenko, T., Panchenko, O. (2022). Sezonnii zminy produktyvnosti pervistok za riznykh umov utrymannya [Seasonal changes in the productivity of first-born cows under different conditions of maintenance]. *Naukovo-tekhnichnyy byuletyn Instytutu tvarynnytstva NAAN* [Scientific and technical bulletin of the Institute of Animal Husbandry of the NAAS], no. 128, pp. 61–71. DOI:10.32900/2312-8402-2022-128-61-71 (In Ukrainian).
5. Polupan, Yu.P., Melnyk, Yu.F., Biryukova, O.D., Pryima, S.V. (2022). Rist, vidtvoryuval'na zdatsnist' i produktyvnist' koriv riznykh porid, metodiv pidboru i pokhodzhennya za bat'kom [Growth, reproductive ability and productivity of cows of different breeds, selection methods and origin by father]. *Rozvedennya i henetyka tvaryn* [Animal breeding and genetics], Issue 63, pp. 91–110. DOI:10.31073/abg.63.09 (In Ukrainian).
6. Kalchuk, L.A., Popadiuk, T.S. (2014). Produktyvni ta vidtvorni yakosti koriv-pervistok riznoho pokhodzhennya [Productive and reproductive qualities of first-born cows of different origins]. *Bjuletyn Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu*. *Seriya «Tvarynnytstvo»* [Series «Animal Husbandry»], Issue 2/2 (25), pp. 52–56. (In Ukrainian).
7. Prudnikov, V.G., Kolisnyk, O.I., Kryvoruchko, Yu.I., Bodnarchuk, I.M., Didykina, A.I., Nagorny, S.A. (2024). Osoblyvosti formuvannya budovy tyla koriv aberdyn-anhus'koyi m'iasynoyi porody vitchyznyanoyi selektsiyi [Peculiarities of the formation of the body structure of Aberdeen-Angus beef cows of domestic selection]. *Veterynariya, tekhnolohiyi tvarynnytstva ta pryrodokorystuvannya* [Veterinary Medicine, Animal Husbandry Technologies and Environmental Management], no. (9), pp. 9–16. DOI:10.31890/vttp.2024.09.01 (In Ukrainian).
8. Borshch, O., Prudnikov, V., Ruban, S., Matvieiev, M. (2024). Cow behaviour and milk yield during different categories temperature-humidity indices. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, Vol. 35 (1). DOI:10.15381/rivep.v35i1.25305
9. Ruban, S., Danshyn, V., Pryima, S., Sorak, D. (2024). Meat cattle breeding in Ukraine (climate impact, breeding features, efficiency improvement strategies). *Journal of Animal Science and Food Technology*, Vol. 15 (3), pp. 72–86. DOI:10.31548/animal.3.2024.72
10. Kruglyak, O.V. (2018). Henetychni resursy molochnoho skotarstva Ukrayiny [Genetic resources of dairy cattle breeding in Ukraine]. *Ekonomika APK* [Economics of the Agricultural Industry], no. 1, pp. 33–40. Available at: https://eapk.com.ua/web/uploads/pdf/eapk_2018_01_p_5_99-33-39.pdf (In Ukrainian).
11. Admin, O.Y., Admina, N.G., Paliy, A.P., Pavlichenko, O.V., Panasenko, O.S., Fotina, H.A., Kovalenko, L.M., Risovaniy, V.I. (2025). Dependence of milk productivity and reproductive capacity of cows on their growth intensity under different conditions of maintenance. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, Vol. 16, no. 3. DOI:10.15421/0225098
12. Donkersloot, E.G., Winkelman, A.M., Leathwick, I.L., Arias, J.A., Manuel-Sanchez, J., Spelman, R.J., Davis, S.R. (2025). The relative milk production of dairy cattle in tropical Costa Rica that are heterozygous and homozygous for the SLICK1 allele. *JDS Communications*, Vol. 6 (5), pp. 710–713. DOI:10.3168/jdsc.2025-0810
13. Pidpala, T.V., Yasevin, S.E. (2021). Intensyvna tekhnolohiya vyrobnytstva moloka [Intensive technology of milk production]. *Tvarynnytstvo s'ohodni*. [Livestock farming today], no. 7, pp. 18–24 (In Ukrainian).
14. Pishchan, S.G., Silichenko, K.A. (2021). Kharakterystyka molochnoyi produktyvnosti ta hovidli koriv shvits'koyi porody osinn'o-zymovoho otelelnya [Characteristics of milk productivity and feeding of Swiss breed cows of autumn-winter calving]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk* [Tavria Scientific Bulletin], no. 120, pp. 221–237. DOI:10.32851/2226-0099.2021.120.29 (In Ukrainian).
15. Ruban, S.Yu., Borshch, O.V., Borshch, O.O., Klochkov, V.N. (2017). Suchasni tekhnolohii vyrob / za red. S.Yu. Rubana [Modern technologies of milk production (features of operation, technological solutions, draft projects) / ed. by S. Yu. Ruban]. *Kharkiv: FOP Brovin O.V.*, 172 p. (In Ukrainian).

16. Pishchan, I.S. (2020). Adaptatsiya holshytyns'kykh ta shvits'kykh koriv do promyslovyi tekhnolohiyi vyrobnytstva moloka [Adaptation of Holstein and Swiss cows to industrial milk production technology]. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, Vol. 8 (2), pp. 111–118. DOI:10.32819/2020.82015 (In Ukrainian).

17. Borshch, O. (2021). Vidtvorni oznaky koriv riznogo pokhodzhennya i viku [Reproductive traits of cows of different origin and age]. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria [Agrarian Bulletin of the Black Sea Region]*, Issue 100, pp. 141–147. DOI:10.37000/abbsl.2021.100.24 (In Ukrainian).

18. Stavetska, R.V. (2012). Vplyv tryvalosti servis-periodu na produktyvni ta inshi pokaznyky vidtvornoyi zdatnosti koriv [The influence of the duration of the service period on the productive and other indicators of the reproductive ability of cows]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU [Collection of scientific works of the Vinnytsia National Agrarian University]*, Issue 4 (62), pp. 106–111 (In Ukrainian).

19. Rubtsov, I.O. (2013). Osoblyvosti formuvannya molochnoyi produktyvnosti koriv sums'koho vnutrishn'oporodnogo typu ukrayins'koyi chorno-ryaboyi molochnoyi porody [Peculiarities of the formation of milk productivity of cows of the Sumy intrabreed type of the Ukrainian black-and-white dairy breed]. *Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]*, Issue 7 (30), pp. 94–99 (In Ukrainian).

20. Stavetska, R.V., Boyko, O.V. (2015). Vplyv tryvalosti servis-periodu na pokaznyky molochnoyi produktyvnosti ta hospodars'koho vykorystannya molochnykh koriv [The influence of the duration of the service period on the indicators of milk productivity and economic use of dairy cows]. *Tekhnolohiya vyrobnytstva i pererobky produktsiyi tvarynnytstva: zbirnyk naukovykh prats' BNAU [Technology of production and processing of livestock products: collection of scientific works of the Bila Tserkva National Agrarian University]*, Issue 2 (120), pp. 205–210. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/1726> (In Ukrainian).

21. Silichenko, K.A. (2021). Molochna produktyvnist' koriv shvits'koyi porody vesnyano-litn'oho otelelnya z urakhuvannyam osoblyvostey yikh dobovoho ratsionu [Milk productivity of Swiss breed cows of spring-summer calving taking into account the peculiarities of their daily diet]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk [Tavria Scientific Bulletin]*, no. 121, pp. 204–226. DOI:10.32851/2226-0099.2021.121.29 (In Ukrainian).

22. Pelekhaty, M.S., Osypenko, M.V. (2016). Vplyv tryvalosti servis-periodu na molochnu produktyvnist' ta vidtvornu zdatnist' koriv [The influence of the duration of the service period on the milk

productivity and reproductive ability of cows]. *Zhurnal naukovyi ohliad [Scientific Review Journal]*, no. 9 (30), pp. 92–98. Available at: <https://naukajournal.org/index.php/naukajournal/article/view/950/1088> (In Ukrainian).

23. Zasuha, T.V., Zubets, M.V., Siratskyi, Yo.Z., Tymchenko, O.H., Pakholok, A.A. (1999). *Rozvedennia silskohospodarskykh tvaryn z osnovamy spetsialnoi zootekhonii [Breeding of agricultural animals with the basics of special zootechnics]*. Kyiv: Agrarian Science, 512 p. (In Ukrainian).

24. Siratskyi, Y.Z., Merkusyn, V.V., Fedorovych, Ye.I., Danylkiv, Ya.N. (2005). *Metody otsinky adaptatsiinoi zdatnosti tvaryn [Methods for assessing the adaptive capacity of animals]*. *Metodyky naukovykh doslidzen iz selektsii, henetyky ta biotekhnolohii u tvarynnytstvi [Research methods in breeding, genetics and biotechnology in livestock]*. Kyiv: Agrarian Science, pp. 75–77. (In Ukrainian).

Reproductive performance of brown swiss cows under year-round open-air housing conditions

Prudnikov V., Kolisnyk O., Mikhalchenko S., Batyr R., Didykina A.

This article presents the results of research into the reproductive performance of Swiss cows kept year-round in open-air paddocks. The study was conducted at the Private Enterprise «Agro-Novoselivka 2009» of Kharkiv District, Kharkiv Region, during 2023–2025.

It has been established that the reproductive performance of dairy cows is influenced by a range of factors, including breed and genetic characteristics, the animals' age, the regularity of oestrus, the duration of the inter-calving and service periods, fertility rates, the housing system, and the so-called «farm effect».

It was found that, due to their high biological plasticity and good acclimatisation ability in the eastern part of the Forest-Steppe zone of Ukraine, Swiss cows exhibited high milk production rates in both their first lactation (8215,6 kg) and second lactation (8810,2 kg). At the same time, the cows' adaptation index was negative, standing at -2,85 and -1,93 units respectively, which deviates slightly from the optimal level (0,0) and indicates a slight imbalance between the environmental conditions and the organism of the experimental animals.

It was found that the insemination index for Swiss cows was relatively low, and in the second lactation it decreased by 8,8 % ($P < 0,05$) to 2,28. In first-lactation cows, the service interval lasted 117,9 days, whereas in the second lactation this figure decreased by 8,5 days, or 7,9 % ($P < 0,05$). A trend was observed towards a correlation between a decrease in the insemination index and a reduction in the duration of the service period: as the insemination index decreased by 8,8 % in the second lactation, the duration of the service period was reduced by 7,9 %. At the same time, a 7,9 % reduction in the duration of

the service interval during the second lactation was accompanied by a 7,2 % increase in the milk yield of the cows.

It was established that the duration of the intercalving period (ICP) in Swiss cows during the first lactation was 404,1 days, whilst during the second lactation it was 2,1 % shorter, although this difference was not statistically significant. Accordingly, the reproductive efficiency coefficient, which directly depends on the duration of the intercalving period, was 0,90 during the first lactation and 2,2 % higher during the second. The reproductive efficiency coefficients obtained for both lactations were close to the optimal level of 1,0. The duration of the dry period in the

experimental cows in both lactations was within the optimal range and amounted to 66,4 and 64,5 days, respectively.

Thus, when kept in open-air paddocks, Swiss cows have adapted well to the husbandry and climatic conditions and demonstrate a relatively high level of reproductive performance. The results obtained are consistent with the biological characteristics of this breed and ensure that their high productive potential is realised.

Keywords: cows, Swiss breed, reproductive performance, service interval, dry period, intercalving interval, insemination index, husbandry, open-air paddocks.



Copyright: Прудніков В.Г. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Прудніков В.Г.

Михальченко С.А.

Батир Р.Ю.

Дидикіна А.І.

<https://orcid.org/0000-0001-9318-2015>

<https://orcid.org/0009-0007-6176-3537>

<https://orcid.org/0000-0003-3183-8458>

<https://orcid.org/0000-0002-3203-6222>


ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 606:628.3/4

Каскадна біотехнологія культивування спіруліни

Сенчук М.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Сенчук М.М. E-mail: m.m.senchuk@gmail.com

Сенчук М.М. Каскадна біотехнологія культивування спіруліни. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 80–90.

Senchuk M.M. Cascade biotechnology for spirulina cultivation. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 80–90.

Рукопис отримано: 20.01.2026 р.

Прийнято: 02.02.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-80-90

ISSN 2310-9289

Спіруліна (*Spirulina platensis*) є кормовою і харчовою сировиною, в якій міститься 50-70% білка, до 8% жиру, 20% вуглеводів. Вона має збалансований амінокислотний склад, вітаміни А (29 мкг/100 г), Е (5 мг/100 г), К (25,5 мкг/100 г), В1 (2,4 мг/100 г), В2 (3,7 мг/100 г), а також залізо (28,5 мг/100 г), магній (195 мг/100 г), натрій (1048 мг/100 г), мідь (6,1 мг/100 г), марганець (1,9 мг/100 г).

Виробництво спіруліни є безвідходним і екологічно безпечним процесом. У ході культивування як єдиний побічний продукт утворюється кисень, що виділяється внаслідок фотосинтетичної активності.

В Україні вирощування спіруліни має обмежений характер через недосконалість технологічних підходів.

Визначено, що одним із основних технологічних параметрів роботи фотореактора для вирощування спіруліни є швидкість розведення, який впливає на продуктивність установки.

Тому вдосконалення технологічного регламенту біотехнології вирощування спіруліни з використанням установки каскадного типу є актуальним.

Розроблено фотореактор для вирощування спіруліни каскадного типу. Установка складається з ємності, стічних поверхонь, фітоопромінювачів, насоса, компресора, змішувачів, барботажу, теплообмінника, патрубків для заповнення бака розчином і відбирання суспензії, патрубка для відведення газоповітряної суміші, вуглекислотного балона.

Її основні параметри:

- температурний режим роботи установки – 20-30°C;
- об'ємна подача насоса, – до 12 м³/год;
- режим роботи – безперервний;
- кількість каскадів – 14;
- освітлювальна робоча поверхня фотореактора – 8,82 м²;
- загальна площа освітлювальної робочої поверхні фотореактора – 124 м²;
- об'єм суспензії в одному каскаді – 0,529 м³;
- об'єм суспензії в каскадах фотореактора – 7,42 м³;
- об'єм суспензії у фотореакторі – 8,52 м³;
- установлена потужність – 17,1 кВт;
- габаритні розміри: висота – 5,8 м, ширина – 2,1 м, довжина – 4,2 м.

Вирощування культури здійснювалося в безперервному режимі за швидкостей 0,02 год⁻¹ і 0,04 год⁻¹.

За швидкості розведення 0,02 год⁻¹ спостерігалось зростання концентрації абсолютно сухої біомаси з 1,4 до 2,9 г/л. Культура підтримувалася в стаціонарному стані. Підвищення швидкості розведення до 0,04 год⁻¹ призводить до зменшення концентрації абсолютно сухої біомаси спіруліни в культуральному середовищі з 2,6 до 1,1 г/л протягом періоду вирощування внаслідок вимивання клітин.

За швидкості розведення 0,02 год⁻¹ водневий показник рН був стабільним у межах 9,1. Стабільний рН – ознака оптимального режиму культивування. Повільне надходження свіжого поживного середовища забезпечує баланс між поглинанням CO₂ клітинами та буферною ємністю середовища, що призводить до входження системи в квазістаціонарний стан.

За швидкості розведення 0,04 год⁻¹ значення рН зросло з 9,1 до 10,2, що свідчить про порушення фізіолого-біохімічного балансу культури, оскільки у процесі росту вона зменшує концентрацію вугільної кислоти, внаслідок чого середовище стає більш лужним (рН зростає).

На основі проведених досліджень удосконалено технологічний регламент вирощування спіруліни у фотореакторі каскадного типу.

Ключові слова: спіруліна, фотореактор, біотехнологія, біомаса, водорості, живильне середовище.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У сучасних умовах розвитку біотехнології зростає актуальність досліджень, спрямованих на створення ресурсощадних та екологічно сталих систем біосинтезу біомаси з високою доданою вартістю. Зростання попиту на альтернативні джерела білка, біологічно активні сполуки та функціональні інгредієнти для харчової, фармацевтичної й кормової промисловостей зумовлює необхідність удосконалення наявних технологій культивування мікробіодоростей.

Спіруліна (*Spirulina (Arthrospira) platensis*) є однією з найперспективніших промислових мікробіодоростей завдяки високому вмісту білка, пігментів (зокрема фікоціаніну), вітамінів та антиоксидантів і характеризується високою харчовою цінністю [1, 2].

Основні біологічно активні компоненти спіруліни – білок, сульфатовані полісахариди та γ -ліноленова кислота – відіграють важливу роль у поліпшенні функціонального стану організму людини. Окрім того, експериментальні дані свідчать про її імуномодулювальні та протівірусні властивості. Встановлено також, що спіруліна є перспективною кормовою та харчовою сировиною, яка характеризується високим вмістом білка, збалансованим амінокислотним складом і значним вмістом вітамінів та мінеральних речовин [1, 3, 4].

Спіруліна виробляється у вигляді дрібнодисперсного розсипного порошку або паста та характеризується прісним або ледве солоним смаком із типовим для водоростей запахом, а також зеленим або синьо-зеленим кольором. Вологість порошку спіруліни становить близько 10%, частка сухої речовини – 90%, а розмір твердих частинок – 6-8 мк [5].

Амінокислотний склад спіруліни є близьким до складу білків тваринного походження. Вміст білка у спіруліні становить 50-70% [1,

6], жиру – до 8%, вуглеводів – близько 20%). Вона містить незамінні амінокислоти [3,4,6], мінеральні речовини (зокрема залізо), незамінні жирні кислоти, вітаміни та пігменти.

Масова частка окремих компонентів у 100 г порошку спіруліни, мг: вітамін А – 0,029, вітамін Е – 5,0, вітамін К – 0,025, вітамін В1 – 2,4, вітамін В2 – 3,7, залізо – 28,5, магній – 195,0, натрій – 1048,0 мг, мідь – 6,1 мг, марганець – 1,9 [7, 8].

За вмістом каротину і вітамінів групи В спіруліна перевищує більшість інших культур. Вона містить вітамін F, який бере участь у регуляції обміну жирів, а також амінокислоти, що сприяють розвитку серцевого м'яза.

Білок спіруліни за біологічною цінністю не поступається протеїнам м'язової тканини, яєць або сої. За амінокислотним складом (лейцин, валін, треонін, ізолейцин, тирозин, метіонін і триптофан) білок спіруліни перевищує показники ідеального протеїну [9, 10].

Спіруліна росте в сильно лужному середовищі, яке є несприятливим для розвитку її антагоністів. Завдяки цьому культура спіруліни тривалий час залишається незабрудненою та характеризується високою продуктивністю [11, 12].

Стічні води біогазового виробництва та комунального господарства були досліджені як джерело поживних речовин для культивування мікробіодорості спіруліни порівняно зі стандартними живильними середовищами. Також проводилися експерименти з використанням збагаченої шахтної води для вирощування спіруліни. У результаті встановлено, що вихід біомаси є порівнянним, а суттєвих відмінностей за вмістом білка, амінокислотним складом і загальною концентрацією ліпідів не виявлено [13, 14, 15].

Спіруліна є чутливою до створення оптимальних умов в інженерних установках, при

цьому технологічний процес її культивування легко піддається механізації та автоматизації. У науковій літературі наведено результати застосування різних способів переробки спіруліни з метою досягнення максимального ефекту при використанні її як харчової добавки [4, 6, 7].

Суспензію спіруліни використовують як корм для тварин. У випадку застосування у вигляді пасти попередньо здійснюють відділення клітин спіруліни від живильного розчину шляхом центрифугування. Отриману спірулінову пасту спрямовують на кормові цілі, а живильний розчин після додавання необхідних компонентів (води, соди та спіруліни) повторно використовують у технологічному процесі.

Таким чином, виробництво спіруліни безвідходним і нешкідливим процесом, у ході якого утворюється лише кисень, що виділяється внаслідок фотосинтетичної діяльності.

В Україні вирощування спіруліни має обмежений характер через недосконалість технологічних підходів і знижену ефективність культивування внаслідок кліматичних умов. Традиційні технології її вирощування, як правило, базуються на лінійних схемах культивування, що характеризуються значними витратами поживних речовин, води та енергії, а також обмеженими можливостями повторного використання живильних середовищ і побічних продуктів. Це істотно підвищує собівартість біомаси та стримує масштабування виробництва [16].

У контексті концепції циркулярної біоекономіки особливий інтерес становлять каскадні біотехнологічні системи, які передбачають поетапне використання ресурсів і багаторазове залучення поживних середовищ у взаємопов'язаних біотехнологічних процесах. Для мікродоростей, зокрема спіруліни, такий підхід потенційно дає змогу підвищити ефективність використання азоту, фосфору та вуглецю, зменшити екологічне навантаження та збільшити вихід цільових продуктів.

Незважаючи на наявність окремих досліджень, присвячених оптимізації умов культивування спіруліни, питання її вирощування в каскадних біотехнологічних системах залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, відсутні систематизовані дані щодо впливу каскадного використання поживних середовищ на кінетику росту культури, стабільність біосистеми, біохімічний склад біомаси та вихід цінних метаболітів. Недостатньо дослідженими також є режими розведення культури

та їхнє узгодження з динамічно змінним складом середовищ у багатостадійних схемах культивування.

Установлено, що одним із ключових технологічних параметрів роботи установок для вирощування спіруліни є швидкість розведення, яка істотно впливає на продуктивність системи. У зв'язку з цим визначення оптимальної швидкості розведення для установок каскадного типу є доцільним та актуальним.

З огляду на це постає науково-практичне завдання розроблення удосконаленого регламенту для установки каскадного типу, який забезпечував би підвищення ресурсної ефективності процесу, стабільність культури та збереження високої якості біомаси за рахунок оптимізації швидкості розведення.

Метою дослідження є вдосконалення технологічних параметрів біотехнології культивування спіруліни із застосуванням установки каскадного типу шляхом оптимізації швидкості розведення.

Матеріал і методи дослідження. Товщина шару суспензії на робочих стінках визначається залежно від рівномірності розподілу світлового потоку по висоті шару суспензії [17,18, 19]. На мінімальну товщину також впливають граничні техніко-економічні умови експлуатації установки.

Експериментально встановлено, що товщина шару суспензії на робочій поверхні становить $H = 0,06$ м.

Основні технологічні параметри установки каскадного типу для вирощування спіруліни (фотореактора) наведено в таблиці 1.

Вирощування культури проводилося в безперервному режимі за швидкостей розведення $0,02 \text{ год}^{-1}$, і $0,04 \text{ год}^{-1}$.

Швидкість розведення D (год^{-1}) визначається як:

$$D = \frac{F}{V},$$

де F – витрати поживного середовища (об'єм за одиницю часу);

V – робочий об'єм культури.

$0,02 \text{ год}^{-1}$ означає, що за 50 годин оновиться об'єм, еквівалентний усьому об'єму реактора:

$$t = \frac{1}{D} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ год},$$

аналогічно для $0,04 \text{ год}^{-1}$ означає, що за 25 годин оновиться об'єм, еквівалентний усьому об'єму реактора.

Таблиця 1 – Основні технологічні параметри фотореактора та склад живильного середовища

Назва показника	Значення показника
Місце проведення досліджень	УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого
Технічна характеристика фотореактора	
1. Температурний режим роботи установки, °C [20, 21]	+20-30°C
2. Верхнє значення відносної вологості повітря (при температурі 30°C), %	98
3. Об’ємна подача насоса, м³/год	до 12
4. Режим роботи	безперервний
5. Кількість каскадів	14
6. Освітлювальна робоча поверхня фотореактора, м²	8,82
7. Загальна площа освітлювальної робочої поверхні фотореактора, м²	124
8. Освітленість робочої поверхні, клк [22]	12
9. Об’єм суспензії в одному каскаді, м³	0,529
10. Об’єм суспензії в каскадах фотореактора, м³	7,42
11. Об’єм суспензії у фотореакторі, м³	8,52
12. Встановлена потужність, кВт	17,1
13. Габаритні розміри: висота, м ширина, м довжина, м	5,8 2,1 4,2
1.4. Базовий розчин для вирощування спіруліни (розчин Зарука [19]), г/л:	
Гідрогенкарбонат натрію (харчова сода) – NaHCO ₃	16,8
Гідрогенфосфат калію – K ₂ HPO ₄	0,5
нітрат натрію – NaNO ₃	2,5
Сульфат калію – K ₂ SO ₄	1,0
хлорид натрію (кухонна сіль) – NaCl	1,0
Сульфат магнію гептагідрат (англійська сіль) – MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,2
Хлорид кальцію – CaCl ₂	0,04
Сульфат заліза(II) гептагідрат (залізний купорос) – FeSO ₄ ·7H ₂ O	0,01
Етилендіамінтетраацетат – ЭДТА	0,08
Норма внесення CO ₂ (два рази на добу), г/л [23]	0,7–1,2

Джерело: побудовано автором.

У процесі дослідження визначали динаміку вирощування спіруліни (концентрацію абсолютно сухої біомаси (АСБ) спіруліни в культуральному середовищі, г/л) та показник рН із використанням ДСТУ ISO 6496:2005 «Корми для тварин. Визначення вмісту вологи та інших летких речовин» (ISO 6496:1999, IDT).

Для вимірювання рН використовувався універсальний рН-метр.

Під час проведення експериментальних досліджень точність отриманих результатів забезпечувалася за допомогою загальноприйнятих методів статистичної оцінки, за яких числові значення:

\bar{Y} – середнє значення вимірюваної величини;

$$\bar{Y} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n},$$

σ – середнє квадратичне відхилення величини;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Delta y_1^2 + \Delta y_2^2 + \dots + \Delta y_n^2}{n}},$$

де n – кількість вимірів;

$y_1 - y_2 - y_n$ – значення,

$$\Delta_i = y_i - \bar{Y}.$$

Δ_{lim} – гранична похибка: $\Delta_{lim} = \pm 3\sigma$

Для дослідження концентрації АСБ спіруліни залежно від тривалості її вирощування з об'єму кожного каскаду відбирали проби по 1л 5 разів із періодичністю через 12, 24, 48, 72, 96 год за швидкостей розведення $0,02 \text{ год}^{-1}$ і $0,04 \text{ год}^{-1}$. За отриманими середніми значеннями побудовано графік залежності концентрації АСБ спіруліни від тривалості вирощування при зазначених швидкостях розведення (рис. 2).

З метою визначення рівня рН поживного середовища відбір проб об'ємом 1 л з кожного каскаду здійснювали через установлені проміжки часу: 12, 24, 48, 72 та 96 годин. За отриманими середніми значеннями побудовано графік зміни рН у процесі вирощування спіруліни за швидкостей розведення $0,02 \text{ год}^{-1}$ і $0,04 \text{ год}^{-1}$ (рис. 3).

Результати дослідження та обговорення. На основі аналізу існуючих і перспективних технологій отримання спіруліни розро-

блено установку – фотореактор каскадного типу для її культивування (рис. 1).

Культура спіруліни росте в поживному водному розчині. Насос подає суспензію (суміш клітин спіруліни та живильного розчину) з приймальної ємності у верхній стічний лоток, після чого вона переміщується вниз. Вся робоча ємність освітлюється джерелом світла 3. У процесі фотосинтезу відбувається приріст біомаси спіруліни із поглинанням вуглекислого газу та виділенням кисню.

Подачу вуглекислого газу до поживного середовища забезпечують компресор 5, змішувач 6 і барботажні трубки 7. Вуглекислий газ надходить із балона 12. За досягнення необхідної густини біомаси культура відбирається через патрубок 10. Вирощування спіруліни вимагає підтримання стабільної температури суспензії, яка регулюється теплообмінником 8 шляхом подачі теплої або холодної води.

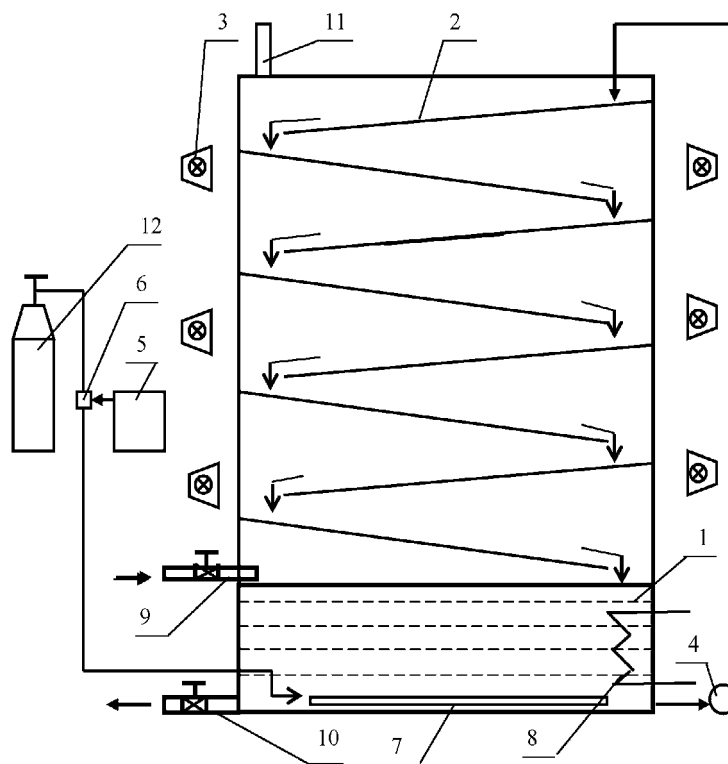


Рис. 1. Експериментальна установка для культивування спіруліни:

1 – ємність; 2 – стічні поверхні; 3 – фітоопромінювачі; 4 – насос; 5 – компресор; 6 – змішувач; 7 – барботаж; 8 – теплообмінник; 9,10 – патрубки для заповнення бака розчином і відбору суспензії; 11 – патрубок для відведення газоповітряної суміші; 12 – балон із вуглекислим газом.

Джерело: побудовано автором.

Динаміку росту спіруліни за різних швидкостей розведення середовища наведено в таблиці 2 та на рис. 2.

Зміна реакції середовища рН за різних швидкостей розведення наведено в таблиці 3 та на рис. 3.

На основі проведених досліджень удосконалено технологічний регламент вирощування спіруліни в установці каскадного типу (табл. 4).

Отримані результати дослідження свідчать, що швидкість розведення є одним із ключових регульовальних параметрів каскадної біотехнології вирощування спіруліни, який визначає як інтенсивність накопичення біомаси, так і стабільність фізіолого-біохімічного стану культури.

Так, за мінімальної швидкості розведення 0,02 год⁻¹ створюються умови, за яких темпи

росту спіруліни перевищують швидкість вимивання клітин із культурального середовища, що забезпечує поступове зростання концентрації абсолютно сухої біомаси з 1,4 до 2,9 г/л (табл. 2, рис. 2).

Підвищення швидкості розведення до 0,04 год⁻¹ призводило до зменшення концентрації абсолютно сухої біомаси спіруліни в культуральному середовищі з 2,6 до 1,1 г/л протягом періоду вирощування внаслідок вимивання клітин, що не дає змоги підтримувати культуру спіруліну в рівноважному стані.

В умовах каскадної установки процес зменшення концентрації абсолютно сухої біомаси спіруліни посилюється внаслідок поетапного переміщення культурального середовища між каскадами, що зменшує час перебування клітин у кожному з них.

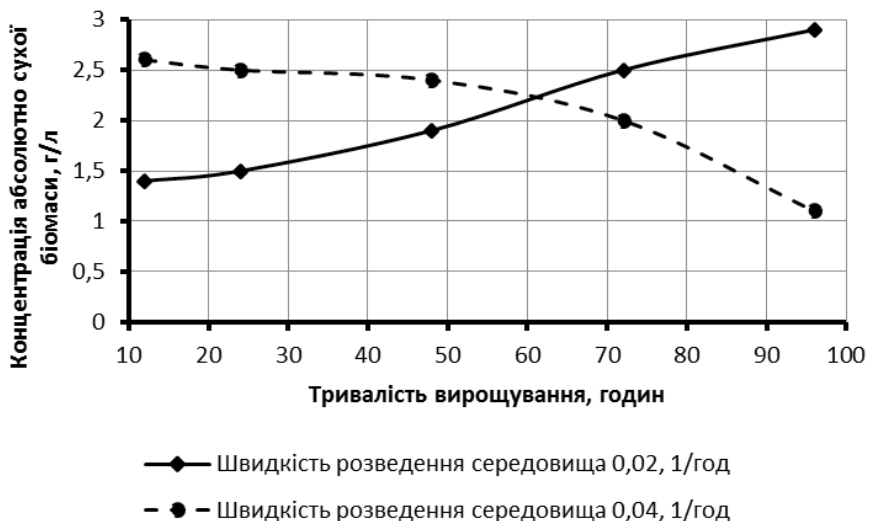


Рис. 2. Динаміка росту спіруліни за різних швидкостей розведення середовища.

Джерело: побудовано автором.

Таблиця 2 – Динаміка росту спіруліни за різних швидкостей розведення середовища

Тривалість вирощування, годин	Концентрація абсолютно сухої біомаси спіруліни в культуральному середовищі, г/л. (Швидкість розведення – 0,02 год ⁻¹)			Концентрація абсолютно сухої біомаси спіруліни в культуральному середовищі, г/л. (Швидкість розведення – 0,04 год ⁻¹)		
	\bar{Y}	σ	$\pm 3\sigma$	\bar{Y}	σ	$\pm 3\sigma$
12	1,4	0,01	0,03	2,6	0,08	0,16
24	1,5	0,05	0,15	2,5	0,03	0,09
48	1,9	0,06	0,18	2,4	0,06	0,18
72	2,5	0,04	0,16	2,0	0,03	0,09
96	2,9	0,02	0,06	1,1	0,05	0,15

Джерело: побудовано автором.

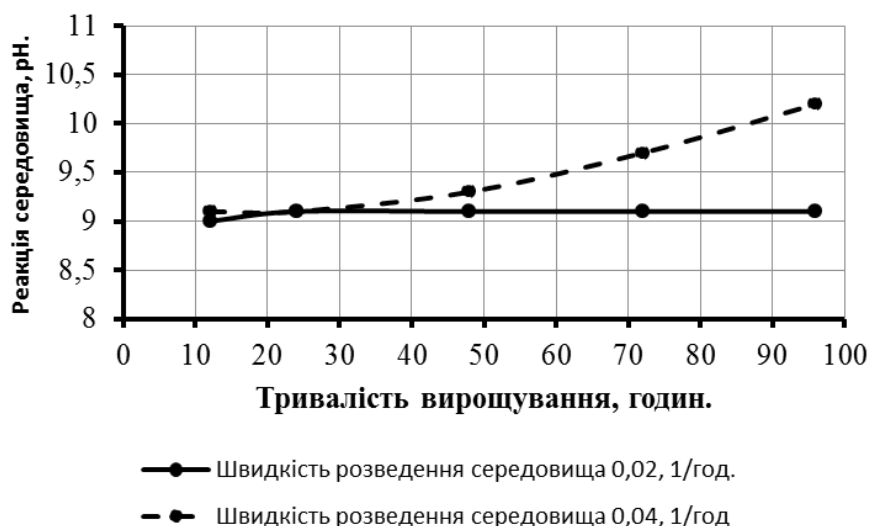


Рис. 3. Динаміка зміни реакції середовища при різних швидкостях розведення.

Джерело: побудовано автором.

Таблиця 3 – Зміна реакції середовища рН за різних швидкостей розведення

Тривалість вирощування, годин	Реакція середовища рН за швидкості розведення 0,02 год ⁻¹			Реакція середовища рН за швидкості розведення 0,04 год ⁻¹		
	\bar{Y}	σ	$\pm 3\sigma$	\bar{Y}	σ	$\pm 3\sigma$
12	9,0	0,04	0,12	9,1	0,02	0,06
24	9,1	0,03	0,09	9,1	0,05	0,15
48	9,1	0,05	0,15	9,3	0,03	0,09
72	9,1	0,06	0,18	9,7	0,02	0,06
96	9,0	0,02	0,06	10,2	0,04	0,12

Джерело: побудовано автором.

Таблиця 4 – Удосконалений технологічний регламент для культивування спіруліни в установці каскадного типу

Назва показника	Значення показника
1. Культура	<i>Spirulina platensis</i>
2. Тип процесу	Безперервний, проточний із періодичним відбором біомаси і поновленням живильного розчину.
3. Показники біотехнологічного процесу:	
3.1. Температура живильного розчину, °С	30-35
3.2. Температура повітря в зоні вегетативних місткостей, °С	25-30
3.3. Відносна вологість повітря в зоні вегетативних місткостей, %	96-98
3.4. Товщина шару суспензії у вегетативній місткості, мм	50-60
3.5. Швидкість руху суспензії, м/с	0,003-0,005
3.6. Швидкість розведення середовища, год ⁻¹	0,02
3.7. Водневий показник, рН	9-10
3.8. Освітленість вегетативної поверхні, клк	12
3.9. Концентрація біомаси в процесі вирощування, г АСР/л	1,5-3
3.10. Концентрація біомаси при запуску фото-реактора, г АСР/л	0,08-1,5
3.11. Тривалість штучного освітлення, год/добу	24
4. Склад базового живильного розчину	Розчин Заррука

Джерело: побудовано автором.

Також у процесі дослідження встановлено, що різні швидкості розведення зумовлюють зміну показника рН середовища. Зокрема, за швидкості розведення $0,02 \text{ год}^{-1}$ (табл. 3, рис. 3) значення рН залишалися стабільними на рівні близько 9,1. Повільне надходження свіжого поживного середовища забезпечує баланс між поглинанням CO_2 клітинами та буферною ємністю середовища, що сприяє переходу у квазістаціонарний стан. Відомо, що для вирощування спіруліни оптимальними є слабколужні умови, які забезпечують інтенсивний ріст і високу метаболічну активність, зокрема синтез білка та пігментів. Таким чином, підтримання стабільного значення рН у каскадній системі можна розглядати як індикатор фізіологічної стабільності культури.

Натомість за швидкості розведення $0,04 \text{ год}^{-1}$ значення рН протягом періоду вирощування зростало з 9,1 до 10,2. Прискорення надходження свіжого поживного середовища не забезпечує балансу між поглинанням CO_2 клітинами спіруліни та буферною ємністю середовища, оскільки спіруліна є фотосинтезуючим мікроорганізмом і в процесі росту зменшує концентрацію карбонатної кислоти. Унаслідок цього середовище стає більш лужним, що проявляється підвищенням значення рН.

Отримані результати дослідження узгоджуються з літературними даними щодо впливу режимів безперервного культивування на мікрородорості, однак доповнюють їх у контексті застосування установки каскадного типу для вирощування спіруліни (фотореактора). Показано, що навіть незначне підвищення швидкості розведення в каскадній системі може мати істотні наслідки для стабільності культури, що необхідно враховувати під час розроблення та вдосконалення технологічних регламентів культивування спіруліни.

З практичної точки зору встановлення оптимальної швидкості розведення на рівні $0,02 \text{ год}^{-1}$ є важливим технологічним рішенням, яке дає змогу забезпечити стабільне накопичення біомаси та підтримання сприятливих фізіолого-біохімічних умов для вирощування спіруліни в установці каскадного типу.

Виходячи з отриманих результатів, доцільно спрямовувати подальші дослідження на масштабування каскадної біотехнології з лабораторного та напівпромислового рівнів до промислового виробництва з подальшим аналізом техніко-економічної ефективності та енерговитрат.

Висновки. Результати проведених досліджень показали, що виробництво спіруліни є безвідходним і нешкідливим. В Україні її культивування має обмежений характер через недосконалість технологічних підходів і знижену ефективність отримання біомаси внаслідок кліматичних умов.

Експериментально встановлено, що швидкість розведення культури є визначальним технологічним параметром каскадної біотехнології вирощування спіруліни та істотно впливає на накопичення біомаси і стабільність процесу культивування.

Дослідженнями встановлено, що за мінімальної швидкості розведення $0,02 \text{ год}^{-1}$ у каскадній установці спостерігалось зростання концентрації абсолютно сухої біомаси з 1,4 до 2,9 г/л, що свідчить про сприятливі умови для росту та накопичення клітин. Підвищення швидкості розведення до $0,04 \text{ год}^{-1}$ призводить до зменшення концентрації абсолютно сухої біомаси спіруліни в культуральному середовищі з 2,6 до 1,1 г/л упродовж періоду вирощування внаслідок вимивання клітин із культурального середовища.

Виявлено, що за швидкості розведення $0,02 \text{ год}^{-1}$ реакція середовища залишалася стабільною на рівні рН $\approx 9,1$, що відповідає оптимальним умовам росту спіруліни в каскадній системі культивування. Підвищення швидкості розведення до $0,04 \text{ год}^{-1}$ не забезпечує балансу між поглинанням CO_2 клітинами спіруліни та буферною ємністю середовища, оскільки в процесі фотосинтезу зменшується концентрація карбонатної кислоти, внаслідок чого середовище стає більш лужним (рН зростає з 9,1 до 10,2).

Отримані результати підтверджують доцільність використання мінімальної швидкості розведення $0,02 \text{ год}^{-1}$ у вдосконаленому технологічному регламенті біотехнології вирощування спіруліни із застосуванням установки каскадного типу.

Запропоновані параметри технологічного регламенту для культивування спіруліни в установці каскадного типу можуть бути рекомендовані для практичного застосування з метою підвищення продуктивності та стабільності процесу промислового вирощування спіруліни.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Григораш Ю.В., Мерзлов С.В. Нарощування біомаси *Spirulina platensis* як кормової добавки за різних доз сульфуру у поживному середовищі. НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Сільськогосподарські науки. 2024. 26 (101). С. 217–222. DOI:10.32718/nvlvet-a10134

2. Мерзлова Г.В. Вміст хлорофілу у біомасі спіруліни за дії різних доз мікроелементів у поживному середовищі. Біологія тварин. 2014. Т. 16. № 2. С. 71–76. URL: <https://aminbiol.com.ua/20142pdf/9.pdf>.
3. Бондаренко Л.В., Богатко Н.М., Гришко В.А., Рожченко В.М. Показники росту біомаси спіруліни за різних доз йоду у поживному середовищі. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Сільськогосподарські науки. 2025. № 101. Т. 26. С. 351–356. DOI:10.32718/nvlvet-a10152.
4. Застосування мікроводоростей у біотехнології / А.В. Лішук та ін. Проблеми екологічної біотехнології. 2024. № 1. С. 34–39. DOI:10.18372/2306-6407.1.6695.
5. Гончарова О.В., Миколенко С.Ю. Вплив плазмохімічно активованої води на функціональні характеристики спіруліни як кормового чинника. Таврійський державний агротехнологічний університет. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип. 18. Т. 1. С. 43–50. URL: <https://clar.tsatu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/77b56da0-dce5-4ec4-ab43-64f3f59316c7/content>.
6. Офіленко Н.О. Аналіз показників якості функціонального йогурту з використанням біомаси спіруліни. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки. 2025. Вип. 1. С. 53–58. DOI:10.37734/2518-7171-2025-1-9.
7. Кошель О.Ю., Касьянова А.В. Перспективи застосування порошку водоростей спіруліни у виробництві хлібобулочних виробів. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. Вип. 12. Т. 2. С. 20–21. URL: file:///D:/Наука/Статті%201/Стаття%20в%20збірник%20БНАУ/Стаття%202026/Кошель%20О.Ю._авт.pdf
8. Hultberg M., Lind O., Birgersson G. Use of the effluent from biogas production for cultivation of *Spirulina*. Bioprocess and Biosystems Engineering. 2017. 40. С. 625–631. DOI:10.1007/s00449-016-1726-2.
9. A review on techno-economic assessment of *Spirulina* for sustainable nutraceutical, medicinal, environmental, and bioenergy / M.N. Musa et al. Bioresources and Bioprocessing. 2025. DOI:10.1186/s40643-025-00888-3.
10. Bioactive compounds from *Spirulina spp.* – nutritional value, extraction, and application in food industry / B. Marjanović et al. Separations. 2024. 11 (9). 257 p. DOI:10.3390/separations11090257.
11. Photoautotrophic Batch Cultivation of *Limnospira (Spirulina) platensis*: Optimizing Biomass Productivity and Bioactive Compound Synthesis Through Salinity and pH Modulation / G. Fais et al. Mar. Drugs. 2025. 23 (7). 281 p. DOI:10.3390/md23070281.
12. Singh N., Rathilal S. Cultivation of *Scenedesmus sp.*, *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* in sewage wastewater: Bench-Scale Optimization for Biofuel Production. Chemical Engineering Transactions. 2024. 113 p. DOI:10.3303/CET24113069.
13. Hultberg M., Lind O., Birgersson G. Use of the effluent from biogas production for cultivation of *Spirulina*. Bioprocess and Biosystems Engineering. 2017. 40. P. 625–631. DOI:10.1007/s00449-016-1726-2.
14. Unlocking the potential of *Spirulina* microalgae: Cultivating in wastewater treatment for sustainable biofuel production. Sustainable Chemistry and Pharmacy. 2024. 41. DOI:10.1016/j.scp.2024.101705.
15. Use of enriched mine water to grow the cyanobacterium *Arthrospira platensis* / M.A.E.-S. El-Sayed et al. Foods. 2025. 14 (10). 1665 p. DOI:10.3390/foods14101665.
16. Long-Term Cultivation of a Native *Arthrospira platensis (Spirulina)* Strain in Pozo Izquierdo: Technical Evidence for Viable Production of Food-Grade Biomass / F. Guidi et al. Processes. 2021. 9 (8). 1333 p. DOI:10.3390/pr9081333.
17. Cultivation strategy optimization and pilot-scale production of *Spirulina subsalsa* grown in seawater and monosodium glutamate wastewater / M. Liu et al. Bioresources and Bioprocessing. 2025. 12. 83 p. DOI:10.1186/s40643-025-00926-0.
18. Novel Thin-Layer Fountain Photobioreactors for the High-Density Cultivation of *Spirulina sp.* ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 2023. 11 (47). P. 16818–16827. DOI:10.1021/acscuschemeng.3c05509.
19. Cultivation strategy optimization and pilot-scale production of *Spirulina subsalsa* grown in seawater and monosodium glutamate wastewater. Bioresources and Bioprocessing. 2025. 12. 83 p. DOI:10.1186/s40643-025-00926-0.
20. Cultivation of *Spirulina platensis* for biomass production and nutrient removal from synthetic human urine / Y. Chang et al. Applied Energy. 2013. 102. P. 427–435. DOI:10.1016/j.apenergy.2012.07.024
21. Long-Term Cultivation of a Native *Arthrospira platensis (Spirulina)* Strain in Pozo Izquierdo: Technical Evidence for Viable Production of Food-Grade Biomass / F. Guidi et al. Processes. 2021. 9 (8). 1333 p. DOI:10.3390/pr9081333.
22. Котинський А., Салюк А., Паливода К. Вплив освітлення на пігментний склад та продуктивність спіруліни. Харчова і переробна промисловість. 2019. № 4–5 (356–357). С. 23–25. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/7fa0948e-7dd5-47e9-9137-b5f8a2e1e044/content>.
23. Example of cascade-related cultivation: Cultivation of *Arthrospira platensis* in non-conventional water resources: a comparative analysis of biomass productivity and chemical constituents. Biomass and Bioenergy. 2025. 202 p. DOI:10.1016/j.biombioe.2025.108163.

REFERENCES

1. Grigorash, Yu.V., Merzlov, S.V. (2024). Naro-shhuvannja biomasy *Spirulina platensis* jak kormovoї dobavky za riznyh doz sul'furu u pozhyvnomu

- seredovyshhi [Increasing the biomass of *Spirulina platensis* as a feed additive at different doses of sulfur in the nutrient medium]. NV LNU veterinarynoi' medycyny ta biotekhnologij [NV LNU Veterinary Medicine and Biotechnology]. Sil's'kogospodars'ki nauky [Agricultural Sciences], 26 (101), pp. 217–222. DOI:10.32718/nvlvet-a10134 (In Ukrainian).
2. Merzlova, H.V. (2014). Vmist khlorofilu u biomasi spiruliny za diyi riznykh doz mikroelementiv u pozhyvnomu seredovyshchi [Chlorophyll content in *spirulina* biomass under the action of different doses of trace elements in the nutrient medium]. Bioloziya tvaryn [Bioloziya tvaryn]. Vol. 16, no. 2, pp. 71–76. Available at: <https://aminbiol.com.ua/20142pdf/9.pdf>. (In Ukrainian).
3. Bondvrenko, L.V., Bohatko, N.M., Hryshko, V.A., Rozhenko, V.M. (2025). Pokaznyky rostu biomasy spiruliny za riznykh doz yodu u pozhyvnomu seredovyshchi [Indicators of *spirulina* biomass growth at different doses of iodine in the nutrient medium]. Naukovyy visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu veterinarynoi medycyny ta biotekhnolohiy imeni S.Z. Gzhyts'koho [Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies]. Sil's'kohospodars'ki nauky [Agricultural Sciences], Vol. 26, no. 101, pp. 351–356. DOI:10.18372/2306-6407.1.6695. (In Ukrainian).
4. Lishchuk, A.V., Vasylychenko, O.A., Minenko, A.B., Kasianiv's'ka, Ye.S., Kudas, V. Ye. (2014). Zastosuvannya mikrovodorostey u biotekhnolohiy [Microalgae biotechnological application]. Problemy ekolohichnoyi biotekhnolohiyi [Problems of Environmental Biotechnology], no. 1, pp. 34–39. DOI:10.18372/2306-6407.1.6695. (In Ukrainian).
5. Honcharova, O.V., Mykolenko, S.Yu. (2018). Vplyv plazmokhimichno aktyvovanoyi vody na funktsional'ni kharakterystyky spiruliny yak kormovoho chynnyka [The influence of plasma-chemically activated water on the functional characteristics of *spirulina* as a feed factor]. Tavriys'ky derzhavnyy ahrotekhnolohichnyy universytet [Tavrishesky State Agrotechnological University]. Melitopol: TDATU, Issue 18, T. 1, pp. 43–50. (In Ukrainian).
6. Ofilenko, N.O. (2025). Analiz pokaznykiv yakosti funktsional'noho yohurtu z vykorystanniam biomasy spirulina [Analysis of quality indicators of functional yoghurt with the use of *Spirulina* biomass]. Naukovyy visnyk Poltav's'koho universytetu ekonomiky i torhivli [Scientific Bulletin of Poltava University of Economics and Trade]. Tekhnichni nauky [Technical sciences], Issue 1, pp. 53–58. DOI:10.37734/2518-7171-2025-1-9 (In Ukrainian).
7. Koshel', O.Yu., Kas'yanova, A.V. (2022). Perspektyvy zastosuvannya poroshku vodorostey spirulina u vyrobnytstvi khlilibulochnykh vyrobiv [Prospects for the use of spirulina algae powder in the production of bakery products]. Naukovyy visnyk Tavriys'koho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu: elektronne naukove fakhove vydannya TDATU [Scientific Bulletin of the Tavria State Agrotechnological University: electronic scientific professional publication of the Tavria State Agrotechnological University]. Melitopol: TDATU, Issue 12, Vol. 2, pp. 20–21. Available at: <file:///D:/Наука/Статті%201/Стаття%20В%20Збірник%20БНАУ/Стаття%202026/Кошель%20О.Ю. авт.pdf>.
8. Hultberg, M., Lind, O., Birgersson, G. (2017). Use of the effluent from biogas production for cultivation of *Spirulina*. Bioprocess and Biosystems Engineering, 40, pp. 625–631. DOI:10.1007/s00449-016-1726-2
9. Musa, M.N. (2025). A review on techno-economic assessment of *Spirulina* for sustainable nutraceutical, medicinal, environmental, and bioenergy. Bioresources and Bioprocessing. DOI:10.1186/s40643-025-00888-3.
10. Marjanović B. (2024). Bioactive compounds from *Spirulina spp.* – nutritional value, extraction, and application in food industry. Separations. 11 (9), 257 p. DOI:10.3390/separations11090257.
11. Fais, G. (2025). Photoautotrophic Batch Cultivation of *Limnospira (Spirulina) platensis*: Optimizing Biomass Productivity and Bioactive Compound Synthesis Through Salinity and pH Modulation. Mar. Drugs, 23 (7), 281 p. DOI:10.3390/md23070281.
12. Singh, N., Rathilal S. (2024). Cultivation of *Scenedesmus sp.*, *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* in sewage wastewater: Bench-Scale Optimization for Biofuel Production. Chemical Engineering Transactions, 113 p. DOI:10.3303/CET24113069.
13. Hultberg, M., Lind, O., Birgersson, G. (2017). Use of the effluent from biogas production for cultivation of *Spirulina*. Bioprocess and Biosystems Engineering, 40, pp. 625–631. DOI:10.1007/s00449-016-1726-2.
14. Unlocking the potential of *Spirulina* microalgae: Cultivating in wastewater treatment for sustainable biofuel production. *Stainable Chemistry and Pharmacy*, 2024, 41. DOI:10.1016/j.scp.2024.101705.
15. El-Sayed, M.A.E.-S., Milia, M. (2025). Use of enriched mine water to grow the cyanobacterium *Arthrospira platensis*. *Foods*. 14 (10), 1665 p. DOI:10.3390/foods14101665.
16. Guidi, F., Gojkovic, Z., Venuleo, M., Assunção, P.A.C.J., Portillo, E. (2021). Long-Term Cultivation of a Native *Arthrospira platensis (Spirulina)* Strain in Pozo Izquierdo: Technical Evidence for Viable Production of Food-Grade Biomass. *Processes*, 9 (8), 1333 p. DOI:10.3390/pr9081333.
17. Liu, M. (2025). Cultivation strategy optimization and pilot-scale production of *Spirulina subsalsa* grown in seawater and monosodium glutamate wastewater. *Bioresources and Bioprocessing*. 12, 83 p. DOI:10.1186/s40643-025-00926-0.
18. Novel Thin-Layer Fountain Photobioreactors for the High-Density Cultivation of *Spirulina sp.* (2023). *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11 (47), pp. 16818–16827. DOI:10.1021/acssuschemeng.3c05509.
19. Cultivation strategy optimization and pilot-scale production of *Spirulina subsalsa* grown in seawater and monosodium glutamate wastewater. (2025). *Bioresources and Bioprocessing*, 12, 83 p. DOI:10.1186/s40643-025-00926-0.

20. Chang, Y., Wu, Z., Bian, L., Feng, D., Leung, D.Y.C. (2013). Cultivation of *Spirulina platensis* for biomass production and nutrient removal from synthetic human urine. *Applied Energy*, 102, pp. 427-435. DOI:10.1016/j.apenergy.2012.07.024.

21. Guidi, F., Gojkovic, Z., Venuleo, M., Assunção, P.A.C.J., Portillo, E. (2021). Long-Term Cultivation of a Native *Arthrospira platensis* (*Spirulina*) Strain in Pozo Izquierdo: Technical Evidence for Viable Production of Food-Grade Biomass. *Processes*, 9 (8), 1333 p. DOI:10.3390/pr9081333.

22. Kotyns'kyy, A., Salyuk, A., Palyvoda, K. (2019). Vplyv osvvlennya na pihmentnyy sklad ta produktyvnist' spiruliny [The influence of lighting on the pigment composition and productivity of spirulina]. *Kharchova i pererobna promyslovist'* [Food and processing industry]. no. 4-5 (356-357), pp. 23-25. Available at: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/7fa0948e-7dd5-47e9-9137-b5f8a2e1e044/content> (In Ukrainian).

23. Example of cascade-related cultivation: Cultivation of *Arthrospira platensis* in non-conventional water resources: a comparative analysis of biomass productivity and chemical constituents. (2025). *Biomass and Bioenergy*, 202 p. DOI:10.1016/j.biombioe.2025.108163.

Cascade biotechnology for *spirulina* cultivation

Senchuk M.M.

Spirulina platensis is used as a feed and food source, which contains 50-70% of protein, up to 8% of fat, carbohydrates (20%), has a balanced amino acid composition, vitamins A – 29 mcg/100g, E – 5 mg/100g, K – 25.5 mcg/100g, B1 – 2.4 mg/100g, B2 – 3.7 mg/100g, as well as iron – 28.5 mg/100g, magnesium – 195 mg/100g, sodium – 1048 mg/100g, copper – 6.1 mg/100g, manganese – 1.9 mg/100g.

Spirulina production is a waste-free and environmentally friendly process. Only photosynthetic oxygen is released during the production process. In Ukraine, *spirulina* cultivation is limited due to the imperfection of technological approaches. It has been established that one of the main technological parameters of the operation of *spirulina* cultivation plants is the dilution rate, which affects the productivity of the plant.

Therefore, improving the process parameters of the biotechnology of *spirulina* cultivation using a cascade-type installation is relevant. A photoreactor for

growing *spirulina* of the cascade type was developed. The installation consists of a tank, cascade surfaces, phytoirradiators, a pump, a compressor, mixers, a bubbler, a heat exchanger, inlet and outlet pipes for medium and suspension, a pipe for removing the gas-air mixture, a carbon dioxide cylinder.

Its main parameters:

- temperature regime of the installation – 20-30°C;
- volumetric pump flow – up to 12 m³/h;
- operating mode – continuous;
- number of cascades – 14;
- illuminated working surface of the photoreactor – 8.82 m²;
- total area of the illuminated working surface of the photoreactor – 124 m²;
- volume of suspension in one cascade – 0.529 m³;
- volume of suspension in the cascades of the photoreactor – 7.42 m³;
- volume of suspension in the photo reactor – 8.52 m³;
- installed capacity – 17.1 kW;
- overall dimensions: height – 5.8 m, width – 2.1 m, length – 4.2 m.

The culture was grown in continuous mode at dilution rates of 0.02 h⁻¹ and 0.04 h⁻¹. At a dilution rate of 0.02 h⁻¹, an increase in the concentration of absolutely dry biomass was observed from 1.4 to 2.9 g/l. The culture remained in a steady state. Increasing the dilution rate to 0.04 h⁻¹ leads to a decrease in the concentration of absolutely dry *spirulina* biomass in the culture medium from 2.6 to 1.1 g/l during cultivation due to cell washout from the system.

At a dilution rate of 0.02 h⁻¹, the pH value was stable within 9.1. Stable pH is a sign of an optimal cultivation regime. The slow inflow of fresh nutrient medium ensures a balance between CO₂ uptake by cells and the buffering capacity of the medium, which leads to the system entering a quasi-steady state. At a dilution rate of 0.04 h⁻¹, the pH value increased from 9.1 to 10.2, which indicates a violation of the physiological and biochemical balance of the culture, since during the growth process it reduces the concentration of carbonic acid, as a result of which the medium becomes more alkaline (pH increases).

Based on the conducted research, the technical regulation for growing *spirulina* in a cascade-type photoreactor were improved.

Keywords: *spirulina*, photoreactor, biotechnology, biomass, algae, nutrient medium.



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



ORCID iD:
Сенчук М.М.


<https://orcid.org/0000-0001-9455-583X>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК 636.4.053.084:615.32

**Продуктивність поросят
за використання престаартерних комбікормів із добавками
з протимікробними властивостями**Титарьова О.М. , Ставецька Р.В. , Гирич Д.С.

Білоцерківський національний аграрний університет

 Титарьова О.М. E-mail: olenakosyanenko@gmail.com

Титарьова О.М., Ставецька Р.В., Гирич Д.С.
Продуктивність поросят за використання престаартерних комбікормів із добавками з протимікробними властивостями. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 91–99.

Tytariova O., Stavetska R., Hyrych D.
Growth performance of piglets fed prestarter compound feeds with antimicrobial additives. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 91–99.

Рукопис отримано: 23.02.2026 р.

Прийнято: 09.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-91-99

ISSN 2310-9289

У статті досліджено вплив кормових добавок – підкислювача та фітобіотика – на продуктивність і стан здоров'я свиней у ранньому віці. Метою експерименту було оцінити ефективність зазначених кормових засобів щодо підвищення приростів живої маси, поліпшення конверсії корму та зниження частоти виникнення діареї.

Для реалізації поставленої мети сформовано три групи тварин: контрольну, яка отримувала стандартний раціон, і дві дослідні, до раціону яких додатково вводили відповідно підкислювач і фітобіотик. Спостереження проводили у вікові періоди 22–28 та 29–35 діб, тобто протягом одного тижня до відлучення та одного тижня після нього.

Результати дослідження засвідчили, що у віці 22–28 діб середньодобові прирости живої маси у тварин контрольної групи становили 254 г, тоді як у свиней, які споживали підкислювач, – 305 г, а фітобіотик – 320 г. У період 29–35 діб (після відлучення) встановлено подальше підвищення інтенсивності росту: середньодобові прирости живої маси тіла становили відповідно 274 г у контрольній групі, 326 г – у групі з підкислювачем і 369 г – у групі з фітобіотиком.

Установлено, що споживання корму тваринами дослідних груп перевищувало аналогічний показник контрольної групи на 18–27 г у віці 22–28 діб і на 67–69 г у період 29–35 діб. Витрати корму на 1 г приросту живої маси у контрольній групі становили 1,51 г/г, тоді як у групі з використанням підкислювача цей показник знижувався до 1,48 г/г, а при застосуванні фітобіотика – до 1,30 г/г, що свідчить про підвищення ефективності використання корму.

Найбільш виражені відмінності між групами встановлено за показником частоти виникнення діареї: у тварин контрольної групи він досягав 37,5 %, тоді як у групі із застосуванням підкислювача знижувався до 10,1 %, а у групі з фітобіотиком – до 8,3 %.

Таким чином, результати проведеного дослідження підтвердили, що застосування підкислювача та фітобіотика у складі раціону сприяє підвищенню інтенсивності росту свиней, збільшенню споживання корму та поліпшенню його конверсії, а також зниженню частоти виникнення діареї.

Найбільш виражений ефект відзначено у групі тварин, які отримували фітобіотик: середньодобові прирости були вищими на 67–95 г, витрати корму на 1 г приросту – нижчими на

0,09–0,21 г/г, а частота діареї зменшувалася майже на 30 % порівняно з контрольною групою

Отримані результати свідчать про доцільність і перспективність використання фітобіотики як ефективного кормового засобу для підвищення продуктивності та збереження здоров'я свиней у ранньому віці.

Ключові слова: поросята-сисуні, відлучення, підкислювач, фітобіотик, середньодобові прирости, споживання корму, конверсія корму, діарея.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сучасне свинарство є однією з провідних галузей аграрного виробництва, що забезпечує населення високоякісною білковою продукцією та формує вагому частку економіки багатьох країн світу. Інтенсивний розвиток галузі супроводжується постійним удосконаленням технологій утримання і годівлі тварин, спрямованих на підвищення продуктивності, зниження собівартості продукції та забезпечення її стабільної якості. Водночас поряд із досягненнями сучасного свинарства загострюється проблема надмірного та часто неконтрольованого використання антибіотиків у годівлі свиней [4, 20].

Антибіотики почали широко застосовувати у тваринництві з 1950-х років, насамперед як стимулятори росту. У 1970-1980-х роках практика їхнього використання набула глобального поширення, і антибактеріальні препарати фактично стали невід'ємним елементом інтенсивних технологій вирощування, забезпечуючи підвищення середньодобових приростів, поліпшення конверсії корму та зниження рівня падежу тварин [8, 12].

Зазначена практика зумовила формування глобальної проблеми – антибіотикорезистентності, яка становить загрозу як для ветеринарної медицини, так і для охорони здоров'я людини. Наявність залишків антибіотиків у продукції тваринництва, їхній вплив на кишкову мікробіоту та довкілля стали предметом численних наукових досліджень і міжнародних регуляторних обмежень [4, 20]. Перші обмеження щодо використання антибіотиків як стимуляторів росту були запроваджені у Швеції у 1986 році [22]. У подальшому Європейський Союз повністю заборонив метою у 2006 році [18], а у США така практика була офіційно припинена у 2017 році [18]. В Україні відповідні обмеження набули чинності у березні 2026 року. Водночас у низці країн, зокрема Китаї, Індії, В'єтнамі, Бразилії, Аргентині, Мексиці та багатьох країнах Африки антибіотики як стимулятори росту й надалі широко

застосовуються, що ускладнює глобальні зусилля щодо подолання антибіотикорезистентності.

У цьому контексті актуальним завданням є пошук безпечних і ефективних альтернатив, здатних забезпечити стабільну продуктивність свиней. Одним із перспективних напрямів є використання фітобіотиків – природних біологічно активних речовин рослинного походження, що характеризуються широким спектром біологічної дії.

Фітобіотики – це група біологічно активних природних сполук рослинного походження, що синтезуються рослинами та проявляють різноманітну біологічну дію. До них належать ефірні олії, екстракти лікарських рослин, вторинні метаболіти, поліфенольні та інші сполуки. Вони характеризуються антибактеріальною, антиоксидантною, проти-запальною та імуномодельючою активністю, що зумовлює їхній потенціал як перспективної альтернативи антибіотикам у тваринництві та харчовій промисловості [14].

Фітобіотики визначаються як група біологічно активних рослинних метаболітів, здатних впливати на мікробіоту, обмін речовин та імунну систему організму. Ефірні олії та полі фенольні сполуки характеризуються широким спектром антимікробної активності щодо харчових патогенів, зокрема *Escherichia coli* та *Salmonella spp.*, що зумовлено їхньою здатністю порушувати цілісність клітинних мембран бактерій та інгібувати ключові ферментні системи. Окрім пригнічення розвитку патогенів, фітобіотики також можуть стимулювати секрецію травних ферментів, сприяючи покращенню засвоєння поживних речовин і оптимізації загального метаболізму.

Ефірні олії – це леткі ароматичні сполуки рослинного походження, що містяться в таких рослинах, як орегано (*Origanum vulgare*), чебрець (*Thymus vulgaris*), розмарин (*Rosmarinus officinalis*), гвоздика (*Syzygium aromaticum*), кориця (*Cinnamomum verum*) та інших. Основними біологічно активними компонентами ефірних олій є тимол,

карвакрол, евгенол і циннамальдегід. Ці сполуки проявляють антимікробну активність, порушуючи цілісність клітинних мембран бактерій, інгібуючи їхній метаболізм і забезпечуючи виражений антимікробний ефект [9, 10].

Поліфеноли та флавоноїди – це природні антиоксидантні сполуки, широко представлені у зеленому чаї (*Camellia sinensis*), винограді (*Vitis vinifera*), гранаті (*Punica granatum*) та яблуках (*Malus domestica*). До основних представників цих класів належать кверцетин, катехіни та таніни. Вони проявляють антиоксидантну активність шляхом нейтралізації вільних радикалів, зниження оксидативного стресу та захисту клітин від структурних і функціональних ушкоджень.

Алкалоїди – це азотовмісні біологічно активні сполуки рослинного походження, які характеризуються імуномодулюючими, протизапальними властивостями, а також здатністю впливати на функціонування нервової системи. До рослин, що містять алкалоїди або алкалоїдоподібні сполуки, відносять женьшень (*Panax ginseng*), солодку голу (*Glycyrrhiza glabra*), мак снодійний (*Papaver somniferum*), а також різні види перцю. У чорному перці (*Piper nigrum*) основною біологічно активною речовиною є піперин, який стимулює секрецію травних ферментів, покращує засвоєння поживних речовин, проявляє антибактеріальну активність і підвищує біодоступність інших сполук. У червоному перці (*Capsicum annuum*) ключовим біоактивним компонентом є капсаїцин, що характеризується вираженими протизапальними, антиоксидантними та антимікробними властивостями. Завдяки комплексній дії цих сполук перець розглядається як один із ефективних природних фітобіотиків, який поєднує різні механізми дії – від пригнічення патогенних мікроорганізмів до модуляції імунної системи.

Сапоніни та глікозиди — це біологічно активні сполуки рослинного походження, що містяться у бобових культурах, зокрема сої (*Glycine max*), люцерні посівній (*Medicago sativa*) та женьшені (*Panax ginseng*). Вони характеризуються поверхнево-активними властивостями, здатністю модулювати імунну відповідь організму та проявляти антимікробну дію, зокрема пригнічувати ріст патогенних мікроорганізмів [3, 16, 21].

Механізм дії фітобіотиків можна узагальнити за декількома ключовими напрямками. По-перше, антибактеріальна активність, яка реалізується через порушення клітин-

них мембран мікроорганізмів, інгібування синтезу білків і пригнічення ключових метаболітичних процесів патогенів. По-друге, антиоксидантна дія, що полягає у нейтралізації вільних радикалів, зниженні рівня оксидативного стресу та стабілізації клітинних структур. По-третє, протизапальний ефект, який проявляється у зменшенні продукції прозапальних цитокінів. І, нарешті, імуномодулюючий вплив, що характеризується стимуляцією проліферації лімфоцитів, активацією макрофагів і підвищенням рівня імунoglobulinів, що в сукупності забезпечує більш ефективну імунну відповідь організму.

Мета дослідження полягала у визначенні впливу кормових добавок, зокрема підкислювача та фітобіотика, на продуктивність і стан здоров'я поросят у післявідлучний період.

Матеріал і методи дослідження. Для проведення науково-господарського дослідження було відібрано 6 гнізд по 12 поросят у кожному. Тварин розподілили на три групи: одну контрольну та дві дослідні, по 24 голови в кожній (табл. 1). Поросята була аналогами за віком (14 діб), живою масою (близько 4,5 кг), статтю (у кожній групі – 12 кнурців і 12 свинок) та походженням (трипородні гібриди). При формуванні груп також враховували продуктивність свиноматок, оскільки початок експерименту та формування груп припадали на підсисний період.

Для оцінки продуктивності щоденно проводили зважування тварин за допомогою електронних ваг «Smart DT-809», що давало змогу визначити середньодобові прирости живої маси. Кормову активність оцінювали за показниками середньодобового споживання корму, а ефективність його використання – за витратами корму на одиницю приросту (формула 1) [1].

$$Q = \frac{c}{p}, \quad (1)$$

де Q – витрати корму на одиницю приросту (г/г);
C – кількість спожитого корму (г);
P – приріст живої маси (г).

Стан травної системи контролювали шляхом реєстрації випадків діареї у кожній групі з подальшим визначенням їхньої частоти у відсотках від загальної кількості тварин (формула 2) [2].

$$F = \frac{Nd}{N} \times 100, \quad (2)$$

де F – частота виникнення діареї, %;
Nd – кількість тварин, у яких зафіксовано діарею, голів;
N – загальна кількість тварин у групі, голів.

Таблиця 1 – Схема науково-господарського досліду

Група	Умови годівлі:	
	зрівняльний період	основний період
1 – контрольна	ПК	ПК
2 – дослідна	ПК	ПК + підкислювач 2 кг/т (з підкислювачем на 1 т комбікорму додають мурашиної кислоти 780г/т, молочної кислоти 220 г/т, пропіонової кислота 190 г/т)
3 – дослідна	ПК	ПК + кормова добавка 0,5 кг/т (з кормовою добавкою на 1 т комбікорму додають <i>Allium sativum</i> (часник) 7,88 г, <i>Thymus vulgaris</i> (чебрець) 5,0 г, <i>Origanum vulgare</i> (орегано) 5,5 г)

Усі отримані дані піддавали статистичній обробці з визначенням середніх значень і стандартних похибок, що забезпечувало об'єктивність порівняння між групами та дало змогу оцінити ефективність застосованих кормових добавок.

Таким чином, методи досліджень ґрунтувалися на комплексному підході, що включав контроль продуктивності, споживання та конверсії корму, а також моніторинг стану здоров'я тварин. Це дало змогу всебічно оцінити вплив підкислювача та фітобіотика на фізіологічні та продуктивні показники поросят.

Результати дослідження та обговорення. Для годівлі тварин усіх груп використовували повнораціонний комбікорм-передстартер, до складу якого включали 26% зерна пшениці, 23% зерна ячменю, 22% зерна кукурудзи, 15% БВМД, 4% сухої сироватки та 3% рослинної олії. Поживність зазначеного комбікорму відповідала рекомендованим нормам годівлі свиней відповідного віку.

Одним із важливих показників продуктивності молодняку свиней є жива маса (табл. 2).

На початку та наприкінці зрівняльного періоду свині контрольної і дослідних груп незначно відрізнялися за живою масою. Так, у віці 14 діб різниця між групами за цим по-

казником становила 7,5 г, або 0,2 %. Водночас внутрішньогрупова варіабельність маси тіла не перевищувала 400 г, або 10 %, що відповідає вимогам до формування груп у науково-господарських дослідках на молодняку свиней.

Через сім діб застосування досліджуваних кормових добавок різниця між поросятами дослідних і контрольної груп суттєво змінилася. Починаючи з 28-ї доби, свині, які отримували підкислювач, за живою масою перевищували контрольних аналогів на 357,62 г, або 4,5 %, тоді як у групі, що отримувала фітобіотик, цей показник був вищим на 467,33 г, або 5,8 % порівняно з контролем. Слід зазначити, що виявлена різниця була статистично значущою.

На 35-ту добу різниця між групами стала ще більш вираженою, що, ймовірно, пов'язано зі стресом, зумовленим відлученням поросят. Установлено, що у групі тварин, які отримували підкислювач у складі комбікорму, жива маса перевищувала контрольний показник на 724,54 г, або 7,3 %. Водночас у групі, раціон якої містив фітобіотик, жива маса була більшою порівняно з контролем на 1133,21 г, або 11,4 %. При порівнянні дослідних груп між собою на 35-ту добу різниця становила 408,67 г, або 3,8 %.

Таблиця 2 – Динаміка живої маси свиней, г

Вік свиней, діб	Група тварин		
	1-ша контрольна	2-га дослідна	3-тя дослідна
14	4497,79±24,638	4490,38±25,111	4495,00±23,895
21	6262,67±25,850	6261,08±27,053	6263,08±25,536
28	8038,13±28,087	8395,75±22,221 ³	8505,46±28,782 ³
35	9956,42±34,975	10680,96±27,881 ³	11089,63±31,500 ³

Примітка: *** - $P < 0,001$ порівняно з контрольною групою.

Таким чином, обидві кормові добавки позитивно впливали на приріст живої маси поросят, однак застосування фітобіотики забезпечувало більш виражений ефект, особливо у післявідлучний період.

Для наочності динаміки росту свиней у різних групах було розраховано абсолютні прирости живої маси за період із 14-ї по 35-ту доби, що дає змогу порівняти ефективність застосування підкислювача та фітобіотики відносно контрольної групи, а також між собою (табл. 3).

У період від 14 до 21 доби істотних відмінностей між групами не спостерігалось, що зумовлено однаковими умовами годівлі. У період 22-28 днів абсолютні прирости живої маси суттєво зросли, що пов'язано з активізацією споживання кормів. Свині 2-ї дослідної групи, які отримували підкислювач, перевищували контрольних тварин за цим показником на 359,21 г, або 20,2 %. Поросята 3-ї дослідної групи, у раціоні яких застосовували фітобіотик, мали вищий абсолютний приріст живої маси порівняно з контролем на 466,92 г, або 26,3 %. Виявлена різниця між дослідними та контрольними групами у цьому віковому періоді була статистично значущою.

У віці 29–35 днів різниця між дослідними та контрольними тваринами також залишалася суттєвою, що пов'язано з різною реакцією

поросят на стрес після відлучення. За умов споживання підкислювача абсолютний приріст живої маси перевищував контрольний показник на 366,92 г, або 19,1 %, тоді як у групі, що отримувала фітобіотик, цей показник був вищим на 665,88 г, або 34,7 %.

За весь період з 22-ї по 35-ту добу абсолютний приріст живої маси свиней 2-ї дослідної групи (з використанням підкислювача у складі комбікорму) перевищував контрольні показники на 726,13 г, або 19,7 %, тоді як у поросят 3-ї дослідної групи (фітобіотик у комбікормі) цей показник був вищим на 1132,79 г, або 30,7 %. У зазначений період виявлена різниця була статистично значущою.

Таким чином, обидві досліджувані кормові добавки позитивно впливали на прирости живої маси поросят, однак застосування фітобіотики забезпечувало більш виражений ефект, особливо у післявідлучний період.

Показник середньодобових приростів живої маси є важливим критерієм оцінки інтенсивності росту тварин, оскільки дає змогу простежити зміни продуктивності у різні вікові періоди та визначити вплив підкислювача і фітобіотики на темпи приросту маси тіла порівняно з контрольною групою (табл. 4).

У період від 14 до 21 доби істотних відмінностей за середньодобовими приростами живої маси між групами не встановлено.

Таблиця 3 – Динаміка абсолютних приростів живої маси свиней, г

Вік свиней, днів	Група тварин		
	1-ша контрольна	2-га дослідна	3-тя дослідна
14–21	1764,88±6,354	1770,71±7,138	1768,08±5,818
22–28	1775,46±8,959	2134,67±15,299***	2242,38±10,390***
29–35	1918,29±16,924	2285,21±19,161***	2584,17±26,110***
22–35	3693,75±19,200	4419,88±25,479***	4826,54±24,411***

Примітка: *** - $P < 0,001$ порівняно з контрольною групою.

Таблиця 4 – Динаміка середньодобових приростів живої маси свиней, г

Вік свиней, днів	Група тварин		
	1-ша контрольна	2-га дослідна	3-тя дослідна
14–21	252,13±0,908	252,96±1,021	252,58±0,831
22–28	253,64±1,280	304,95±2,186***	320,34±1,484***
29–35	274,04±2,417	326,46±2,737***	369,17±3,729***
22–35	263,84±1,372	315,71±1,821***	344,75±1,743***

Примітка: *** - $P < 0,001$ порівняно з контрольною групою.

Починаючи з 22–28 діб, у тварин, які отримували підкислювач, середньодобові прирости перевищували контрольні показники приблизно на 51 мг, або 20 %, тоді як у групі з фітобіотиком – на понад 66 г, або 26 %.

У віці 29–35 діб різниця стала ще більш вираженою. Застосування підкислювача забезпечило підвищення середньодобового приросту більш ніж на 52 г, або 19 %, тоді як у групі, що отримувала фітобіотик, приріст був вищим на понад 95 г, або 35 % порівняно з контролем.

За весь період з 22-ї по 35-ту добу середньодобові прирости живої маси у групі, що отримувала підкислювач, були вищими приблизно на 52 г, або 20 %, тоді як у групі з фітобіотиком – на понад 81 г, або 31 % порівняно з контролем.

Різниця за середньодобовими приростами живої маси між тваринами контрольної та дослідних груп була статистично значущою протягом усього основного періоду експерименту.

Середньодобове споживання корму є показником, що відображає рівень апетиту та інтенсивність росту свиней, а його аналіз дає змогу оцінити вплив підкислювача та фітобіотика на кормову активність тварин у різні вікові періоди (табл. 5).

У віці 29–35 діб різниця стала ще більш вираженою: підкислювач забезпечував збільшення середньодобового споживання корму на 69 г, або 17 %, а фітобіотик – на 67 г, або 16 % порівняно з контролем. За весь період з 22-ї по 35-ту добу середньодобове споживання корму у групі з підкислювачем перевищувало контрольний рівень на 44 г, або 17 %, тоді як у групі з фітобіотиком – на 47 г, або 19 %.

Показник витрат корму на приріст живої маси свиней характеризує ефективність використання поживних речовин (табл. 6).

У віці 29–35 діб у тварин, що отримували підкислювач, витрати корму на приріст живої маси були меншими на 0,03 г/г, або 2 % порівняно з контролем, тоді як у групі з фітобіотиком – на 0,21 г/г, або 14 %.

За весь період основного дослідження (22–35 діб) включення підкислювача до складу комбікорму сприяло зниженню витрат корму на приріст на 0,02 г/г, або 2 %, тоді як застосування фітобіотика – на 0,09 г/г, або 9 % порівняно з контролем.

Частота випадків діареї є показником стану травної системи та загального здоров'я свиней, що дає змогу оцінити профілактичний ефект кормових добавок (табл. 7).

Таблиця 5 – Споживання корму за добу, г

Вік свиней, діб	Група тварин		
	1-ша контрольна	2-га дослідна	3-тя дослідна
14–21	51,5	51,1	51,7
22–28	92,6	110,7	119,4
29–35	413,8	482,9	481,1
22–35	253,2	296,8	300,3

Таблиця 6 – Витрати корму на приріст, г/г

Вік свиней, діб	Група тварин		
	1-ша контрольна	2-га дослідна	3-тя дослідна
29–35	1,51	1,48	1,30
22–35	0,96	0,94	0,87

У період від 14 до 21 доби споживання корму у всіх групах залишалося однаковим. У період 22–28 діб тварини, які отримували підкислювач, споживали на 18 г, або 19 % більше корму за добу порівняно з контролем, тоді як у групі з фітобіотиком цей показник був вищим майже на 27 г, або 29 %.

Частота випадків діареї є показником стану травної системи свиней. У період 22–28 діб у тварин дослідних груп частота діареї знизилася на 2,3 % порівняно з контролем, при цьому показники у групах із підкислювачем і фітобіотиком були однаковими. Найбільш виражені відмінності спостерігалися

у віці 29–35 діб, тобто після відлучення. У контрольній групі випадки діареї у свиней реєструвалися значно частіше, тоді як у тварин, які отримували підкислювач, цей показник був нижчим на 27,4 %, а у групі з фітобіотиком – на 29,2 %. Отримані результати свідчать, що обидві кормові добавки ефективно знижували ризик виникнення діареї, при цьому фітобіотик проявляв дещо більш виражений захисний ефект.

Таким чином, фітобіотики – це багатокомпонентні рослинні сполуки з комплексною біологічною дією, що включає антибактеріальні, антиоксидантні, протизапальні та імуномодулюючі ефекти. Їхнє застосування відкриває нові можливості для оптимізації тваринництва, зменшуючи залежність від синтетичних антибіотиків і відповідаючи сучасним вимогам безпечності та сталого розвитку [13, 19].

Таблиця 7 – Частота випадків діареї, %

Вік свиней, діб	Група тварин		
	1-ша контрольна	2-га дослідна	3-тя дослідна
14–21	6,5	7,1	7,7
22–28	6,5	4,2	4,2
29–35	37,5	10,1	8,3

Узагальнюючи результати досліджень, слід відзначити, що застосування підкислювача та фітобіотика позитивно впливало на продуктивні показники свиней. Обидві кормові добавки забезпечували підвищення абсолютних і середньодобових приростів живої маси, стимулювали споживання корму та покращували ефективність його конверсії. Найбільш виражений ефект спостерігався у групі, що отримувала фітобіотик: тварини демонстрували вищі прирости живої маси, ефективніше використовували корм і рідше хворіли на діарею, особливо у критичний період 29–35 діб після відлучення. Це свідчить про те, що фітобіотик є результативнішим засобом для підвищення інтенсивності росту та підтримання здоров'я свиней порівняно з підкислювачем.

Таким чином, обидві кормові добавки сприяли підвищенню інтенсивності росту, збільшенню споживання корму, покращенню його використання та зниженню частоти випадків діареї. Найбільш виражений ефект відзначено у групі, що отримувала фітобіотик.

Сучасні дослідження підтверджують, що фітобіотики мають потенціал не лише як альтернативи антибіотикам, а й як функціональні кормові добавки, здатні покращувати якість продукції та підвищувати її безпечність. Вони поєднують властивості природних консервантів, стимуляторів травлення та імуномодуляторів, що робить їх перспективним інструментом у тваринництві та харчовій промисловості.

У науковій літературі наводяться конкретні приклади застосування різних фітобіотиків у годівлі свиней, що мають доведений вплив на стан їхнього здоров'я та продуктивність.

Зокрема, застосування ефірної олії орегано у дозі 0,25 % у раціонах свиней у період транспортного стресу сприяло зниженню рівня кортизолу в сироватці на 38%, малондіальдегіду в печінці – на 43,9 %, а також підвищенню активності супероксиддисмутази на 22 %. Використання інкапсульованої олії орегано (0,05 %) призводило до збільшення висоти ворсинок тонкого кишківника на 6,3 % та підвищення середньодобових приростів на 15 %. В іншому дослідженні встановлено, що застосування цієї добавки також покращувало конверсію корму на 3 %.

Використання водних екстрактів орегано та чебрецю (0,02 %) сприяло зниженню рН кишкового вмісту на 8 %, підвищенню середньодобових приростів на 25 % та покращенню ефективності використання корму на 15 %.

Комбінація екстрактів орегано, кориці та червоного перцю (*Capsicum annuum*) у раціоні поросят сприяла зниженню активності печінкових ферментів: аланін амінотрансферази – на 32,4 %, аспартатамінотрансферази – на 29,1 %, лужної фосфатази – на 40 % та гамаглутамілтранспептидази – на 27,5 %. Це свідчить про виражений гепатопротекторний ефект зазначеної суміші [5, 11, 15].

Додавання часнику та кореня кульбаби (0,5 % і 5 % відповідно) сприяло зниженню вмісту жиру та холестерину у спинному салі,

м'язовій тканині та печінці, а також збільшенню площі «м'язового вічка» і виходу м'яса на 7,2 % та 12,2 % відповідно. Окрім того, середньодобові прирости живої маси підвищувалися на 7 %, а конверсія корму покращувалася на 6 %.

Застосування рослинних поліфенолів (0,8 %) сприяло збільшенню чисельності корисної мікрофлори кишківника, зокрема представників родини *Lactobacillaceae*, *Peptostreptococcaceae*, *Veillonellaceae*, а також зниженню кількості патогенних мікроорганізмів *Streptococcaceae* та *Erysipelotrichaceae*. Це свідчить про позитивний вплив поліфенолів на мікробіоту кишківника.

Додавання екстракту часнику (0,02 %) сприяло підвищенню середньодобових приростів живої маси на 13 % та покращенню ефективності використання корму на 10 %.

Використання суміші тимолю та карвакролу (0,05 %) у раціонах поросят сприяло збільшенню висоти ворсинок тонкого кишківника на 6,6 %. Це супроводжувалося підвищенням середньодобових приростів живої маси на 14 %, збільшенням споживання корму на 7 % та покращенням конверсії корму на 5 %.

Суміш екстрактів гіркого цитрусу, тимолю, карвакролу, виноградних кісточок, зеленого чаю та хмелю (0,1 %) підвищувала коефіцієнт засвоєння енергії на 2,5 %, висоту ворсинок тонкого кишківника – на 8,4 %, а також середньодобові прирости живої маси – на 11%. Використання комбінації цикорію, екстрактів плоду ріжкового дерева та пажитника (0,1 %) сприяло збільшенню чисельності *Bifidobacterium* та *Lactobacillus*, зниженню *Campylobacteraceae* на 8,6 % та підвищенню середньодобових приростів на 3 % [6, 7, 17].

Таким чином, наведені дані свідчать, що окремі фітобіотики – орегано, чебрець, кориця, перець, часник, кульбаба, поліфеноли, екстракти цитрусових, цикорію та інші – мають доведений позитивний вплив на стан здоров'я та продуктивність свиней. Вони сприяють зниженню стресових показників, покращенню морфології кишківника, модулюванню мікробіоти та підвищенню приростів живої маси.

Висновки. Встановлено, що застосування підкислювача та фітобіотика позитивно впливало на продуктивність свиней. Обидві кормові добавки забезпечували підвищення середньодобових приростів живої маси, стимулювали споживання корму та покращували його конверсію. Найбільш виражений ефект відзначено при використанні фітобіотика у годівлі поросят.

REFERENCES

1. Vlizlo, V.V., Fedoruk, R.S., Ratych, I.B., Vishchur, O.I., Sheremeta, V.I., Vushchan, V.V., Gunchak, Yu.P., Kotsiumbas, I.Yu., Levytskyi, T.R., Snitynskyi, V.V. (2012). Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine: Reference book. Lviv: SPOLOM, 764 p. (In Ukrainian).
2. Sobolyev, O.I., Nedashkivs'kyi, V.M., Petryshak, R.A., Sobolieva, S., Petryshak, O., Liskovych, V., Kuzmenko, P. (2022). Methodology and organization of scientific research in animal husbandry. Bila Tserkva: LLC "Bilotserkivdruk", 256 p. (In Ukrainian).
3. Alghirani, M.M., Chung, E.L.T., Jesse, F.F.A. (2021). Could Phytobiotics replace Antibiotics as Feed Additives to Stimulate Production Performance and Health Status in Poultry? An Overview. Journal of Advanced Veterinary Research, Vol. 11, Issue 4, pp. 254–265.
4. Ghimpețeanu, O.M., Pogurschi, E.N., Popa, D.C., Dragomir, N., Drăgoteiu, T., Mihai, O.D., Petcu, C.D. (2022). Antibiotic use in livestock and residues in food – A public health threat: a review. Foods. Vol. 11, Issue 10, 1430 p. DOI:10.3390/foods11101430
5. Biswas, S., Ahn, J.M., Kim, I.H. (2024). Assessing the potential of phytogenic feed additives: A comprehensive review on their effectiveness as a potent dietary enhancement for nonruminant in swine and poultry. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, Vol. 108, pp. 711–723. DOI:10.1111/jpn.13922
6. Caicedo, W., Chinque, D.M., Grefa, V.J. (2022). Phytobiotic additives and their effect on the productive performance of pigs. Cuban Journal of Agricultural Science, Vol. 56, Issue 2, pp. 1–15.
7. Pandey, S., Kim, E.S., Cho, J.H., Song, M., Doo, H., Kim, S., Keum, G.B., Kwak, J., Ryu, S., Choi, Y., Kang, J., Choe, J., Kim, H.B. (2023). Cutting-edge knowledge on the roles of phytobiotics and their proposed modes of action in swine. Frontiers in Veterinary Science, Vol. 10. DOI:10.3389/fvets.2023.1265689
8. Peng, C., Ghanbari, M., May, A., Abeel T. (2024) Effects of antibiotic growth promoter and its natural alternative on poultry cecum ecosystem: an integrated analysis of gut microbiota and host expression. Frontiers in Microbiology, Vol. 15. DOI:10.3389/fmicb.2024.1492270
9. Ali, S.S., Al-Tohamy, R., Al-Zahrani, M., Badr, A., Sun, J. (2025). Essential oils and plant-derived bioactive compounds: a comprehensive review of their therapeutic potential, mechanisms of action, and advances in extraction technologies. Phytochemistry Reviews, Vol. 25, pp. 223–271. DOI:10.1007/s11101-025-10123-8
10. de Sousa, D.P., Damasceno, R.O.S., Amorati, R., Elshabrawy, H.A., de Castro, R.D., Bezerra, D.P., Nunes, V.R.V., Gomes, R.C., Lima, T.C. (2023). Essential Oils: Chemistry and Pharmacological Activities. Biomolecules, Vol. 13, Issue 7, 1144 p. DOI:10.3390/biom13071144
11. Garavito-Duarte, Ye., Deng, Z., Kim, S.W. (2025). Literature review: opportunities with phytobiotics for health and growth of pigs. Annals of

Animal Science, Vol. 25, Issue 4, pp. 1237–1247. DOI:10.2478/aoas-2024-0119

12. Kirchhelle, C. (2018). Pharming animals: a global history of antibiotics in food production (1935–2017). *Palgrave Commun*, Vol. 4, 96 p. DOI:10.1057/s41599-018-0152-2

13. Ntsongota, Z., Ikusika, O., Jaja, I.F. (2025). The role of phytogetic feed additives in growth and immune response in livestock production: a global systematic review. *Frontiers in Animal Science*, Vol. 6. DOI:10.3389/fanim.2025.1703112

14. Cojocariu, L.-C., Usturoi, M.-G., Usturoi, A., Lazăr, M., Balmuş, I.M., Simeanu, D., Radu-Rusu, R.-M. (2026). Phytobiotics as Dietary Natural Growth Promoters in Producing High-Quality and Safe Poultry Products – A Narrative Review. *Agriculture*, Vol. 16, Issue 4, 443 p. DOI:10.3390/agriculture16040443

15. Madesh, M., Yan, J., Jinan, G., Hu, P., Kim, I.H., Liu, H.-Yu., Ennab, W., Jha, R. Cai, D. (2025). Phyto-genics in swine nutrition and their effects on growth performance, nutrient utilization, gut health, and meat quality: a review. *Stress Biology*, Vol. 5, 11 p. DOI:10.1007/s44154-024-00209-2

16. Rachwal, K., Gustaw, K. (2025). Plant-Derived Phytobiotics as Emerging Alternatives to Antibiotics Against Foodborne Pathogens. *Applied Sciences*, Vol. 15, Issue 12, 6774 p. DOI:10.3390/app15126774

17. Radzikowski, D., Milczarek, A. (2022). Efficiency of herbs and botanicals in pig feeding. *Animal Science and Genetics*, Vol. 18, Issue 2, pp. 73–87. DOI:10.5604/01.3001.0015.9442

18. Dimuccio, M.M., Conforti, V., Celentano, F.E., Circella, E., Salvaggiulo, A., Bozzo, G., Corrente, M. (2026). Regulation of antibiotic use in livestock: european and international strategies to prevent and control antimicrobial resistance and ensure animal welfare. *Antibiotics*, Vol. 15, Issue 1, 67 p. DOI:10.3390/antibiotics15010067

19. Waqas, M., Waqar, M., Jawhar, S.A., Salman, M., Rahman, A., Hussain, J., Mehmood, S., Nastoh, N.A., Chaijanc, M., Ahmad, S. (2026). Revitalizing rural poultry with phytobiotics: a natural path to sustainability. *World's Poultry Science Journal*, pp. 1–49. DOI:10.1080/00439339.2026.2627510

20. Zheng, S., Li, Y., Chen, C., Wang, N., Yang, F. (2025). Solutions to the Dilemma of Antibiotics Use in Livestock and Poultry Farming: Regulation Policy and Alternatives. *Toxics*, Vol. 13, Issue 5, 348 p. DOI:10.3390/toxics13050348

21. Deminicis, R.G. da S., Meneghetti, C., Oliveira, E.B., de Garcia Júnior, A.A.P., Farias Filho, R.V., Deminicis, B.B. (2021). Systematic review of the use

of phytobiotics in broiler nutrition. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages. Vol. 20, Issue 1, pp. 98–106. DOI:10.5965/223811712012021098.

22. World Health Organization. (2014). *Antimicrobial resistance: global report on surveillance*. Geneva, 256 p.

Growth performance of piglets fed prestarter compound feeds with antimicrobial additives

Tytariova O., Stavetska R., Hyrych D.

The study examines the effect of feed additives (an acidifier and a phytobiotic) on the productivity and health status of young piglets. The aim was to evaluate the effectiveness of these additives in increasing average daily gain, improving feed conversion, and reducing the incidence of diarrhea.

Three groups of animals were formed: a control group receiving a basal diet, and two experimental groups supplemented with an acidifier and a phytobiotic, respectively. Observations were conducted during the age periods of 22–28 and 29–35 days, corresponding to one week before and one week after weaning.

At 22–28 days of age, the average daily gain (ADG) was 254 g in the control group, 305 g in the acidifier group, and 320 g in the phytobiotic group. During the 29–35 day period (post-weaning), ADG increased to 274 g, 326 g, and 369 g, respectively.

Feed intake in the experimental groups exceeded that of the control group by 18–27 g at 22–28 days and by 67–69 g at 29–35 days. The feed conversion ratio (FCR) was 1.51 in the control group, 1.48 in the acidifier group, and 1.30 in the phytobiotic group.

The most pronounced differences were observed in the incidence of diarrhea, which reached 37.5 % in the control group, while decreasing to 10.1 % in the acidifier group and 8.3 % in the phytobiotic group.

Thus, the results confirmed that dietary supplementation with an acidifier and a phytobiotic improves growth performance, increases feed intake, enhances feed efficiency, and reduces diarrhea incidence. The most pronounced effect was observed in the phytobiotic group, where ADG increased by 67–95 g, FCR decreased by 0.09–0.21, and diarrhea incidence was reduced by approximately 30 % compared with the control group. These findings highlight the promising potential of phytobiotics as an effective tool for improving productivity and maintaining pig health during the early post-weaning period.

Keywords: suckling piglets, weaning, acidifier, phytobiotic, average daily gain, feed intake, feed conversion ratio, diarrhea.



Copyright: Титарьова О.М., Ставецька Р.В., Гирич Д.С. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Титарьова О.М.

Ставецька Р.В.

<https://orcid.org/0000-0003-4820-809X>

<https://orcid.org/0000-0003-0149-1908>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК 636.2.082.2:636.034

Мінливість показників відтворювальної здатності корів залежно від впливу різних чинників

Федорович Є.І. , Федорович В.В. , Стецишин М.С. 

Інститут біології тварин НААН



E-mail: logir@ukr.net



Федорович Є.І., Федорович В.В., Стецишин М.С. Мінливість показників відтворювальної здатності корів залежно від впливу різних чинників. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 100–110.

Fedorovych Ye., Fedorovych V., Stetsyshyn M. Variability of reproductive performance traits in cows depending on various factors. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 100–110.

Рукопис отримано: 01.03.2026 р.

Прийнято: 15.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-100-110

ISSN 2310-9289

У статті наведено результати дослідження мінливості показників відтворювальної здатності корів української чорно-рябої молочної породи залежно від генетичних і селекційних чинників. Дослідження проведено в ДП ДГ «Олександрівське» Вінницької області на коровах-первістках із використанням ретроспективного аналізу даних зоотехнічного обліку. Вивчено показники живої маси при першому отеленні, віку першого отелення та тривалості першого сервіс-періоду. Оцінено вплив походження за батьком, лінійної належності, методів підбору батьківських пар і способів розведення на формування відтворювальних якостей тварин.

Установлено, що середня жива маса корів при першому отеленні становила 520,6 кг, вік першого отелення – 27,4 місяців, а тривалість першого сервіс-періоду – 168,8 днів. Виявлено суттєвий вплив бугаїв-плідників на показники відтворювальної здатності дочок. Найвищими показниками живої маси та віку при першому отеленні характеризувалися дочки бугая Жамеса, тоді як найдовший сервіс-період спостерігався у потомків бугая Ладоніса.

Установлено достовірні міжлінійні відмінності за досліджуваними ознаками. Первістки лінії Старбака відзначалися вищою живою масою при першому отеленні, тоді як тварини лінії Ханеве характеризувалися найбільшим віком першого отелення. Найдовший сервіс-період виявлено у корів лінії Елевейшна.

Доведено, що внутрішньолінійний і міжлінійний підбір по-різному впливають на формування показників відтворювальної здатності. За внутрішньолінійного розведення найвищі показники живої маси при першому отеленні встановлено у тварин лінії Старбака, тоді як за міжлінійного підбору – у первісток кросу Кавалера–Старбака. Виявлено перевагу чистопородного розведення над схрещуванням за показниками скороспілості тварин. Установлено, що зі збільшенням частки спадковості голштинської породи до понад 93,7 % спостерігалось зменшення віку першого отелення, однак суттєвого погіршення інших показників відтворювальної здатності не виявлено. Отримані результати свідчать про доцільність урахування генетичних чинників у селекційно-племянній роботі з метою підвищення ефективності відтворення молочної худоби.

Ключові слова: українська чорно-ряба молочна порода, корови-первістки, відтворювальна здатність, жива маса, бугаї-плідники, лінійна належність, міжлінійний і внутрішньолінійний підбір, чистопородне розведення та схрещування, селекційно-племянна робота.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Унаслідок інтенсивної селекції на сучасному етапі розвитку молочного скотарства досягнуто значного прогресу в підвищенні продуктивності великої рогатої худоби. Водночас суттєве зростання генетичного потенціалу молочних корів супроводжується низкою негативних наслідків, зокрема погіршенням показників репродуктивної функції організму. Оскільки подальша інтенсифікація галузі неможлива без урахування відтворювальної здатності телиць і корів, ефективна реалізація їхнього репродуктивного потенціалу залишається одним із найактуальніших і найпроблемніших питань сучасного тваринництва як в Україні, так і у світі.

Мінливість показників відтворювальної здатності корів є складним явищем, зумовленим поєднанням генетичних і середовищних чинників. Основними критеріями оцінки репродуктивного потенціалу тварин є вік першого отелення, тривалість сервіс- і міжотельного періодів, індекс осіменіння і коефіцієнт відтворювальної здатності. Незважаючи на те, що рівень детермінації репродуктивних ознак зазвичай є нижчим порівняно з показниками молочної продуктивності, генетична складова відіграє важливу роль у їхньому формуванні [1–3].

Серед основних спадкових чинників дослідники виокремлюють походження тварин за батьком, оскільки вплив бугая зумовлює від 4,2 % до 55,8 % загальної фенотипової мінливості [2]. Водночас встановлено існування препотентних бугаїв-поліпшувачів, дочки яких характеризуються, зокрема, значно меншим віком першого отелення [4]. Окрім того, на показники відтворювальної здатності істотно впливають міжпородна диференціація та кросбридинг. Так, корови української червоно-рябої молочної породи характеризуються коротшими сервіс- і міжотельними періодами – відповідно на 23 та 22 дні – порівняно з чорно-рябими ровесницями [2]. Водночас активна голштинізація та збільшення частки спадковості голштинської породи нерідко супроводжується погіршенням репродуктивної здатності, скороченням тривалості продуктивного використання та виникненням ускладнень отелення. Зокрема, частота дистоції у голштинських первісток може перевищувати 17 %. У цьому контексті важливе значення має також країна селекції бугая-плідника [2, 5].

Поряд із генетичними чинниками значна частина мінливості показників відтворювальної здатності зумовлена впливом середовищних і технологічних факторів,

серед яких чітко простежується фізіологічний антагонізм між репродуктивною функцією та рівнем молочної продуктивності. Плейотропна дія генів і високе функціональне навантаження на організм призводять до того, що зі збільшенням надою за лактацію на 1000 кг тривалість сервіс-періоду зростає в середньому на 16–28 днів. У зв'язку з цим оптимальним для збереження належного рівня фертильності вважається роздоювання первісток до 8 т молока за лактацію [3, 5].

Додатковий вплив на репродуктивну функцію мають умови годівлі, утримання та параметри мікроклімату. Встановлено, що навіть сезон і рік отелення характеризуються статистично значущим впливом на показники відтворення, причому частка впливу року може сягати 5,6 %, що безпосередньо пов'язано з коливаннями якості кормової бази [2].

Важливе значення має також технологія відтворення стада, оскільки до 70 % випадків тимчасового безпліддя зумовлені порушеннями у роботі техніків штучного осіменіння. Окрім того, у голштинізованих стадах серйозною проблемою залишається висока рання ембріональна смертність [6].

Незважаючи на те, що селекція тварин за показниками відтворювальної здатності є досить складною через низький рівень успадкованості цих ознак, низка дослідників зазначає суттєву залежність репродуктивної функції від генетичних чинників, зокрема породної, типологічної та лінійної належності тварин. У зв'язку з цим цілеспрямований добір за показниками відтворювальної здатності є науково обґрунтованим і практично доцільним напрямом селекційної роботи [7–13]. З огляду на зазначене актуальним науковим і практичним завданням є поглиблене дослідження мінливості показників відтворювальної здатності корів залежно від комплексу генетичних чинників.

Метою дослідження було встановити особливості мінливості показників відтворювальної здатності у корів залежно від походження за батьком, лінійної належності, методів підбору батьківських пар і способів розведення.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено у ДП ДГ «Олександрівське» Вінницької області на коровах-первістках української чорно-рябої молочної породи. Відтворювальну здатність підконтрольних тварин вивчали методом ретроспективного аналізу даних зоотехнічного обліку. При цьому оцінювали вік і живу масу при першому отеленні, а також тривалість першого сервіс-періоду.

Для дослідження впливу походження за батьком на мінливість показників відтворювальної здатності враховували бугаїв-плідників, які мали не менше 10 дочок. Під час оцінювання впливу лінійної належності до аналізу включали лінії, представлені щонайменше трьома бугаями-плідниками із загальною кількістю дочок не менше 10 голів. Окрім того, вивчали вплив внутрішньолінійного та міжлінійного (кросів ліній) на формування показників відтворювальної здатності тварин.

Для з'ясування впливу різних методів розведення на показники репродуктивної функції корів тварин було розподілено на групи залежно від генотипу з виділенням чистопородних особин. При цьому у вибірках визначали середню умовну частку спадковості голштинської породи у первісток української чорно-рябої молочної породи. Тварин із умовною кровністю за голштинською породою понад 95,75 % відносили до голштинської породи.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методами математичної статистики та біометрії з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel. Сту-

пів міжгрупової диференціації оцінювали шляхом порівняння середніх арифметичних значень за кожною досліджуваною ознакою. Достовірність різниці між груповими середніми визначали за критерієм достовірності Стьюдента (t). Різницю між середніми величинами вважали статистично значущою за рівнів імовірності $P < 0,05$ (*), $P < 0,01$ (**), $P < 0,001$ (***)

Результати дослідження та обговорення. На основі ретроспективного аналізу даних зоотехнічного обліку встановлено, що середня жива маса тварин при першому отеленні становила 520,6 кг, вік першого отелення – 27,4 місяців, а тривалість першого сервіс-періоду – 168,8 днів.

Серед найважливіших складових селекційного вдосконалення молочної худоби провідне місце належить інтенсивному використанню бугаїв-плідників [14–17].

Установлено, що бугаї-плідники суттєво впливали на показники відтворювальної здатності дочок-первісток. Зокрема, найвищими показниками живої маси та найстаршим віком при першому отеленні характеризувалися дочки бугая Жамеса (табл. 1).

Таблиця 1 – Відтворювальна здатність корів-первісток залежно від походження за батьком

Кличка та інвентарний номер батька	Жива маса при першому отеленні, кг		Вік при першому отеленні, днів		Тривалість першого сервіс-періоду, днів	
	n	$\bar{x} \pm S.E.$	n	$\bar{x} \pm S.E.$	n	$\bar{x} \pm S.E.$
Детектив DE 349159846	29	525,5±3,11	38	814,5±9,03***	38	147,5±43,02
Джокс DE 113080315	11	522,3±5,66	11	799,3±30,2**	11	155,0±23,32*
Джорін Ред DE 114414759	15	509,7±6,63**	15	776,3±14,05*** ³	15	191,0±30,28
Джорнадо Ред DE 114386106	11	514,1±6,94*	19	786,1±19,24*** ¹	19	150,9±17,28**
Ельдорадо DE 579136891	40	515,5±2,97**	40	774,0±13,69*** ³	40	164,2±17,24*
Жамес СА 373870016	3	540±7,09 ²	13	967,5±26,44 ³	13	169,3±40,25
Кадіско Ред DE 578904182	40	522,4±3,27*	44	793,1±11,73*** ²	44	179,2±17,83*
Канцлер Ред DE 768305280	8	520,0±5,75*	13	782,9±10,7*** ³	13	171,8±26,74
Конбео Ред Т DE 579810507	13	524,6±3,02	13	844,5±12,95***	13	120,0±19,88*** ¹
Л.Т.Малоні US 62294308	8	520,0±10,04	16	760,3±12,06*** ³	16	180,9±28,65
Ладоніс DE 348082142	24	516,9±4,63*	30	805,4±11,85*** ¹	30	248,3±28,88 ²
Лобіто NL 173740907	24	513,7±4,36**	33	785,9±8,67*** ³	33	152,3±15,75**
Р.Джастіфай US 137513097	9	512,2±5,99*	16	772,1±11,11*** ³	16	191,9±23,25
Рексфорд Ред US 135654455	4	531,2±3,15 ²	12	843,8±29,84*	12	119,5±15,83*** ²
Роман Ред DE 660886883	26	526,0±5,10	44	867,3±17,42*** ¹	44	158,0±14,27**
Рувілло Ред DE 347440967	21	516,7±5,26*	34	825,5±14,62***	34	205,9±26,30
С.Аріотл Ред US 63026616	6	520,0±5,77	13	784,6±15,10*** ²	13	142,2±22,41**
Самсон HU 3014630920	5	525,0±5,24	12	855,1±25,10*	12	164,2±23,96*
Тренд DE 2761400782690	37	524,7±3,38	47	838,2±12,93***	47	182,3±16,44
Трубадур DE 343643346	8	525,0±6,67	12	862,2±20,86*	12	190,9±33,17
Тумпі DE 112367468	6	503,3±8,53* ¹	19	873,6±26,92*	19	182,9±30,96
Тундер СА 373830285	3	535,0±12,58	23	921,0±20,77 ³	23	126,4±18,55** ¹
Фідібус DE 579888341	41	516,1±3,06**	54	783,0±8,96*** ³	54	160,3±15,69**
Інші бугаї-плідники	71	526,0±2,57 ¹	141	879,0±11,77*** ³	141	166,8±9,49**

Примітка: У цій і наступній таблицях достовірність різниці наведена при порівнянні з найвищим значенням ознаки (* – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$) та з середнім по стаду (¹ – $P < 0,05$; ² – $P < 0,01$; ³ – $P < 0,001$).

Потенційно нижчі значення зазначених показників спостерігалися у дочок інших бугаїв-плідників, які отелилися у вірогідно ($P < 0,05-0,001$) молодшому віці – на 88,5–207,2 дня, за винятком дочок бугая Тундера, для яких різниця була статистично недостовірною. За живою масою при першому отеленні достовірну перевагу дочок бугая Жамеса встановлено над дочками бугаїв Джоріна, Джорнада, Ельдорада, Кадіска, Канцлера, Ладоніса, Лобіта та Р. Джастіфая ($P < 0,05-0,01$) – на 17,6–36,7 кг.

Найдовшим першим сервіс-періодом характеризувалися дочки бугая Ладоніса. Вони достовірно переважали ($P < 0,05-0,001$) потомків плідників Джокуса, Джорнада, Ельдорада, Кадіска, Конбеа, Лобіта, Рексфорда, Романа, С. Арісотла, Самсона, Тундера та Фідібуса на 69,1–128,8 дня, тоді як порівняно з дочками інших бугаїв перевага становила 42,4–99,8 дня і була статистично недостовірною.

Дочки бугаїв Жамеса, Рексфорда та інших плідників за живою масою при першому отеленні переважали середнє значення по стаду відповідно на 19,4 ($P < 0,01$), 10,6 ($P < 0,01$) і 5,4 ($P < 0,05$), тоді як потомки бугая Тумпі поступалися йому на 17,3 кг ($P < 0,05$).

За віком першого отелення дочки бугаїв Джоріна, Джорнада, Ельдорада, Кадіска, Канцлера, Л. Т. Малоні, Ладоніса, Лобіта, Р. Джастіфая, С. Арісотла і Фідібуса характеризувалися нижчими показниками порівняно із середніми значеннями по стаду – на 26,6–71,7 ($P < 0,05-0,001$). Натомість дочки бугаїв Жамеса, Романа, Тундера та інших плідників переважали середній показник на 35,3–135,5 дня ($P < 0,05-0,001$).

Тривалість першого сервіс-періоду була меншою порівняно із середнім значенням по стаду у корів, що походили від бугаїв Конбеа, Роксфорда і Тундера, відповідно

на 48,8 ($P < 0,05$), 49,3 ($P < 0,01$) та 42,4 ($P < 0,05$) дня. Водночас у дочок бугая Ладоніса цей показник був більшим на 79,5 дня ($P < 0,01$). У тварин, отриманих від інших бугаїв-плідників, жива маса, вік при першому отеленні та тривалість першого сервіс-періоду статистично вірогідно не відрізнялася від середніх значень відповідних показників по стаду.

Еволюційний потенціал породи значною мірою визначається її генеалогічною структурою. Належність тварини до певного генеалогічного формування – породи, лінії, родини – істотно впливає на розвиток господарських корисних ознак, зокрема показників репродуктивної здатності [13, 15–16].

Аналіз показників відтворювальної здатності корів-первісток різних ліній виявив статистично достовірні міжлінійні відмінності (табл. 2).

Так, жива маса при першому отеленні у первісток ліній Чіфа та Елевейшна була вірогідно нижчою порівняно з тваринами ліній Кавалера та Старбака – відповідно на 10,1 ($P < 0,001$) та 12,0 ($P < 0,001$) кг, а також на 7,6 ($P < 0,05$) і 9,5 кг ($P < 0,01$). Порівняно із середнім значенням по стаду жива маса первісток лінії Чіфа була меншою на 6,6 кг ($P < 0,01$), тоді як у тварин лінії Старбака цей показник перевищував середній рівень на 5,04 кг ($P < 0,05$). В інших випадках різниця за цим показником була статистично недостовірною.

Найбільший вік при першому отеленні встановлено у корів лінії Х.Т.С. Ханеве. Вони достовірно переважали за цим показником первісток ліній Кавалера, Чіфа, Елевейшна та Старбака на 107,1–136,2 дня ($P < 0,001$). У тварин лінії Чіфа вік при першому отеленні був меншим порівняно із середнім показником по стаду на 30,2 дня ($P < 0,001$), тоді як у первісток ліній Валіанта та Х.Т.С. Ханеве він перевищував середнє значення відповідно на 70,2 ($P < 0,01$) та 106 ($P < 0,001$) днів.

Таблиця 2 – Відтворювальна здатність корів-первісток різних ліній

Лінія	Жива маса при першому отеленні, кг		Вік першого отелення, днів		Тривалість першого сервіс-періоду, днів	
	n	$x \pm S.E.$	n	$x \pm S.E.$	n	$x \pm S.E.$
К.Л.С. Кавалера US 1620273	62	524,1±2,25	79	825,8±8,87***	79	168,9±12,0
П.Ф.А. Чіфа US 1427381	113	514,0±1,99 ²	155	801,8±7,76*** ³	155	166,2±8,63
Р.О.Р.А. Елевейшна US 1491007	97	516,5±2,14	146	822,0±8,79***	146	191,7±11,32
С.В.Д. Валіанта US 1650414	8	525,0±5,67	17	902,2±26,49 ²	17	176,6±24,08
Х.Х. Старбака CA 352790	81	526,0±2,38 ¹	137	830,9±8,80***	139	155,6±7,42**
Х. Т. С. Ханеве 1629391	4	530,0±11,73	24	938,0±28,56 ³	24	141,2±19,93*
Інші лінії	98	524,7±2,06	154	851,9±9,37	154	164,7±8,89

Щодо тривалості першого сервіс-періоду, найвищі значення цього показника довшим він був у первісток лінії Елевейшна. У корів ліній Старбака та Х.Т.С. Ханеве цей показник був нижчим на 36,1 ($P < 0,01$) та 50,5 днів ($P < 0,05$) відповідно. Між тваринами інших ліній відмінності за тривалістю першого сервіс-періоду були статистично недостовірними. Окрім того, порівняння із середнім значенням по стаду не виявило достовірних відмінностей за цим показником.

Фундаментальне значення у селекційно-племінній роботі з молочною худобою має правильний підбір батьківських пар, який ґрунтується на збереженні та посиленні господарськи цінних ознак, за якими ведеться добір. Вибір оптимальних комбінацій батьків є одним із ключових принципів селекційного процесу. Він дає змогу не лише закріпити позитивні властивості обох батьків у потомстві, а й усунути або мінімізувати їхні недоліки, формуючи нові комбінації ознак, що можуть проявитися на рівні групи, стада чи навіть породи загалом.

Ефективне проведення такої роботи передбачає систематичне розведення за лініями та родинами, що сприяє стабілізації та підвищенню господарсько корисних ознак тварин. Прискорення генетичного прогресу досягається завдяки поєднанню внутрішньолінійного розведення та кросів ліній, що дає змогу максимально ефективно використовувати спадковий потенціал високопродуктивних тварин [18–20].

Результати дослідження свідчать, що за внутрішньолінійного розведення найбільшу живу масу при першому отеленні мали первістки лінії Старбака. Вони достовірно перевищували за цим показником первісток лінії Чіфа на 23,5 кг ($P < 0,05$), лінії Елевейшна – на 13,7 кг, лінії С.Т. Рокіта – на 4,8 кг, а лінії Ханеве – на 3,2 кг (табл. 3). Отримані дані свідчать про суттєвий вплив генетичного походження на формування фізіологічних показників тварин.

Щодо віку при першому отеленні, найвищі значення цього показника зафіксовано у первісток лінії Ханеве. Порівняно з ними первістки ліній Чіфа, Елевейшна, С.Т. Рокіта та Старбака характеризувалися значно меншим віком при першому отеленні – відповідно на 236,2 ($P < 0,01$), 164,1 ($P < 0,05$), 50,0 та 157,0 днів. Це свідчить про те, що генетичні особливості лінії Ханеве зумовлюють пізніше настання репродуктивної зрілості порівняно з іншими лініями.

За тривалістю першого сервіс-періоду між первістками різних ліній достовірної різниці не виявлено. Водночас простежувалася тенденція до найдовшої тривалості сервіс-періоду у тварин лінії Чіфа та найкоротшої – у первісток лінії С.Т. Рокіта, що може бути пов'язано з індивідуальними особливостями статевого та гормонального дозрівання тварин.

За міжлінійного розведення найвищою живою масою при першому отеленні характеризувалися первістки кросу ліній Кавалера-Старбака (табл. 4). За цим показником вони вірогідно ($P < 0,05–0,01$) переважали тварин кросів ліній Кавалера-Чіфа, Кавалера-Елевейшна, Чіфа-Елевейшна, Чіфа-Старбака, Елевейшна-Чіфа, С.Т. Рокіта-Чіфа, Старбака-Чіфа і Ханеве-Чіфа на 15,3–25,6 кг, а також невірогідно переважали особин кросів ліній Р. Мексімеса-Чіфа, Елевейшна-Старбака, Валіанта-Чіфа, Старбака-Кавалера, Старбака-Елевейшна, Старбака-Каділлака і Ханеве-Старбака – на 2,5–23,1 кг.

У первісток кросу ліній Старбака-Кавалера вік при першому отеленні був вірогідно вищим ($P < 0,05; 0,001$), ніж у тварин кросів ліній Кавалера-Чіфа, Чіфа-Елевейшна, Чіфа-Старбака, Елевейшна-Старбака, Валіанта-Чіфа, Старбака-Чіфа, Старбака-Елевейшна, Старбака-Каділлака і Ханеве-Чіфа – на 55,9–106,9 днів. Порівняно з кросами ліній Кавалера-Елевейшна, Кавалера-Старбака, Р. Мексімеса-Чіфа, Елевейшна-Чіфа, С.Т. Рокіта-Чіфа і Ханеве-Старбака цей показник був невірогідно вищим – на 21,5–69,3 дня.

Таблиця 3 – Відтворювальна здатність первісток при внутрішньолінійному розведенні

Лінія	Жива маса при I отеленні, кг		Вік при I отеленні, днів		Тривалість I сервіс-періоду, днів	
	n	$x \pm S.E.$	n	$x \pm S.E.$	n	$x \pm S.E.$
П.Ф.А. Чіфа US 1427381	5	508,0 \pm 8,60*	9	761,2 \pm 19,82**	9	175,8 \pm 26,28
Р.О.Р.А. Елевейшна US 1491007	9	517,8 \pm 7,17	18	833,3 \pm 25,00*	18	135,7 \pm 13,97
С.Т. Рокіта СА 252803	3	526,7 \pm 14,53	7	947,4 \pm 28,51	7	109,9 \pm 23,49
Х.Х. Старбака СА 352790	10	531,5 \pm 5,58	14	840,4 \pm 33,22	14	155,1 \pm 23,65
Х.Т.С. Ханеве 1629391	3	528,3 \pm 1,64	5	997,4 \pm 74,95	5	167,8 \pm 61,12

За тривалістю першого сервіс-періоду між тваринами досліджуваних кросів ліній вірогідної різниці не встановлено. Водночас найвищим цей показник був у первісток кросу ліній Кавалера-Елевейшна, а найнижчим – у особин кросу ліній Валіанта-Чіфа.

Основним методом удосконалення порід є чистопородне розведення. Його застосування передбачає збереження та поліпшення накопичених породних ознак і є доцільним за умов високої концентрації чистопородного поголів'я та достатнього рівня продуктивності тварин, що дає змогу здійснювати племінну роботу з породою [21–25].

За чистопородного розведення, порівняно зі схрещуванням, жива маса корів при першому отеленні була на 0,9 кг вищою, вік при першому отеленні – на 25,0 днів ($P < 0,001$) меншим, а тривалість першого сервіс-періоду – на 9,4 дня довшою (табл. 5).

Одним із ефективних шляхів докорінного поліпшення популяції вітчизняної молочної худоби є використання генофонду кращих зарубіжних порід. Особливої уваги заслуговує залучення генофонду голштинської породи, позаяк вона отримала світове визнання та була використана для створення низки молочних порід, що є основною передумовою їхнього високого генетичного потенціалу [22, 26]

Водночас питання доцільності використання голштинських бугаїв на маточному поголів'ї вітчизняних молочних порід залишається дискусійним. Багато дослідників повідомляють, що зі збільшенням частки умовної кровності голштинської породи в генотипі тварин загострюються проблеми, пов'язані з погіршенням стану здоров'я та зниженням відтворювальної здатності тощо [5].

Таблиця 4 – Відтворювальна здатність первісток при міжлінійному розведенні

Крос ліній (мати-батько)	Показник					
	жива маса при I отеленні, кг		вік при I отеленні, днів		тривалість I сервіс- періоду, днів	
	n	$x \pm S.E.$	n	$x \pm S.E.$	n	$x \pm S.E.$
Кавалера 1620273 – Чіфа 1427381	15	516,7±6,76*	17	766,1±17,25***	17	181,3±28,55
Кавалера 1620273 – Елевейшна 1491007	9	515,0±7,12*	13	813,3±41,75	13	266,9±58,98
Кавалера 1620273 – Старбака 352790	9	535,6±4,75	14	834,4±18,48	14	149,8±22,98
Чіфа 1427381– Елевейшна 1491007	24	517,3±4,61**	36	808,3±13,04***	36	177,8±16,07
Чіфа 1427381– Старбака 352790	15	520,3±5,22*	22	817,1±12,99***	22	192,8±21,81
Р.Мексімеса 297414 – Чіфа 1427381	7	519,3±8,89	11	803,7±36,14	11	148,6±25,44
Елевейшна 1491007 – Чіфа 1427381	8	513,1±7,25*	10	804,3±32,48	10	158,0±37,47
Елевейшна 1491007– Старбака 352790	11	521,4±4,91	18	809,9±23,06*	18	146,3±17,73
Валіанта 1650414 – Чіфа 1427381	9	522,2±5,21	11	809,7±25,51*	11	135,9±25,97
С.Т.Рокіта 252803 – Чіфа 1427381	11	510,0±7,42**	16	821,4±30,23	16	183,1±34,31
Старбака 352790 – Кавалера 1620273	8	533,1±6,40	10	873,0±6,40	10	169,5±31,22
Старбака 352790 – Чіфа 1427381	16	512,5±4,56**	23	780,8±15,22***	23	164,9±26,75
Старбака 352790 – Елевейшна 1491007	12	522,9±4,67	22	799,5±17,61***	22	209,9±27,38
Старбака 352790 – Каділлака 2046246	11	521,4±5,31	12	798,2±26,03*	12	193,1±28,49
Ханеве 1629391 – Чіфа 1427381	11	513,2±5,15**	14	812,9±21,62*	14	160,3±23,41
Ханеве 1629391 – Старбака 352790	4	512,5±19,74	11	851,5±19,74	11	140,4±28,09

Таблиця 5 – Відтворювальна здатність корів української чорно-рябої молочної породи за різних методів розведення

Показник	Метод розведення			
	схрещування		чистопородне	
	n	$x \pm S.E.$	n	$x \pm S.E.$
Жива маса при першому отеленні, кг	167	520,0±1,68	296	520,9±1,20
Вік при першому отеленні: днів	287	847±6,94	427	822,0±4,82**
Тривалість першого сервіс-періоду, днів	287	163,1±6,68	427	172,5±5,30

Результати наших досліджень свідчать, що за схрещування найвищою живою масою при першому отеленні характеризувалися первістки з умовною часткою спадковості голштинів 87,6–93,75 %, а найбільш скороспілими були тварини з часткою спадковості голштинів 93,75 % (табл. 6).

М. Бащенко зі співавт. [11] у своїх дослідженнях на коровах різних порід та їхніх помісях із голштинами встановили, що помісні корови першого покоління мали на 16–52 дні ($P > 0,999$) коротший сервіс-період, ніж їхні матері. Водночас за зворотного схрещування помісей першого покоління з плідниками

Таблиця 6 – Відтворювальна здатність корів української черно-рябої молочної породи за схрещування

Умовна частка спадковості за голштинською породою, %	Жива маса при першому отеленні, кг		Вік при першому отеленні, днів		Тривалість першого сервіс-періоду, днів	
	n	$x \pm S.E.$	n	$x \pm S.E.$	n	$x \pm S.E.$
до 75	22	519,8 \pm 5,14	40	867,7 \pm 17,05	40	146,6 \pm 15,86
75,1–87,5	57	517,0 \pm 2,74	111	860,5 \pm 11,34	111	156,7 \pm 9,55
87,6–93,7	88	522,0 \pm 2,32	136	829,9 \pm 10,03	136	173,2 \pm 10,78
понад 93,7	296	520,9 \pm 1,20	427	822,0 \pm 4,82*	427	172,5 \pm 5,30

Тривалість першого сервіс-періоду була найкоротшою в особин із часткою кровності за голштинською породою до 75,0 %, що, ймовірно, пояснюється їхньою нижчою продуктивністю порівняно з первістками інших генотипів. При цьому слід зазначити, що за наведеними ознаками між тваринами підконтрольних генотипів різниця була незначною (виняток становив вік при першому отеленні у особин із часткою спадковості голштинів до 75,0 % та понад 93,75 %, де останні вірогідно поступалися першим за цією ознакою на 45,7 днів ($P < 0,05$)).

Таким чином, досліджувані показники відтворювальної здатності корів-первісток залежать від генетичних і селекційних чинників. Про таку залежність повідомляють у своїх роботах також С. Войтенко зі співавт. [7], М. Бащенко зі співавт. [11], Д. Кучер зі співавт. [13], М. Бащенко зі співавт. [11], Д. Кучер зі співавт. [13] та ін. Зокрема, С. Войтенко зі співавт. [7] зазначають, що у дочок бугаїв Д. Фрості 131520543 та Кармелло 349214112 спостерігалось поступове зменшення віку першого отелення зі збільшенням частки спадковості голштинської породи від 50 % до 100 %, а серед особин із часткою спадковості голштинів понад 75 % поліпшення цієї ознаки відтворювальної здатності відмічалось лише у більшості дочок підконтрольних бугаїв.

Водночас Д. Кучер зі співавт. [13] зазначають, що кращими показниками відтворювальної здатності характеризувалися потомки бугаїв Долар і Румго з лінії Редада (ПП «Галекс-Агро») та Раді з цієї ж лінії (СТОВ «Мирославель-Агро»). Натомість І. Люта [14] встановила, що походження телиць за батьком не мало вірогідного впливу на вік їхнього першого отелення.

голштинської породи показники відтворювальної здатності корів знижувалися.

М. Когут, В. Братюк [16], аналізуючи кроси ліній Чіфа 1427381 – Елевейшна 1491007, Чіфа 1427381 – Старбака 352790, Чіфа 1427381 – Валіанта 1650414, Валіанта 1650414 – Елевейшна 1491007, Старбака 352790 – Валіанта 1650414 встановили, що найменший вік при першому отеленні спостерігався у тварин, одержаних від кросу ліній Чіфа 1427381 – Валіанта 1650414 (18,7 міс.). Найвищим серед досліджуваних поєднань цей показник був у тварин кросу Валіанта 1650414 – Елевейшна 1491007 (20,9 міс.).

Середні показники тривалості сервіс-періоду коливалися від 117,6 днів (крос ліній Старбака 352790 – Валіанта 1650414) до 147,6 днів (крос ліній Чіфа 1427381 – Старбака 352790). За внутрішньолінійного підбору батьківських пар суттєвих відмінностей за показниками відтворювальної здатності між коровами-первістками ліній Елевейшна 1491007, Валіанта 1650414 і Чіфа 1427381 не виявлено.

Висновки. Отримані результати свідчать про суттєву мінливість показників відтворювальної здатності корів залежно від генетичних чинників. Середні значення становили: жива маса при першому отеленні – 520,6 кг, вік першого отелення – 27,4 місяці (\approx 822 дні), тривалість першого сервіс-періоду – 168,8 днів.

Установлено значний вплив бугаїв-плідників: зокрема, у дочок бугая Жамеса вік першого отелення сягав 967,5 дня, тоді як у кросів і окремих ліній він знижувався до 761,2–799,3 дня. Найдовший сервіс-період

відзначено у потомків бугая Ладоніса – 248,3 дня, тоді як найкоротші значення у окремих генотипів становили 109,9–135,7 дня.

За чистопородного розведення вік першого отелення тварин становив 822,0 дня, що на 25,0 дня менше порівняно зі схрещуванням (847,0 дня), тоді як тривалість першого сервіс-періоду була більшою і сягала 172,5 дня проти 163,1 дня.

Загалом доведено, що генетичні чинники можуть зумовлювати коливання показників відтворення в межах понад 150–200 днів за віком першого отелення та понад 100 днів за тривалістю сервіс-періоду, що підтверджує доцільність їхнього врахування у селекційній роботі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кузів М.І., Федорович Є.І., Кузів Н.М., Федорович В.В. Мінливість селекційних ознак у корів залежно від країни селекції бугая. Розведення і генетика тварин. 2022. Вип. 63. С. 63–70. DOI:10.31073/abg.63.07
2. Ріст, відтворювальна здатність і продуктивність корів різних порід, методів підбору і походження за батьком / Ю.П. Полупан та ін. Розведення і генетика тварин. 2022. Вип. 63. С. 91–119. DOI:10.31073/abg.63.09
3. Polupan Yu., Kucher D., Kochuk-Yashchenko O., Biriukova O. Evaluation of bulls and related groups of the jersey breed on dairy productivity and reproductive capacity of offspring. Scientific Horizons. 2021. Vol. 24 (5). P. 54–68. DOI:10.48077/scihor.24(5).2021.54-68
4. Прийма С.В. Визначення племінної цінності та препотентності бугаїв молочних порід. Розведення і генетика тварин. 2022. Вип. 63. С. 120–135. DOI:10.31073/abg.63.10
5. Stavetska R., Babenko O., Starostenko I., Cherniak S. Main trends of dairy industry in Ukraine. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2022. Vol. 28. P. 14–20. URL:https://www.agrojournal.org/28/01s-02.pdf
6. Бугров О.Д., Хмельков В.М. Рання доімплантаційна ембріональна смертність у телиць та корів. Науково-технічний бюлетень ІТ НААН. Харків, 2014. № 113. С. 52–57. URL:https://lfi-naas.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/NTB-113.pdf
7. Войтенко С.Л., Сидоренко О.В., Шаферівський Б.С., Петренко М.О. Відтворювальна здатність корів, зумовлена генотиповими чинниками. Scientific Progress & Innovations. 2023. Vol. 26 (4). С. 91–98. DOI:10.31210/spi2023.26.04.16
8. Галактенов Д.О., Пришедько В.М. Продуктивні та відтворні якості корів залежно від лінійної належності. Perspectives of contemporary science: theory and practice: proceedings of I International Scientific and Practical Conference (Lviv, March 4–6, 2024). Львів, 2024. С. 19–25. URL:https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/10023
9. Филь С.І. Федорович Є.І., Боднар П.В. Відтворювальна здатність корів та їх нащадків різних поколінь. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. 2018. Т. 20. № 89. С. 114–121. DOI:10.32718/nvlvet8921
10. Черненко О.М., Черненко О.І., Костюченко О.О. Вплив лінійного походження на продуктивні і відтворювальні якості корів. Проблеми підвищення якості та безпеки виробництва й переробки продукції тваринництва: міжнар. наук.-практич. конф. (Дніпро, 16 трав. 2019 р.). Дніпро: Дніпровський ДАЕУ, 2019. С. 60–63. URL:http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/1789
11. Піддубна Л.М., Захарчук Д.В. Молочна продуктивність і відтворна здатність корів-первісток чорно-рябої молочної породи залежно від живої маси та віку отелення. Вісник Житомирського національного агрокологічного університету. 2013. Т. 2. № 1 (35). С. 141–148.
12. Прийма С.В. Вік першого плідного осіменіння телиць різних ліній української чорно-рябої молочної породи. Актуальні дослідження з проблем розведення, генетики та біотехнології у тваринництві: матеріали XII Всеукраїнської наук. конф. молодих вчених та аспірантів. Чубинське, 2014. С. 57–58.
13. Ставецька Р.В., Рудик І.А. Вплив генотипових факторів на відтворні показники корів: зб. наук. праць Білоцерківського національного аграрного університету. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2012. Вип. 7 (90). С. 39–43.
14. Башенко М.І., Бойко О.В., Гавриш О.М., Сотніченко Ю.М. Відтворювальна здатність корів, отриманих від плідників порід голштин, монбельярд та норвезька червона. Вісник аграрної науки. 2024. № 11 (860). С. 36–42. DOI:10.31073/agrovisnyk202411-05
15. Войтенко С.Л., Шаферівський Б.С., Сидоренко О.В., Коробка А.В. Господарські корисні ознаки телиць та корів української чорно-рябої молочної породи різного походження та належності до генеалогічного формування. Scientific Progress & Innovations. 2025. Вип. 28 (2). С. 131–138. DOI:10.15421/022318
16. Вплив походження за батьком на прояв господарські корисних ознак їх дочок за органічного та конвенційного виробництва молока / Д.М. Кучер та ін. Розведення і генетика тварин. 2022. Вип. 64. С. 34–46. DOI:10.31073/abg.64.04
17. Люта І.М. Вплив походження за батьком на показники росту та відтворювальні якості телиць голштинської породи. Таврійський науковий вісник. 2025. № 142. Ч. 2. С. 207–215. DOI:10.32782/2226-0099.2025.142.2.26
18. Войтенко С.Л., Петренко М.О., Шаферівський Б.С. Вплив методів підбору батьківських пар на мінливість селекційних ознак худоби айрширської породи. Scientific Progress & Innovations. 2023. Вип. 26 (1). С. 59–66. DOI:10.31210/spi2023.26.01.10

19. Когут М.І., Братюк В.М. Відтворна здатність корів-первісток, отриманих при різних варіантах лінійного підбору. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2021. Вип. 69 (1). С. 194–206. DOI:10.32636/01308521.2021-(69)-13

20. Berean D.I., Bogdan L.M., Cimpean R. Comparative Evaluation of Ovsynch and Double Ovsynch Protocols with Single and Double Insemination in Holstein Dairy Cows: Reproductive Performance and Cost Analysis. *Animals*. 2025. Vol. 15 (16). 2380 p. DOI:10.3390/ani15162380

21. Genetic relationships between reproductive and production traits in Jersey crossbred cattle / I. Roy et al. *Gene*. 2024. Vol. 894. DOI:10.1016/j.gene.2023.147982

22. Адмін О.С., Адміна Н.Г., Філіпенко І.Д. Продуктивність та відтворювальна здатність кросбредних корів-первісток. Науково-технічний бюлетень ІТ НААН. 2021. № 125. С. 59–68. DOI:10.32900/2312-8402-2021-125-59-68

23. Peculiarities of growth and further productivity of purebred and crossbred cows / M.I. Bashchenko et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2023. Vol. 14. No 1. P. 118–124. DOI:10.15421/022318

24. Fertility and survival of Swedish Red and White × Holstein crossbred cows and purebred Holstein cows / D.F. Pipino et al. *Journal of Dairy Science*. 2023. Vol. 106 (4). P. 2475–2486. DOI:10.3168/jds.2022-22403

25. Liedgren S. Comparing crossbred and purebred dairy cows for economically important traits. 2022. 68 p. URL: <https://stud.epsilon.slu.se/17813/3/liegren-s-20220615.pdf>

26. Production, Reproduction, Metabolism, and Health of Heat-Stressed Purebred vs. Crossbred Holstein Cows / A. Nikkiah et al. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*. 2022. Vol. 42 (3). P. 33615–33620. DOI:10.26717/BJSTR.2022.42.006750

REFERENCES

1. Kuziv, M.I., Fedorovych, E.I., Kuziv, N.M., Fedorovych, V.V. (2022). Minlyvist' selekciynih oznak u koriv zalezno vid krajny selekcii' bugaja [Variability of breeding traits in cows depending on the country of bull breeding]. *Rozvedennja i genetyka tvaryn* [Animal Breeding and Genetics], Issue 63, pp. 63–70. DOI:10.31073/abg.63.07 (In Ukrainian).

2. Polupan, Yu.P., Melnyk, Yu.F., Biryukova, O.D., Pryima, S.V., Mitioglo, L.V. (2022). Rist, vidtvorjuval'na zdattnist' i produktyvnist' koriv riznyh porid, metodiv pidboru i pohodzhennja za bat'kom [Growth, reproductive capacity and productivity of cows of different breeds, selection methods and origin by father]. *Rozvedennja i genetyka tvaryn* [Animal breeding and genetics], Issue 63, pp. 91–119. DOI:10.31073/abg.63.09 (In Ukrainian).

3. Polupan, Yu., Kucher, D., Kochuk-Yashchenko, O., Biriukova, O. (2021). Evaluation of bulls and related groups of the jersey breed on dairy productivity and reproductive capacity of offspring. *Scientific Horizons*, Vol. 24 (5), pp. 54–68. DOI:10.48077/sci-hor.24(5).2021.54-68

4. Pryima, S.V. (2022). Vyznachennja plemninnoi' cinnosti ta prepotentnosti bugai'v molochnyh porid [Determination of breeding value and prepotency of dairy bulls]. *Rozvedennja i genetyka tvaryn* [Animal breeding and genetics], Issue 63, pp. 120–135. DOI:10.31073/abg.63.10

5. Stavetska, R., Babenko, O., Starostenko, I., Cherniak, S. (2022). Main trends of dairy industry in Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, Vol. 28, pp. 14–20. Available at: <https://www.agrojournal.org/28/01s-02.pdf>

6. Bugrov, O.D., Khmelkov, V.M. (2014). Rannja doimplantacijna embrional'na smertnist' u telyc' ta koriv [Early preimplantation embryonic mortality in heifers and cows]. *Naukovo-tehnichnyj bjuletyn' IT NAAN* [Scientific and technical bulletin of the IT NAAS]. Kharkiv, no. 113, pp. 52–57. Available at: <https://lfi-naas.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/NTB-113.pdf> (In Ukrainian).

7. Voitenko, S.L., Sydorenko, O.V., Shaferivskyi, B.S., Petrenko, M.O. (2023). Vidtvorjuval'na zdattnist' koriv, zumovlena genotypovymy chynnykamy [Reproductive ability of cows determined by genotypic factors]. *Scientific Progress & Innovations*, Vol. 26 (4), pp. 91–98. DOI:10.31210/spi2023.26.04.16 (In Ukrainian).

8. Galaktenov, D.O., Pryshedko, V.M. (2024). Produktivni ta vidtvorni jakosti koriv zalezno vid liniynoi' nalezhnosti [Productive and reproductive qualities of cows depending on linear affiliation]. *Perspectives of contemporary science: theory and practice: proceedings of I International Scientific and Practical Conference (Lviv, March 4–6, 2024)*. Lviv, pp. 19–25. Available at: <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/10023> (In Ukrainian).

9. Fil', S.I., Fedorovych, E.I., Bodnar, P.V. (2018). Vidtvorjuval'na zdattnist' koriv ta i'h nashhadkiv riznyh pokolin' [Reproductive ability of cows and their offspring of different generations]. *Naukovyj visnyk LNUVMB imeni S.Z. G'zhyc'kogo* [Scientific Bulletin of the S.Z. Gzhytskyi Lviv National University of Biomedical Sciences], Vol. 20, no. 89, pp. 114–121. DOI:10.32718/nv1vet8921 (In Ukrainian).

10. Chernenko, O.M., Chernenko, O.I., Kostyuchenko, O.O. (2019). Vplyv liniynogo pohodzhennja na produktyvni i vidtvorjuval'ni jakosti koriv [The influence of linear origin on the productive and reproductive qualities of cows]. *Problemy pidvyshhennja jakosti ta bezpeky vyrobnyctva j pererobky produkci' tvarynnyctva: mizhnar. nauk.-praktych. konf. (Dnipro, 16 trav. 2019 r.)* [Problems of improving the quality and safety of production and processing of livestock products: international scientific and practical conference (Dnipro, May 16, 2019)]. Dnipro: Dnipro State Agricultural University, pp. 60–63. Available at: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/1789> (In Ukrainian).

11. Piddubna, L.M., Zakharchuk, D.V. (2013). Molochna produktyvnist' i vidtvorna zdattnist' koriv-pervistok chorno-rjaboi' molochnoi' porody zalezno vid zhyvoi' masy ta viku oteleennja [Milk productivity and reproductive ability of first-born cows

- of the black-and-white dairy breed depending on live weight and calving age]. *Visnyk Zhytomyr'skogo nacional'nogo agroekologichnogo universytetu* [Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University]. Vol. 2, no. 1 (35), pp. 141–148. (In Ukrainian).
12. Pryyma, S.V. (2014). *Vik pershogo plidnogo osimeninnja telyc' riznyh linij ukrai'ns'koi' chorno-rjaboi' molochnoi' porody* [Age of the first fertile insemination of heifers of different lines of the Ukrainian black-and-white dairy breed]. *Aktual'ni doslidzhennja z problem rozvedennja, genetyky ta biotekhnologii' u tvarynnyctvi: materialy III Vseukrai'ns'koi' nauk. konf. molodyh vchenyh ta aspirantiv* [Current research on the problems of breeding, genetics and biotechnology in animal husbandry: materials XII All-Ukrainian scientific conference of young scientists and postgraduates]. Chubynske, pp. 57–58. (In Ukrainian).
13. Stavetska, R.V., Rudyk, I.A. (2012). *Vplyv genotypovyh faktoriv na vidtvorni pokaznyky koriv: zb. nauk. prac' Bilocerkivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu* [The influence of genotypic factors on the reproductive performance of cows: collection of scientific works of the Bila Tserkva National Agrarian University]. *Tekhnologija vyrobnyctva i pererobky produkci' tvarynnyctva* [Technology of production and processing of livestock products]. Issue 7 (90), pp. 39–43. (In Ukrainian).
14. Bashchenko, M.I., Boyko, O.V., Gavrish, O.M., Sotnichenko, Y.M. (2024). *Vidtvorjuval'na zdattnist' koriv, otrymanyh vid plidnykiv porid golshtyn, monbel'jard ta norvez'ka chervona* [Reproductive ability of cows obtained from Holstein, Montbeliard and Norwegian Red breeds]. *Visnyk agrarnoi' nauky* [Bulletin of Agricultural Science], no. 11 (860), pp. 36–42. DOI:10.31073/agrovisnyk202411-05 (In Ukrainian).
15. Voitenko, S.L., Shaferivskyi, B.S., Sydorenko, O.V., Korobka, A.V. (2025). *Gospodars'ky korysni oznaky telyc' ta koriv ukrai'ns'koi' chorno-rjaboi' molochnoi' porody riznogo pohodzhennja ta nalezhnosti do genealogichnogo formuvannja* [Economically useful traits of heifers and cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed of different origin and belonging to the genealogical formation]. *Scientific Progress & Innovations*, Issue 28 (2), pp. 131–138. DOI:10.15421/022318 (In Ukrainian).
16. Kucher, D.M. (2022). *Vplyv pohodzhennja za bat'kom na projav gospodars'ky korysnyh oznak i'h dochok za organichnogo ta konvencijnogo vyrobnyctva moloka* [The influence of paternal origin on the manifestation of economically useful traits in their daughters in organic and conventional milk production]. *Rozvedennja i genetyka tvaryn* [Animal breeding and genetics]. Issue 64, pp. 34–46. DOI:10.31073/abg.64.04 (In Ukrainian).
17. Lyuta, I.M. (2025). *Vplyv pohodzhennja za bat'kom na pokaznyky rostu ta vidtvorjuval'ni jakosti telyc' golshtyn's'koi' porody* [The influence of paternal origin on growth rates and reproductive qualities of Holstein heifers]. *Tavrjys'kyj naukovyj visnyk vyrobnyctva moloka* [Tavria Scientific Bulletin on milk production], no. 142, Part 2, pp. 207–215. DOI:10.32782/2226-0099.2025.142.2.26 (In Ukrainian).
18. Voitenko, S.L., Petrenko, M.O., Shaferivskyi, B.S. (2023). *Vplyv metodiv pidboru bat'kiv's'kyh par na minlyvist' selekciynyh oznak hudoby ajrshyrs'koi' porody* [The influence of methods of selection of parental pairs on the variability of breeding traits of Ayrshire cattle]. *Scientific Progress & Innovations*, Issue 26 (1), pp. 59–66. DOI:10.31210/spi2023.26.01.10 (In Ukrainian).
19. Kohut, M.I., Bratyuk, V.M. (2021). *Vidtvorna zdattnist' koriv-pervistok, otrymanyh pry riznyh variantah liniynogo pidboru* [Reproductive ability of primiparous cows obtained by different variants of linear selection]. *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarynnyctvo* [Foothill and mountain agriculture and livestock], Issue 69 (1), pp. 194–206. DOI:10.32636/01308521.2021-(69)-13 (In Ukrainian).
20. Berean, D.I., Bogdan, L.M., Cimpean, R. (2025). *Comparative Evaluation of Ovsynch and Double Ovsynch Protocols with Single and Double Insemination in Holstein Dairy Cows: Reproductive Performance and Cost Analysis*. *Animals*, Vol. 15 (16), 2380 p. DOI:10.3390/ani15162380
21. Roy, I. (2024). *Genetic relationships between reproductive and production traits in Jersey crossbred cattle*. *Gene*, Vol. 894. DOI:10.1016/j.gene.2023.147982
22. Admin, O.E., Admina, N.G., Filipenko, I.D. (2021). *Produktyvnist' ta vidtvorjuval'na zdattnist' krosbrednyh koriv-pervistok* [Productivity and reproductive ability of crossbred first-calf cows]. *Naukovo-tehnichnyj bjuletyn IT NAAN* [Scientific and technical bulletin of IT NAAS], no. 125, pp. 59–68. DOI:10.32900/2312-8402-2021-125-59-68 (In Ukrainian).
23. Bashchenko, M.I. (2023). *Peculiarities of growth and further productivity of purebred and crossbred cows. Regulatory Mechanisms in Biosystems*, Vol. 14, no. 1, pp. 118–124. DOI:10.15421/022318
24. Pipino, D.F. (2023). *Fertility and survival of Swedish Red and White × Holstein crossbred cows and purebred Holstein cows*. *Journal of Dairy Science*, Vol. 106 (4), pp. 2475–2486. DOI:10.3168/jds.2022-22403
25. Liedgren, S. (2022). *Comparing crossbred and purebred dairy cows for economically important traits*. 68 p. Available at: <https://stud.epsilon.slu.se/17813/3/liedgren-s-20220615.pdf>
26. Nikkhah, A. (2022). *Production, Reproduction, Metabolism, and Health of Heat-Stressed Purebred vs. Crossbred Holstein Cows*. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, Vol. 42 (3), pp. 33615–33620. DOI:10.26717/BJSTR.2022.42.006750

Variability of reproductive performance traits in cows depending on various factors**Fedorovych Ye., Fedorovych V., Stetsyshyn M.**

The article presents the results of a study on the variability of reproductive performance traits in Ukrainian Black-and-White dairy cows depending on genetic and breeding factors. The research was conducted at the State Enterprise Experimental Farm «Oleksandrivske» in Vinnytsia region using first-calf cows and retrospective analysis of zootechnical records. The study focused on live weight at first calving, age at first calving, and duration of the first service period. The influence of sire origin, line affiliation, parental mating methods, and breeding systems on the development of reproductive traits was evaluated.

It was established that the average live weight of cows at first calving was 520,6 kg, the average age at first calving was 27,4 months, and the average duration of the first service period was 168,8 days. A significant effect of sires on the reproductive traits of their daughters was revealed. The daughters of the bull Zhames were characterized by the highest live weight and the oldest age at first calving, whereas the longest service period was observed in the daughters of Ladonis.

Significant inter-line differences were identified for the studied traits. First-calf cows of the Starbuck

line were distinguished by a higher live weight at first calving, whereas animals of the Haneve line had the greatest age at first calving. The longest service period was recorded in cows of the Elevation line.

It was proven that intra-line and inter-line mating affect the formation of reproductive traits differently. Under intra-line breeding, animals of the Starbuck line demonstrated the highest live weight at first calving, whereas under inter-line mating the best indicators were observed in first-calf cows of the Kavalier × Starbuck cross. The advantage of purebred breeding over crossbreeding in terms of early maturity was established. An increase in the proportion of Holstein heredity to more than 93,7 % resulted in a decrease in the age at first calving; however, no significant deterioration in other reproductive performance traits was detected.

The obtained results indicate the expediency of considering genetic factors in breeding and selection programs aimed at improving the reproductive efficiency of dairy cattle.

Keywords: Ukrainian Black-and-White dairy breed, first-calf cows, reproductive performance, live weight, sires, line affiliation, intra-line and inter-line mating, purebred breeding and crossbreeding, breeding and selection work.



Copyright: Федорович Є.І., Федорович В.В., Стецишин М.С. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Федорович Є.І.

Федорович В.В.

Стецишин М.С.










<https://orcid.org/0000-0002-9910-7902>

<https://orcid.org/0000-0002-4272-4045>

<https://orcid.org/0000-0002-5375-7889>

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.3.043.13:633.88:577.16:619

Розторопша плямиста (*Silybum marianum*) у раціоні риби: застосування силімарину для підвищення продуктивності та стійкості кларієвого сома (*Clarias gariepinus*)**Коваленко В.О.¹ , Гриневич Н.Є.² , Ільчук І.І.³ , Новохатко О.В.⁴ ,
Коваленко Б.Ю.¹ , Слюсаренко А.О.² , Шваб В.С.² , Присяжнюк Н.М.² **¹ Державна наукова установа «Інститут рибного господарства, екології моря та океанографії»² Білоцерківський національний аграрний університет³ Національний університет біоресурсів і природокористування України⁴ Товариство з обмеженою відповідальністю «Сі Еф Пі» E-mail gnatbc@ukr.net

Коваленко В.О., Гриневич Н.Є., Ільчук І.І., Новохатко О.В., Коваленко Б.Ю., Слюсаренко А.О., Шваб В.С., Присяжнюк Н.М. Розторопша плямиста (*Silybum marianum*) у раціоні риби: застосування силімарину для підвищення продуктивності та стійкості кларієвого сома (*Clarias gariepinus*). Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 111–122.

Kovalenko V., Hrynevych N., Ilchuk I., Novokhatko O., Kovalenko B., Sliusarenko A., Shvab V., Prysyzhnyuk N. Milk thistle (*Silybum marianum*) in fish feed: scientific rationale for the use of bioactive flavonolignans to enhance fish productivity and resilience. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 111–122.

Рукопис отримано: 18.02.2026 р.

Прийнято: 03.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-111-122

ISSN 2310-9289

Проведено комплексну науково обґрунтовану оцінку ефективності введення насіння розторопші до складу повнораціонного продукційного комбікорму *Fishery Tech Barbel Pro Plus Float 42/12* для годівлі африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*), вирощуваного в умовах рециркуляційної аквакультурної системи.

Експеримент загальною тривалістю 56 днів проведено в жовтні-грудні 2025 р. в басейнах рециркуляційної аквакультури рибного господарства «Сом з Павлиша». Дослідження складалося з двох етапів. Інтенсивність росту кларієвого сома оцінювали за показниками індивідуального абсолютного, середньодобового та відносного приросту маси тіла.

Коефіцієнт конверсії кормів у контрольному варіанті визначали шляхом перерахунку маси личинок у масу комбікорму із застосуванням коефіцієнта 1,645, розрахованого як різниця між обмінною енергією комбікорму (13,830 Мдж/кг) та живих личинок *Hermetia illucens* (8,409 Мдж/кг).

Для проведення іхтіопатологічного аналізу за результатами другого етапу експерименту відібрано по 8 екземплярів риби з дослідного та контрольного варіантів.

Установлено, що протягом обох етапів дослідження температури води поступово знижувалася і була нижчою за оптимальні значення (27–30 °С). Зокрема, під час першого (вирівнювального) етапу її зниження становило 1–3 °С (середньодобове значення – 24,9 °С), тоді як упродовж другого (дослідного) етапу воно було більш вираженим, і середньодобова температура води становила 22,4 °С.

Риба дослідного варіанта характеризувалася високим рівнем виживаності (99,03%), однак за показниками інтенсивності росту переважали особини контрольного варіанта: за абсолютним приростом – на 11,24 %, за відносним – на 9,26 %. Водночас різниця між середніми значеннями кінцевої маси риби в обох варіантах була статистично значущою ($p < 0,05$).

Ефективність конверсії корму в дослідному варіанті перевищувала відповідний показник контрольного на 6,32 %. Найнижчі темпи росту кларієвого сома зафіксовано в останній тиждень другого етапу, що корелювало зі зниженням середньої температури води до 22,0 °С.

За результатами іхтіопатологічних досліджень встановлено суттєве зниження ураження шлунка та кишківника (гостре та хронічне запалення, наявність крововиливів): із 75 % до початку експерименту до 12,5 % після його завершення.

Аналогічну позитивну динаміку відзначено щодо стану жовчного міхура: після завершення дослідження запальні процеси не виявлялися, тоді як до його початку вони реєструвалися у 25 % особин.

Моніторинг морфологічного стану печінки після завершення експерименту показав, що орган характеризується пружною консистенцією, щільною структурою, блискучою капсулою та відсутністю ексудативних включень. Водночас у 25 % досліджуваних гідробіонтів виявлено незначну мармуровість тканини та поодинокі крововиливи під капсулою у каудальній частині органу.

З урахуванням виявлених патологоанатомічних змін встановлено суттєве покращення стану всіх внутрішніх органів, що проявлялося у відповідній морфологічній нормі у 75 % після завершення експерименту.

Ключові слова: фітодобавка, насіння розторопші плямистої (*Silybum marianum*), продукційний комбикорм, коефіцієнт конверсії корму, рециркуляційна аквакультурна система, африканський кларієвий сом (*Clarias gariepinus*), личинки чорної левинки (*Hermetia illucens*).

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В умовах інтенсифікації аквакультури, посилення вимог до екологічної безпеки та якості харчової продукції фітодобавки набувають особливої актуальності як природна альтернатива синтетичним стимуляторам росту та хіміотерапевтичним засобам.

Біологічно активні сполуки рослинного походження – поліфеноли, флавоноїди, ефірні олії, алкалоїди та сапоніни – здатні впливати на фізіолого-біохімічний статус гідробіонтів, підвищуючи ефективність травлення, імунну резистентність і антиоксидантний захист організму.

Застосування фітодобавок сприяє зниженню захворюваності, оптимізації коефіцієнта конверсії корму та підвищенню виживаності риб, що в сукупності забезпечує зростання продуктивності та економічної ефективності аквакультурної продукції [1, 2].

Застосування фітодобавок набуває особливої наукової та практичної значущості в контексті реалізації стратегії скорочення використання антибіотиків і стримування поширення антибіотикорезистентності, яка розглядається як одна з ключових загроз продовольчій безпеці та громадському здоров'ю.

Фітогенні кормові добавки водночас узгоджуються з принципами сталого розвитку,

оскільки їхнє використання сприяє зменшенню антропогенного навантаження на водні екосистеми, мінімізації ризику накопичення токсичних метаболітів у продукції аквакультури та підвищенню її біологічної цінності.

Інтеграція фітодобавок у новітні технології культивування гідробіонтів постає як науково обґрунтований і перспективний напрям формування конкурентоспроможної, екологічно безпечної та соціально орієнтованої моделі розвитку аквакультури [3].

Пріоритетним напрямом наукових досліджень є вивчення природних фітокомплексів, які за ефективністю впливу на організм не поступаються синтетичним добавкам, водночас відзначаючись нижчою собівартістю та кращими показниками біобезпеки. Рослинні препарати характеризуються низькою токсичністю та здатністю забезпечувати виражений терапевтичний ефект, що підтверджено результатами численних досліджень [4, 5]. Доцільність їхнього практичного застосування зумовлена наявністю у складі широкого спектра біологічно активних речовин, які, потрапляючи в організм навіть у мінімальних дозах, здатні спричинити чітко виражений фізіологічний ефект [6].

Фітопрепарати характеризуються м'якою дією, низькою токсичністю, високим вмістом

біологічно активних речовин і позитивним впливом на імунну систему організму. Їхнє застосування сприяє підвищенню рибопродуктивності та покращенню якості отриманої продукції [7].

Збільшення продукції аквакультури, як правило, досягається шляхом інтенсифікації виробництва, зокрема через використання штучних кормових добавок, стимуляторів росту та антибіотиків. У зв'язку з цим актуальним і важливим є пошук альтернативних кормових добавок рослинного походження, яким притаманні широкий спектр біологічної дії, низька токсичність, високий вміст біологічно активних речовин і позитивний вплив на імунну систему організму [8].

Науковий інтерес і практична доцільність викликає введення до раціонів гідробіонтів розторопші плямистої [9].

Розторопша плямиста (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) – однорічна лікарська рослина родини Айстрові (*Asteraceae*). Вона поширена в країнах Західної і Центральної Європи, у південних регіонах України, а також в Америці та Азії [10, 11].

У Європі *Silybum marianum* традиційно культивується в Болгарії, Угорщині, Німеччині, Іспанії, Польщі, Румунії. Її плоди є цінною лікарською сировиною, що використовується фармацевтичними компаніями для виробництва лікарських засобів і біологічно активних добавок. Рослина включена до фармакопей багатьох країн світу, зокрема й України [12].

Насіння розторопші характеризується темно-коричневим забарвленням і блискучою поверхнею та містить значну кількість макро- та мікроелементів. Зокрема, до складу макроелементів (мг/г) входять: калій – 9.2, кальцій – 16.6, магній – 4.2, ферум – 0.08; мікроелементи (мкг/г) представлені манганом – 0.1, купрумом – 1.16, цинком – 0.71, хромом – 0.15, селеном – 22.9, йодом – 0.09, бором – 22.4.

Розторопша містить близько 200 біологічно активних компонентів, різних за своєю дією. Її насіння є джерелом природних антиоксидантів і характеризується високим вмістом вітаміну Е [13].

Ліпідний комплекс розторопші включає токоферолі, фосfolіпіди та ацилгліцерини, серед яких переважає кварцитин. Завдяки наявності омега-3 поліненасичених жирних кислот в оптимальному співвідношенні олія та шрот насіння розторопші позитивно впливають на обмін речовин, підвищують резистентність організму до захворювань, а також проявляють антиалергенні й детоксикаційні

властивості. Для них характерні антиоксидантна, антимуутагенна, мембранопротекторна та ранозагоювальна дії [14].

Окрім лікувальних властивостей, розторопша має високу харчову цінність. У подрібнених плодах міститься 14,32 % протеїну; 20,22 % жиру та 30,53 % клітковини [11].

Однією з основних біологічно активних сполук, отриманих із розторопші плямистої, є силімарин. Силімарин – це комплексна біологічно активна речовина, до складу якої входять три ізомери: силібін, силідіанін і силіхрестін, загальний вміст яких становить 2,8–3,8 % [15].

Силімарин відіграє важливу роль у підтриманні окисно-відновного балансу клітин організму, реалізуючи свою дію через декілька механізмів: безпосереднє зв'язування вільних радикалів, пригнічення їхнього утворення шляхом інгібування специфічних ферментів, а також підтримання цілісності електронно-транспортного ланцюга мітохондрій за умов стресу.

Окрім того, силімарин сприяє активації антиоксидантних ферментів і неферментних антиоксидантів, стимулює вітагенез – процеси, пов'язані із синтезом захисних молекул, – і забезпечує додатковий клітинний захист в умовах стресових впливів. Саме завдяки вмісту силімарину, найвища концентрація якого локалізована в насінні, розторопша плямиста характеризується вираженим лікувальним ефектом [16, 17, 18].

Силімарин проявляє протизапальні властивості, сприяючи зменшенню інтенсивності запальних процесів у кишківнику, підвищенню засвоєння поживних речовин і зміцненню імунної системи. Таким чином, тварини, яким у складі корму згодують силімарин, можуть демонструвати зниження частоти шлунково-кишкових розладів і підвищену стійкість до інфекційних захворювань.

Упродовж останніх років проведено низку досліджень застосування силімарину у гідробіонтів. Установлено, що він сприяє покращенню ростових показників *Paralichthys olivaceus* та *Stenopharyngodon idella*, підвищує антиоксидантний статус і проявляє імуномодулюючу дію у *Scophthalmus maximus* та *Oncorhynchus mykiss*, а також забезпечує гепатопротекторний ефект, зокрема захист від гепатотоксичності, індукованої чотирихлористим вуглецем, у *Cyprinus carpio* [19–23].

Встановлено, що додавання екстракту силімарину до складу рибних комбікормів стимулює синтез білка в тканинах печінки. Механізм його дії на організм риби ще повністю

не з'ясований; ймовірно, ефект реалізується внаслідок усмоктування флавоноїдів розторопші в кишківнику [24].

За результатами експериментальних досліджень на дволітках любінського лускатого коропа відзначено активацію системи антиоксидантного захисту та зниження інтенсивності процесів пероксидного окиснення ліпідів у гепатопанкреасі риб, яким до раціону вводили подрібнені плоди розторопші плямистої у кількості 1,0; 5,0 і 10,0 % [25].

Встановлено також позитивний вплив згодовування розторопші на активність ферментів антиоксидантної системи коропа в умовах стрес-факторів, зокрема підвищеної щільності посадки та зниженого вмісту розчиненого у воді кисню. Доведено ефективність використання насіння розторопші плямистої у складі раціону дволіток коропа для покращення рибогосподарських показників і репродуктивних характеристик.

Окрім того, виявлено, що додавання силімарину до корму сприяє покращенню росту та засвоєнню білка, а також активує систему антиоксидантного захисту організму білого амура (*Ctenopharyngodon idella*) [26].

Зазначимо, що використання силімарину як кормової добавки супроводжується низкою обмежень, пов'язаних із його ліпофільною природою, відносно низькою розчинністю у воді та обмеженою біодоступністю при згодовуванні, що ускладнює його повноцінне всмоктування у шлунково-кишковому тракті. Його нестабільність, а також інтенсивний метаболізм першого проходження в печінці додатково знижують ефективність за умов перорального згодовування [27].

Отже, за результатами проведеного аналізу встановлено доцільність дослідження плодів розторопші плямистої як природної кормової добавки у годівлі риби з метою оцінювання її впливу на фізіологічний стан, ріст, продуктивність і загальний стан здоров'я гідробіонтів.

Застосування такої добавки може сприяти покращенню функціонального стану печінки, підвищенню стійкості риби до стресових факторів і захворювань, а також зростанню ефективності аквакультурного виробництва.

Мета дослідження. Метою дослідження є вивчення впливу введення насіння розторопші (*Silybum marianum*) до складу повнораціонного продукційного комбікорму *Fishery Tech Barbel Pro Plus Float 42/12* на показники росту, виживаності та кормової активності африканського кларієвого сома (*Clarias*

gariiepinus) за умов вирощування в рециркуляційній аквакультурній системі.

Матеріал і методи дослідження. Експеримент загальною тривалістю 56 діб проведено у жовтні-грудні 2025 р. в басейнах рециркуляційної аквасистеми рибного господарства «Сом з Павлиша» (сmt. Павлиш Кіровоградської області).

У дослідженнях брали участь технологи господарства, які забезпечували організацію і проведення експерименту, а також збір дослідного матеріалу; науковці ДНУ «ІРГЕМО» і НУБіП України, які здійснювали планування, науковий супровід експерименту, оброблення, аналіз та узагальнення отриманих результатів; і представники Білоцерківського НАУ, відповідальні за іхтіопатологічне обстеження риби.

У рибному господарстві «Сом з Павлиша» вирощування кларієвого сома здійснюється в умовах рециркуляційної аквасистеми, яка включає басейни для риби, барабанний механічний фільтр (сітка 90 мкм), суматор і біофільтр із плаваючим завантаженням. Водообмін у системі відбувається з періодичністю один раз на годину, при цьому щоденна підміна води становить 10%.

Дослідження проведено у два етапи. Метою першого етапу була стабілізація фізіологічного стану біологічних об'єктів перед введенням експериментальної кормової добавки. На цьому етапі рибу утримували в однакових умовах із годівлею основним продукційним комбікормом *Fishery Tech Barbel Pro Plus Float 42/12*, призначеним для кларієвого сома.

Для проведення першого етапу використано 420 екземплярів *Clarias gariiepinus* із середньою масою тіла 391 г, яких утримували протягом 28 діб у басейні з робочим об'ємом 2,55 м³.

Після завершення першого (вирівнювального) етапу рибу було розподілено на дві групи – контрольну та дослідну – з однаковою середньою масою тіла, які розмістили у двох басейнах із робочим об'ємом води 0,62 м³ кожний. Вісім екземплярів риби після завершення першого етапу було піддано іхтіопатологічному обстеженню.

На другому етапі тривалістю 28 діб годівлю здійснювали відповідно до експериментальних схем. У контрольному варіанті рибу годували комбікормом *Fishery Tech Barbel Pro Plus Float 42/12* (60 % загальної маси раціону) та живими личинками *Hermetia illucens* власного виробництва (40 % раціону).

У дослідному варіанті використовували комбікорм *Barbel Special Diet Float*, який є дієтичним варіантом основного корму *Fishery Tech Barbel Pro Plus Float 42/12* і призначений для стабілізації фізіологічних функцій організму риб завдяки включенню до його складу природного компонента – насіння розторопші, що містить силімарин.

Основний комбікорм *Fishery Tech Barbel Pro Plus Float* і дієтичний комбікорм *Fishery Tech Barbel Special Diet Float*, призначені для годівлі кларієвого сома, характеризуються незначними відмінностями за поживністю та енергетичною цінністю (табл. 1).

Методи досліджень включали гідрохімічні, рибницькі, іхтіопатологічні та економічні підходи.

Добову норму кормів визначали з урахуванням температури води та індивідуальної і загальної маси риби. У періоди між контрольними зважуваннями норму годівлі коригували відповідно до очікуваного добового приросту маси риби. Корм роздавали вручну п'ять разів на добу рівними порціями. У контрольному варіанті перші три годівлі здійснювали комбікормом, тоді як наступні – личинки *Hermetia illucens*.

Контрольні лови проводили один раз на тиждень, під час яких виловлювали та зважували 20-40 екземплярів кларієвого сома.

Температуру води та вміст розчинного кисню вимірювали двічі на добу.

Інтенсивність росту кларієвого сома оцінювали за показниками індивідуального абсолютного, середньодобового та відносного приросту маси тіла риби.

Коефіцієнт конверсії корму в контрольному варіанті визначали шляхом перерахунку

маси личинок у масу комбікорму із застосуванням коефіцієнта 1,645, розрахованого як різниця між обмінною енергією комбікорму (13,830 Мдж/кг) та живих личинок *Hermetia illucens* (8,409 Мдж/кг).

Для іхтіопатологічного дослідження кларієвого сома за результатами другого етапу експерименту було відібрано по 8 екземплярів риби з дослідного та контрольного варіантів.

Отримані в ході дослідження цифрові дані підлягали математичній обробці з використанням програмного забезпечення *StatSoft Statistica*.

Результати дослідження та обговорення. Умови водного середовища у басейнах із рибою були неоднорідними. Показники якості води – вміст розчиненого кисню (6,9–8,9 мг O₂/дм³), рН (7,3–7,6), концентрація іонів амонію (до 0,05 мг NH₄⁺/дм³), нітритів (до 0,1 мг NO₂⁻/дм³) і нітратів (12 до 27 мг NO₃⁻/дм³) – знаходилися в межах, сприятливих для вирощування кларієвого сома. Водночас через перебої з енергопостачанням, спричинені атаками російської федерації на енергетичний сектор України, протягом усього експерименту спостерігалася тенденція до зниження температури води, яка переважно була нижчою за оптимальні значення для вирощування товарного кларієвого сома (див. рис. 1).

Як видно з рис. 1, протягом першого (вирівнювального) етапу температура води знижувалася нижче оптимального діапазону (27–30 °C) на 1–3 °C та характеризувалася поступовим спадом. Середньодобове значення температури води на цьому етапі становила 24,9 °C.

Таблиця 1 – Вміст поживних речовин і енергетична цінність екструдованих повнораціонних кормів *Fishery Tech Barbel Pro Plus Float* і *Fishery Tech Barbel Special Diet Float*, а також живих личинок *Hermetia illucens*

Показник	Величина показника		
	Fishery Tech Barbel Pro Plus Float	Fishery Tech Barbel Special Diet Float	Личинки <i>Hermetia illucens</i>
Сирий протеїн, %	41,6	42,2	14,8
Сирий жир, %	12,1	12,0	17,9
Сира клітковина, %	0,82	0,87	-
БЕР, %	27,3	26,5	-
Сира зола, %	7,8	7,4	5,76
Фосфор, %	1,2	1,1	2,16
Кальцій, %	2,3	2,2	0,36
Натрій, %	1,0	1,1	-
Волога, %	5,0	5,0	68,8
Обмінна енергія, МДж/кг	13,830	13,160	8,409

На другому (дослідному) етапі спостерігалося подальше зниження температури, внаслідок чого середньодобовий показник становив 22,4 °С. Темпи зниження температури були більш вираженими порівняно з першим етапом. На характер динаміки температури, окрім перебоїв із енергопостачанням, також вплинуло загальне сезонне зниження температури зовнішнього повітря.

Спостереження за рибою протягом обох етапів експерименту не виявили суттєвих розбіжностей у їхній поведінці. Риба активно споживала корм і не проявляла агресії. Вода у басейнах не мала стороннього специфічного запаху, що свідчило про ефективну роботу блоку водоочистки рециркуляційної аквакультури системи.

Протягом вирівнювального етапу випадків загибелі риби не зафіксовано (табл. 2). Незначна варіабельність дослідного матеріалу за індивідуальною масою риби від початку до завершення першого етапу експерименту (табл. 2) свідчить про належні умови утримання, які можна охарактеризувати як вирівнювальні: щільність посадки була оптимальною, стресові фактори були мінімізовані, а технологія годівлі – підібрана коректно, що забезпечило відсутність вираженої конкуренції за корм.

Фактичне значення кормового коефіцієнта (1,24; табл. 2) на першому етапі експерименту перевищувало заявлені виробником показники корму (1,0–1,05). Зокрема, середня температура води в басейні протягом етапу становила 24,9 °С і була нижчою за нижню межу оптимального діапазону для вирощування

кларієвого сома (27 °С), що й обумовило зниження ефективності використання корму.

Кларієві соми дослідного варіанту характеризувалися високим ідентичним рівнем виживаності (99,03 %; табл. 3) та перевищували контрольну групу за показниками інтенсивності росту: за абсолютним приростом – на 11,24 %, за відносним – на 9,26 %. При цьому різниця між середніми значеннями кінцевої маси риб в обох варіантах експерименту була статистично значущою ($p < 0,05$). Окрім того, спостерігалося загальне зменшення варіабельності маси тіла риб від початку до завершення другого етапу експерименту, яке було більш вираженим у дослідному варіанті.

Величини кормового коефіцієнта в обох варіантах експерименту виявилися суттєво вищими (2,02; 1,90; табл. 3) порівняно із заявленими виробником корму (1,0–1,05), що зумовлено впливом зниженої температури води у басейнах на процеси травлення та засвоєння корму кларієвим сомом. Водночас ефективність конверсії корму в дослідному варіанті перевищувала аналогічний показник контрольного на 6,32 %.

Зниження температури води у басейнах на другому етапі експерименту (середнє значення – 22,4 °С) порівняно з першим (середнє значення – 24,9 °С), негативно вплинуло на інтенсивність росту риби. Зокрема, якщо на вирівнювальному етапі відносний приріст маси риб становив 40,03 %, то на дослідному етапі значення цього показника у контрольному та дослідному варіантах становили відповідно 22,14 % і 24,19 % (див. рис. 2).

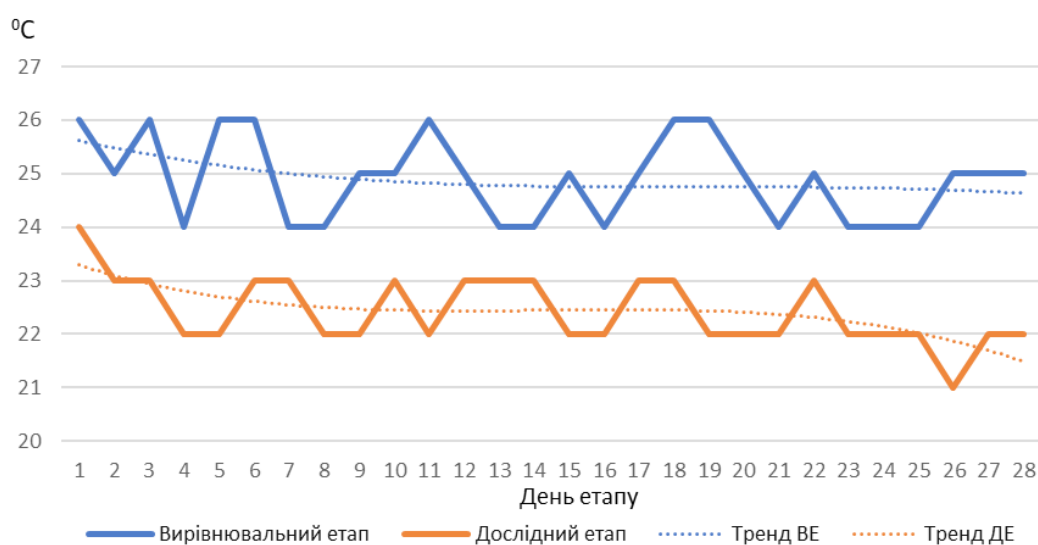


Рис. 1. Динаміка показників середньодобової температури води в басейнах із рибою протягом двох етапів експерименту.

Таблиця 2 – Результати першого (вирівнювального) етапу експерименту. Тривалість етапу – 28 діб

Показник	Величини показника
Кількість риб, екз.:	
початкова	420
кінцева	420
Вживаність, %	100,0
Щільність посадки, кг/м ³ :	
початкова	64,4
кінцева	96,6
Середня маса риби, г:	
початкова	390,95±2,81
C _v	14,73
кінцева	586,58±4,25
C _v	14,85
Індивідуальний приріст маси тіла риб:	
абсолютний, г	195,63
середньодобовий, г/доба	6,99
відносний, %	40,03
Загальний приріст маси тіла риб, кг	82,165
Витрати кормів, кг:	
комбікорм	101,520
личинки	–
Кормовий коефіцієнт, од.	1,24

Таблиця 3 – Результати другого (дослідного) етапу експерименту. Тривалість етапу – 28 діб

Показник	Величина показника		Дослід / Контроль, %
	Дослід	Контроль	
Кількість риб, екз.:			
початкова	206	206	–
кінцева	204	204	–
Вживаність, %	99,03	99,03	100,00
Щільність посадки, кг/м ³ :			
початкова	195,7	195,3	100,20
кінцева	247,1	240,4	102,79
Середня маса риби, г:			
початкова	588,99±6,06 ¹	585,03±6,13 ¹	100,67
C _v	14,77	15,09	97,88
кінцева	751,04±5,76 ²	730,70±6,91 ²	102,78
C _v	10,95	13,51	81,05
Індивідуальний приріст маси тіла риб:			
абсолютний, г	162,05	145,67	111,24
середньодобовий, г/доба	5,79	5,20	111,3
відносний, %	24,19	22,14	109,26
Загальний приріст маси тіла риб, кг	33,058	29,717	111,24
Витрати кормів, кг:			
комбікорм	66,730	40,180	–
личинки	–	26,950	–
Кормовий коефіцієнт, од.	2,02	1,90 ³	106,32

Примітки: ¹ – статистично значущої різниці між середніми значеннями маси риб не виявлено ($\alpha = 0,05$);

² – різниця між середніми значеннями маси риб є статистично значущою ($p < 0,05$);

³ – величину кормового коефіцієнту виведено з урахуванням різних рівнів обмінної енергії у комбі-кормі і в живих личинках *Hermetia illucens*.

При цьому найменший темп росту кларієвого сома спостерігали на останньому тижневому відрізку другого етапу, коли середня температура води знизилася до 22,0 °С.

Іхтіопатологічний контроль є одним із обов'язкових елементів забезпечення стабільної продуктивності та фізіологічної стійкості риб у рециркуляційних аквакультурних системах.

На рис. 3 представлено патологоанатомічні зміни внутрішніх органів кларієвого сома порівняно з морфологічною нормою.

Аналіз основних анатомічних видимих характеристики внутрішніх органів кларієвого сома (n=8 у кожному варіанті) показав, що суттєво знизився відсоток ураження шлунку та кишківника (гостре та хронічне запалення, наявність крововиливів) – з 75 % до початку дослідження до 12,5 % по його завершенню. Аналогічну позитивну динаміку відзначено щодо відсутності запальних процесів у жовчному міхурі порівняно з 25 % до початку дослідження.



Рис. 2. Динаміка росту кларієвого сома на другому етапі експерименту.



Рис. 3. Норма та патологоанатомічні зміни внутрішніх органів кларієвого сома.

Моніторинг анатомічних змін печінки після завершення дослідів свідчить, що орган мав пружну консистенцію, щільну структуру, блискучу капсулу та не містив ексудативних включень. Водночас у 25 % досліджених гіробионтів (2 риби) виявлено незначну мармуровість і наявність крововиливів під капсулою в каудальній частині органу.

Отже, з урахуванням ряду патологоанатомічних змін встановлено суттєве поліпшення стану всіх внутрішніх органів та їхньої відповідності анатомічній нормі (75 %) після завершення дослідів.

Висновки. Проведені дослідження свідчать, що введення насіння розторопші до складу повнораціонного комбікорму для африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) у рециркуляційній аквакультурній системі чинить позитивний вплив на фізіологічний стан риб та ефективність використання корму. Незважаючи на знижену порівняно з оптимальною температурою води протягом експерименту, риби дослідного варіанту зберегли високий рівень виживаності (99,03 %), що свідчить про безпечність використання насіння розторопші у складі раціону та його адаптаційну роль у стресових умовах.

Результати оцінки росту показали, що контрольний варіант мав дещо вищі абсолютні та відносні прирости маси тіла, однак ефективність конверсії корму у дослідному варіанті перевищувала контрольний на 6,32 %. Це свідчить про підвищення біологічної доступності поживних речовин та енергії корму за рахунок включення насіння розторопші, яке містить біоактивні сполуки, здатні покращувати травлення та метаболічні процеси у риб.

Іхтіопатологічний аналіз підтвердив протизапальну й органопротекторну дію насіння розторопші: після завершення експерименту значно знизився відсоток ураження шлунка та кишківника (з 75 % до 12,5 %), запальні процеси у жовчному міхурі були відсутні, а печінка характеризується пружною консистенцією, щільною структурою та відсутністю ексудативних включень у більшості риб. Такі зміни свідчать про позитивний вплив біоактивних компонентів насіння на відновлення морфофункціональної цілісності внутрішніх органів і підвищення загального рівня здоров'я риб.

Таким чином, введення насіння розторопші до складу комбікорму є ефективним способом підвищення конверсії корму та покращення стану внутрішніх органів африканського кларієвого сома. Результати

дослідження обґрунтовують використання цієї добавки в промислових умовах аквакультури, особливо в рециркуляційних системах, і відкривають перспективи для подальших досліджень щодо оптимального рівня введення насіння розторопші плямистої і його впливу на ріст, метаболізм і стресостійкість риб.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Wahsha M., Al-Zibdah M. The role of natural antidotes as an alternative to chemotherapy in fish aquaculture. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2020. Vol. 29. No 11. P. 9667–9674.
2. Abd-elaziz R.A., Shukry M., Abdel-Latif H.M.R., Saleh R.M. Growth-promoting and immunostimulatory effects of phytobiotics as dietary supplements for *Pangasianodon hypophthalmus* fingerlings. *Fish and Shellfish Immunology*. 2023. Vol. 133. DOI:10.1016/j.fsi. 2023.108531
3. *Silybum marianum* promotes growth, hepatic antioxidative activity, and splenic immunity but does not influence the intestinal barrier function of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* / M.R. Chaklader et al. *Aquaculture*. 2024. Vol. 583. DOI:10.1016/j.aquaculture.2024.740554
4. Дерень О.В. Біологічна цінність та використання ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea*) в тваринництві. *Рибогосподарська наука України*. 2009. № 1(7). С. 127–133.
5. Дерень О.В., Пірус П.І., Качай Г.В. Вплив ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea*) на продуктивні характеристики та якість м'яса коропа (*Cyprinus carpio*). *Рибогосподарська наука України*. 2012. № 3 (21). С. 47–50.
6. Дерень О.В., Рівіс Й.Ф. Підвищення рівня вищих жирних кислот в організмі коропів (*Cyprinus carpio*) під впливом настійки ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea*). *Рибогосподарська наука України*. 2009. № 2 (8). С. 100–105.
7. Паламарчук Р.А., Дерень О.В., Качай Г.В. Вплив згодовування амаранту (*Amaranthus*) на деякі фізіолого-біохімічні показники організму дволіток коропа. *Рибогосподарська наука України*. 2016. № 2 (36). С. 73–81. DOI:10.15407/fsu2016.02.073
8. Dietary supplementation of micelle silymarin enhances the antioxidant status, innate immunity, growth performance, resistance against *Vibrio parahaemolyticus* infection, and gut morphology in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) / M. Hasanthi et al. *Animal Feed Science and Technology*. 2024. Vol. 311. DOI:10.1016/j.anifeeds.2024.115953
9. Protective properties of milk thistle in aquaculture: a study on its role in mitigating supracide-induced stress in fish / R. Al-Jawasreh et al. *Jordan Journal of Biological Sciences*. 2024. Vol. 17. No 3. P. 443–452. DOI:10.54319/jjbs/170306
10. Кориляк М.З. Фітотерапевтичні властивості розторопші плямистої (*Silybum marianum*) та її використання в годівлі тварин. *Рибогосподарська наука України*. 2013. № 4 (26). С. 97–108. DOI:10.15407/fsu2013.04.097

11. Tedesco D.E.A., Guerrini A. Use of milk thistle in farm and companion animals: a review. *Planta Medica*. 2023. No 89. P. 584–607. DOI:10.1055/a-1969-2440
12. Носенко Ю. Розторопша плямиста – «подарунок Діви Марії». Пропозиція. 2009. № 11 (16). С. 30–32.
13. Кориляк М.З., Грициняк І.І., Дерень О.В., Добрянська О.П. Перебіг окисних процесів в гепатопанкреасі дволіток коропа за введення до складу кормів насіння розторопші плямистої (*Silybum marianum*). *Рибогосподарська наука України*. 2017. № 1 (39). С. 73–83. DOI:10.15407/fsu2017.01.073
14. Кориляк М.З., Віщур О.І., Грициняк І.І. Вплив розторопші плямистої (*Silybum marianum*) на стан Т- і V-клітинного імунітету та природну резистентність дволіток коропа. *Рибогосподарська наука України*. 2019. № 3 (49). С. 89–100. DOI:10.15407/fsu2019.03.089
15. Кориляк М.З., Бернакевич О.М., Добрянська О.П., Бобеляк Л.Й. Активність системи антиоксидантного захисту в організмі молоді коропа за згодовування олії розторопші плямистої. *Рибогосподарська наука України*. 2023. № 4 (66). С. 100–113. DOI:10.61976/fsu2023.04.100
16. Silymarin, *Silybum marianum*, supplemented weaning diet boosted survival, growth, antioxidant status, and fatty acids profile of seabass, *Dicentrarchus labrax* / S.A. Shahin et al. *Annals of Animal Science*. 2023. Vol. 23. No 1. P. 253–264. DOI:10.2478/aoas-2022-0068
17. Dietary silymarin, *Silybum marianum* extract ameliorates cadmium chloride toxicity in common carp, *Cyprinus carpio* / S.G. Al-Shawi et al. *Annals of Animal Science*. 2022. Vol. 22. No 2. P. 741–750. DOI:10.2478/aoas-2021-0065
18. Jindal R., Sinha R., Brar P. Evaluating the protective efficacy of *Silybum marianum* against deltamethrin induced hepatotoxicity in piscine model. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2019. Vol. 66. P. 62–68. DOI:10.1016/j.etap.2018.12.014
19. Improving silymarin oral bioavailability using silica-installed redox nanoparticle to suppress inflammatory bowel disease / T-H.T. Nguyen et al. *Journal of Controlled Release*. 2021. Vol. 331. P. 515–524. DOI:10.1016/j.jconrel.2020.10.042
20. Kim H.S., Jo S., Yun K.S., Lee K-J. Effects of dietary micelle silymarin on the growth performance, feed utilization and health of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture International*. 2023. Vol. 31. P. 3419–3436. DOI:10.1007/s10499-023-01135-2
21. The protective effect of silymarin on the carbon tetrachloride (CCl₄)-induced liver injury in common carp (*Cyprinus carpio*) / R. Jia et al. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Animal*. 2013. Vol. 49. P. 155–161. DOI:10.1007/s11626-013-9587-3
22. Effects of silymarin on growth performance, antioxidant capacity and immune response in turbot (*Scophthalmus maximus L.*) / J. Wang et al. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2019. Vol. 50. No 6. P. 1168–1181. DOI:10.1111/jwas.12614
23. Evaluation of the immunomodulatory effects of silymarin extract (*Silybum marianum*) on some immune parameters of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Actinopterygii: Salmoniformes: Salmonidae) / K. Ahmadi et al. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 2012. Vol. 42. No 2. P. 113–120. DOI:10.3750/AIP2011.42.2.04
24. Silymarin liposomes improves oral bioavailability of silybin besides targeting hepatocytes, and immune cells / N. Kumar et al. *Pharmacological Reports*. 2014. Vol. 66. P. 788–798. DOI:10.1016/j.pharep.2014.04.007
25. Кориляк М.З. Продуктивність та фізіолого-біохімічні показники організму коропа за введення до складу корму розторопші плямистої. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького. Сільськогосподарські науки*. 2020. Т. 22. № 92. С. 113–118. DOI:10.32718/nvlvet-a9219
26. Кориляк М.З. Результати вирощування товарного коропа (*Cyprinus carpio Linnaeus, 1758*) при використанні в складі раціону розторопші плямистої (*Silybum marianum (L.) Gaertn.*). *Рибогосподарська наука України*. 2019. № 4 (50). С. 109–122. DOI:10.15407/fsu 2019.04.109
27. Silymarin: unveiling its pharmacological spectrum and therapeutic potential in liver diseases-A comprehensive narrative review / H.M. Jaffar et al. *Food Science & Nutrition*. 2024. Vol. 12. No 5. P. 3097–3111. DOI:10.1002/fsn3.4010

REFERENCES

1. Wahsha, M., Al-Zibdah, M. (2020). The role of natural antidotes as an alternative to chemotherapy in fish aquaculture. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 29, no. 11. pp. 9667–9674.
2. Abd-elaziz, R.A., Shukry, M., Abdel-Latif, H.M.R., Saleh, R.M. (2023). Growth-promoting and immunostimulatory effects of phytobiotics as dietary supplements for Pangasianodon hypophthalmus fingerlings. *Fish and Shellfish Immunology*, Vol. 133. DOI:10.1016/j.fsi.2023.108531
3. Chaklader, M.R., Ahmed, H.A., Khafaga, A.F., Shukry, M., Abo Selema, T.A.M., Abdel-Latif, H.M.R. (2024). *Silybum marianum* promotes growth, hepatic antioxidative activity, and splenic immunity but does not influence the intestinal barrier function of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, Vol. 583. DOI:10.1016/j.aquaculture.2024.740554
4. Deren, O.V. (2009). Bioloichna tsinnist ta vykorystannia ekhinatsei purpurovoi (*Echinacea purpurea*) v tvarynystvvi [Biological value of echinacea purpurea (*Echinacea purpurea*) and its use in animal husbandry]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy* [Fisheries Science of Ukraine], no. 1 (7), pp. 127–133. (In Ukrainian).
5. Deren, O.V., Pirus, R.I., Kachai, H.V. (2012). Vplyv ekhinatsei purpurovoi (*Echinacea purpurea*) na produktyvni kharakterystyky ta yakist miasa koropa (*Cyprinus carpio*) [Echinacea purple (*Echinacea purpurea*) effect on performance winter hardiness and productive quality meat of carp (*Cyprinus carpio*)]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy* [Fisheries Science of Ukraine], no. 3 (21), pp. 47–50. (In Ukrainian).
6. Deren, O.V., Ravis, Y.F. (2009). Pidvyshchennia rivnia vyshchykh zhyrnykh kyslot v orhanizmi koropiv (*Cyprinus carpio*) pid vplyvom nastoiiky ekhinatsei purpurovoi (*Echinacea purpurea*) [Hain fatty acids concentration in the carps (*Cyprinus carpio*)]

- liver and carcass muscle under influencing of extract of echinacea purpurea (*Echinacea purpurea*)). Rybohospodarska nauka Ukrainy [Fisheries Science of Ukraine], no. 2 (8), pp. 100–105. (In Ukrainian).
7. Palamarchuk, R.A., Deren, O.V., Kachai, H.V. (2016). Vplyv zghodovuvannia amarantu (*Amaranthus*) na deiaki fiziolohe-biokhimichni pokaznyky orhanizmu dvolitok koropa [Effect of feeding amaran (*Amaranthus*) on some physiological and biochemical parameters of two years carp]. Rybohospodarska nauka Ukrainy [Fisheries Science of Ukraine], no. 2 (36), pp. 73–81. DOI:10.15407/fsu2016.02.073 (In Ukrainian).
8. Hasanthi, M., Jo, S., Kim, H-se., Yun, K-S., Lee, Y., Lee, K. (2024). Dietary supplementation of micelle silymarin enhances the antioxidant status, innate immunity, growth performance, resistance against *Vibrio parahaemolyticus* infection, and gut morphology in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Animal Feed Science and Technology, Vol. 311. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2024.115953
9. Al-Jawasreh, R., Al-Najjar, T., Rizzato, G., Capodaglio, G., Wahsha, M. (2024). Protective properties of milk thistle in aquaculture: a study on its role in mitigating supracide-induced stress in fish. Jordan Journal of Biological Sciences, Vol. 17, no. 3, pp. 443–452. DOI:10.54319/jjbs/170306
10. Koryliak, M.Z. (2013). Fitoterapevtychni vlastyvoli roztoropshi pliamystoi (*Silybum marianum*) ta yii vykorystannia v hodivli tvaryn [Phytherapeutic properties of *Silybum marianum* and its use in animal nutrition]. Rybohospodarska nauka Ukrainy [Fisheries Science of Ukraine], no. 4 (26), pp. 97–108. DOI:10.15407/fsu2013.04.097 (In Ukrainian).
11. Tedesco, D.E.A., Guerrini, A. (2023). Use of milk thistle in farm and companion animals: a review. Planta Medica, no. 89, pp. 584–607. DOI:10.1055/a-1969-2440
12. Nosenko, Yu. (2009). Roztoropsha pliamysta – «podarunok Divy Marii» [Milk thistle – «a gift from the Virgin Mary»]. Propozytsiia [Offer], no. 11 (16), pp. 30–32. (In Ukrainian).
13. Koryliak, M.Z., Hrytsyniak, I.I., Deren, O.V., Dobrianska, O.P. (2017). Perebih okysnykh protsesiv v hepatopankreasi dvolitok koropa za vvedennia do skladu kormiv nasinnia roztoropshi pliamystoi (*Silybum marianum*) [The course of oxidative processes in the hepatopancreas of age-2 carp after supplementing the feeds with thistle (*Silybum marianum*) seeds]. Rybohospodarska nauka Ukrainy [Fisheries Science of Ukraine], no. 1 (39), pp. 73–83. DOI:10.15407/fsu2017.01.073 (In Ukrainian).
14. Koryliak, M.Z., Vishchur, O.I., Hrytsyniak, I.I. (2019). Vplyv roztoropshi pliamystoi (*Silybum marianum*) na stan T- i B-klitynnoho imunitetu ta pryrodnu rezystentnist dvolitok koropa [The effect of milk thistle (*Silybum marianum*) on the state of T- and B-cell immunity and natural resistance of the immune system of two-year-old carp]. Rybohospodarska nauka Ukrainy [Fisheries Science of Ukraine], no. 3 (49), pp. 89–100. DOI:10.15407/fsu2019.03.089 (In Ukrainian).
15. Koryliak, M.Z., Bernakevych, O.M., Dobrianska, O.P., Bobeliak, L.I. (2023). Aktyvnist systemy antyoksydantnoho zakhystu v orhanizmi molodi koropa za zghodovuvannia olii roztoropshi pliamystoi [Activity of the antioxidant protection system in the body of juvenile carp after feeding them with spotted thistle oil]. Rybohospodarska nauka Ukrainy [Fisheries Science of Ukraine], no. 4 (66), pp. 100–113. DOI:10.61976/fsu2023.04.100 (In Ukrainian).
16. Shahin, S.A., Mansour, A.T., Abdel-Rahim, M.M., El-Dahhar, A.A., El Basuini, M.F., Elhetawy, A.I.G. (2023). Silymarin, *Silybum marianum*, supplemented weaning diet boosted survival, growth, antioxidant status, and fatty acids profile of seabass, *Dicentrarchus labrax*. Annals of Animal Science, Vol. 23, no. 1, pp. 253–264. DOI:10.2478/aoas-2022-0068
17. Al-Shawi, S.G., Yousif, A.Y., Al-Younis, Z.K., Shichiyakh, R.A., Zekiy, A.O., Naserabad, S.S. (2022). Dietary silymarin, *Silybum marianum* extract ameliorates cadmium chloride toxicity in common carp, *Cyprinus carpio*. Annals of Animal Science, Vol. 22, no. 2, pp. 741–750. DOI:10.2478/aoas-2021-0065
18. Jindal, R., Sinha, R., Brar, P. (2019). Evaluating the protective efficacy of *Silybum marianum* against deltamethrin induced hepatotoxicity in piscine model. Environmental Toxicology and Pharmacology, Vol. 66, pp. 62–68. DOI:10.1016/j.etap.2018.12.014
19. Nguyen, T-H.T., Trinh, N-T., Tran, H.N., Tran, H.T., Le, P.Q., Ngo, D.N., Tran-Van, H., Vo, T.V., Vong, B.L., Nagasaki, Y. (2021). Improving silymarin oral bioavailability using silica-installed redox nanoparticle to suppress inflammatory bowel disease. Journal of Controlled Release, Vol. 331, pp. 515–524. DOI:10.1016/j.jconrel.2020.10.042
20. Kim, H.S., Jo, S., Yun, K.S., Lee, K-J. (2023). Effects of dietary micelle silymarin on the growth performance, feed utilization and health of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture International, Vol. 31, pp. 3419–3436. DOI:10.1007/s10499-023-01135-2
21. Jia, R., Cao, L., Du, J., Xu, P., Jeney, G., Yin, G. (2013). The protective effect of silymarin on the carbon tetrachloride (CCl₄)-induced liver injury in common carp (*Cyprinus carpio*). In Vitro Cellular & Developmental Biology – Animal, Vol. 49, pp. 155–161. DOI:10.1007/s11626-013-9587-3
22. Wang, J., Zhou, H., Wang, X., Mai, K., He, G. (2019). Effects of silymarin on growth performance, antioxidant capacity and immune response in turbot (*Scophthalmus maximus L.*). Journal of the World Aquaculture Society, Vol. 50, no. 6, pp. 1168–1181. DOI:10.1111/jwas.12614
23. Ahmadi, K., Banaee, M., Vosoghei, A., Mirvaghefi, A., Ataimehr, B. (2012). Evaluation of the immunomodulatory effects of silymarin extract (*Silybum marianum*) on some immune parameters of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Actinopterygii: Salmoniformes: Salmonidae). Acta Ichthyologica et Piscatoria, Vol. 42, no. 2, pp. 113–120. DOI:10.3750/AIP 2011.42.2.04
24. Kumar, N., Rai, A., Reddy, N.D., Raj, P.V., Jain, P., Deshpande, P., Mathew, G., Kutty, N.G., Udupa, N.G.S., Rao, C.M. (2014). Silymarin liposomes improves oral bioavailability of silybin besides targeting hepatocytes, and immune cells. Pharmacological Reports, Vol. 66, pp. 788–798. DOI:10.1016/j.pharep.2014.04.007

25. Koryliak, M.Z. (2020). Produktivnist ta fiziolo-ho-biokhimichni pokaznyky orhanizmu koropa za vvedennia do skladu kormu roztoropshi pliamystoi [Productivity and physiological-biochemical parameters of carp body after the supplementation of their feed with milk thistle]. *Naukovyi visnyk LNU-VMB imeni S. Z. Gzhytskoho* [Scientific Bulletin of the S. Z. Gzhytskyi Lviv National University of Agricultural Sciences] *Sil'skogospodars'ki nauky* [Agricultural Sciences], Vol. 22, no. 92, pp. 113–118. DOI:10.32718/nvlvet-a9219 (In Ukrainian).

26. Koryliak, M.Z. (2019). Rezultaty vyroshchuvannia tovarnoho koropa (*Cyprinus carpio Linnaeus, 1758*) pry vykorystanni v skladi ratsionu roztoropshi pliamystoi (*Silybum marianum (L.) Gaertn*) [Increasing the efficiency of commercial rearing of the common carp (*Cyprinus carpio Linnaeus, 1758*) with the use of milk thistle (*Silybum marianum (L.) Gaertn*) in the ration composition]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy* [Fisheries Science of Ukraine], no. 4 (50), pp. 109–122. DOI:10.15407/fsu2019.04.109 (In Ukrainian).

27. Jaffar, H.M., Al-Asmari, F., Khan, F.A., Rahim, M.A., Zongo, E. (2024). Silymarin: unveiling its pharmacological spectrum and therapeutic potential in liver diseases-A comprehensive narrative review. *Food Science & Nutrition*, Vol. 12, no. 5, pp. 3097–3111. DOI:10.1002/fsn3.4010

Milk thistle (*Silybum marianum*) in fish feed: scientific rationale for the use of bioactive flavonolignans to enhance fish productivity and resilience

Kovalenko V., Hrynevych N., Ichuk I., Novokhatko O., Kovalenko B., Sliusarenko A., Shvab V., Prisyazhnyuk N.

A comprehensive, scientifically based assessment was carried out to evaluate the effectiveness of incorporating milk thistle seeds into the composition of the complete commercial compound feed Fishery Tech Barbel Pro Plus Float 42/12 for feeding African catfish (*Clarias gariepinus*) reared in a recirculating aquaculture system. The experiment, lasting a total of 56 days, was conducted in October–December 2025 in the tanks of the recirculating aquaculture system at the “Som z Pavlysh” fish farm. The study was conducted in two stages. The growth rate of the catfish was assessed based on individual absolute, average daily and relative body weight gain. The feed conversion ratio in the control group was calculated by converting the weight of the larvae into the weight of the compound feed, using a coefficient of 1.645, calculated as the difference

between the metabolizable energy values of the compound feed (13.830 MJ/kg) and live *Hermetia illucens* larvae (8.409 MJ/kg). For the ichthyopathological study of the African catfish, based on the results of the second stage of the experiment, eight specimens were selected from both the experimental and control groups. It was found that during the first and second stages of the study, water temperatures decreased and were below the optimal range (27–30°C). Thus, during the first, acclimatisation stage, the decrease was recorded at 1–3°C (average daily value 24.9°C), whereas during the second, experimental stage, the decrease was significant and the average daily water temperature was 22.4°C. African catfish from the experimental group showed the same survival rate (99.03%), but the fish from the control group outperformed them in terms of growth rate (by 11.24 % in absolute terms and by 9.26 % in relative terms). At the same time, the difference between the mean final body weights of the fish in both experimental groups was statistically significant ($p < 0.05$). Feed conversion efficiency in the experimental group was 6.32 % higher than the corresponding figure for the control group. The slowest growth rate of the clariid catfish was observed during the final week of the second stage, when the average water temperature dropped to 22.0°C.

The results of ichthyopathological studies revealed a significant reduction in the incidence of gastric and intestinal lesions (acute and chronic inflammation, presence of haemorrhages), from 75 % prior to the start of the study to 12.5% upon its completion. Similarly, a positive trend was observed in the absence of inflammatory processes in the gallbladder, compared to 25% prior to the start of the experiment. Monitoring of morphological changes in the liver following the experimental period indicates that the organ has an elastic consistency and dense structure, a glossy capsule, and no exudative inclusions. However, in 25% of the studied fish, slight marbling and the presence of haemorrhages beneath the capsule in the caudal part of the organ were observed. Taking into account a number of pathological changes, a significant difference was observed in the condition of all internal organs, namely their compliance with the morphological norm (75%), following the experiment.

Keywords: herbal supplement, milk thistle seeds (*Silybum marianum*), commercial compound feed, feed conversion ratio, recirculating aquaculture system, African catfish (*Clarias gariepinus*), black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*).



Copyright: Коваленко В.О. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Коваленко В.О.
Гриневич Н.Є.
Ільчук І.І.
Новохатко О.В.
Коваленко Б.Ю.
Слюсаренко А.О.
Шваб В.С.
Присяжнюк Н.М.

<https://orcid.org/0000-0001-7452-4331>
<https://orcid.org/0000-0001-7430-9498>
<https://orcid.org/0000-0003-0961-6613>
<https://orcid.org/0009-0001-3980-1441>
<https://orcid.org/0000-0002-0719-2063>
<https://orcid.org/0000-0002-1896-8939>
<https://orcid.org/0000-0002-5823-9095>
<https://orcid.org/0000-0002-4737-0143>

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

УДК 638.19:638.1:633.31

Вплив рівня протеїнового живлення та амінокислотного складу раціону на розвиток воскових залоз медоносних бджіл *Apis mellifera* L.Ковальський Ю.В. , Жмур В.В. *Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна* E-mail: prikarpatmed@ukr.net

Ковальський Ю.В., Жмур В.В. Вплив рівня протеїнового живлення та амінокислотного складу раціону на розвиток воскових залоз медоносних бджіл *Apis mellifera* L. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 123–134.

Kovalsky Y., Zhmur V. The effect of protein content and amino acid composition of the diet on the development of the wax glands of honey bees *Apis mellifera* L. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 123–134.

Рукопис отримано: 10.02.2026 р.

Прийнято: 23.02.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-123-134

ISSN 2310-9289

Медоносні бджоли формують стільники виключно з воску, синтезованого восковими залозами робочих особин. Інтенсивність секреторної активності клітин воскових залоз слід розглядати у тісному взаємозв'язку з розвитком структурних елементів жирового тіла, представлених трофоцитами та еноцитами. Відомо, що процеси восковиділення значною мірою залежать від функціонального стану жирового тіла. Основним чинником, який забезпечує ліпогенез у жировому тілі бджіл, є споживання квіткового пилку – головного джерела амінокислот і ліпідів. Дефіцит протеїну пригнічує функціональну активність воскових залоз, тоді як збалансоване амінокислотне живлення підвищує секреторну активність і потенціал бджіл до будівництва стільників.

У статті наведено результати досліджень впливу протеїнового живлення та окремих амінокислот у складі раціону на інтенсивність восковиділення у медоносних бджіл *Apis mellifera* L. Метою роботи було оцінити вплив білкового та амінокислотного живлення на морфометричні показники клітин жирового тіла і воскових залоз бджіл.

Дослідження проводили у 2023–2025 рр. на трьох групах бджолиних сімей по 5 у кожній, сформованих за методом аналогів. Бджоли контрольної групи не отримували протеїнових кормів. Бджолам I дослідної групи згодовували канді, виготовлене із суміші цукрового сиропу, меду, соєвого борошна, сухого яєчного меланжу та квіткового пилку. Бджолині сім'ї II дослідної групи споживали аналогічний корм, до складу якого додатково вводили амінокислотний комплекс. До його складу входили синтетичні амінокислоти: аргінін – 50,0 мг, лізин – 45,0 мг, метіонін – 15 мг, лейцин – 75,0 мг та ізолейцин – 45,0 мг на 1 кг протеїнової пасти.

Морфологічний аналіз жирового тіла та воскових залоз виконували на поперечних зрізах IV сегмента черевця завтовшки 7 мкм, виготовлених після фіксації у фіксаторі Буена та фарбування метиленовим синім.

Порівняно з контролем, у бджіл I дослідної групи довжина трофоцитів збільшилися на 17,2 %, а ширина – на 15,1 %. Згодовування амінокислотного комплексу бджолам II дослідної групи зумовило ще інтенсивніший ріст клітин: лінійні розміри трофоцитів зросли на 23,1 % у довжину та на 28,6 % у ширину ($p < 0,001$). Використання протеїнових кормів не мало вираженого впливу на морфометричні показники еноцитів. Порівняно

з контролем, довжина цих клітин у бджіл дослідних груп збільшилася на 7,8–8,9 %. Клітини восковидільного епітелію характеризувалися збільшенням довжини: на 15,9 % у I дослідній групі та на 21,7 % у II групі ($p < 0,001$).

Отже, використання білкових раціонів сприяє помірній гіпертрофії еноцитів і вираженому збільшенню розмірів трофоцитів, тоді як додавання амінокислотного комплексу додатково стимулює розвиток восковидільного епітелію, що узгоджується з підвищенням потенціалу до воскотворення.

Ключові слова: медоносні бджоли, жирове тіло, восковидільна залоза, рівень годівлі, протеїнове живлення, структура раціону, поживні речовини, амінокислоти, інтенсивність восковиділення.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Медоносні бджоли можуть існувати тільки за наявності гнізда [3]. На відміну від інших комах, на його будівництво вони використовують виключно віск – секрет, який синтезується восковими залозами робочих особин [7, 21]. Саме функціональна активність цих залоз визначає потенційну здатність бджіл до восковиділення. З фізіологічної точки зору процес синтезу воску є складним і недостатньо вивченим [4, 11, 22].

Кількість воску, що виділяється медоносними бджолами, залежить від впливу різноманітних факторів. Для оцінки потенційних можливостей бджолої сім'ї щодо воскотворення необхідно враховувати основні чинники, від яких залежить інтенсивність цього процесу. Розуміння відповідних механізмів є основою розроблення технологічних прийомів, спрямованих на підвищення продуктивності бджололиних сімей за воском.

Одним із найважливіших чинників воскотворення є надходження свіжого нектару та, передусім, квіткового пилку. За їхньої відсутності бджоли практично не будують стільників, тоді як навіть значні запаси вуглеводного корму в гнізді не стимулюють процес восковиділення [21]. Поряд із цим синтез воску потребує не лише значних енергетичних затрат, але й достатнього надходження протеїну. Деякі дослідники вказують, що процес восковиділення супроводжується значними витратами пластичних речовин організму, причому порівняно з вирощуванням розплоду ці витрати є у чотири рази більшими. Без належного розвитку жирового тіла процес воскотворення є неможливим [6, 11].

Основним джерелом протеїну для формування жирового тіла є квітковий пилок, який бджоли споживають у вигляді перги [2, 8]. Квітковий пилок забезпечує організм бджіл необхідними амінокислотами, жирними кислотами та мікроелементами, що становлять метаболічну основу накопичення резервних

речовин у жировому тілі [12, 18]. Після споживання пилок перетравлюється і метаболізується в жировому тілі, де його поживні компоненти – білки, ліпіди та вуглеводи – трансформуються відповідно у структурні білки, запасні ліпіди та глікоген [1].

Жирове тіло виконує функцію центрального метаболічного органа, в якому синтезуються та акумулюються резервні речовини, необхідні для живлення і секреторної діяльності робочих бджіл. Подальше транспортування продуктів метаболізму забезпечується гемолімфою, яка переносить біологічно активні сполуки, зокрема вітелогенін – основний резервний глікопротеїн, синтезований у жировому тілі [14]. Він циркулює у гемолімфі та надходить до секреторних структур організму, включаючи глоткові та воскові залози, підтримуючи їхню функціональну активність і забезпечуючи субстрати для синтезу відповідних секретів [5, 9].

Структурно та функціонально жирове тіло тісно взаємодіє з епітеліальними клітинами восковидільного комплексу, формуючи єдиний трофічний і метаболічний контур, необхідний для синтезу та транспорту ліпофільних компонентів воску. Воскові залози починають функціонувати на 3–5 добу життя бджоли, досягають максимального розвитку на другому-третьому тижні, а після 18–20 доби їхня активність поступово згасає у зв'язку з переходом бджоли до льотної діяльності.

Ефективність восковиділення безпосередньо залежить від забезпечення бджолої сім'ї повноцінним раціоном. Надходження поліфлорного квітового пилку до гнізда сприяє забезпеченню організму амінокислотами, ліпідами та мікронутрієнтами, необхідними для функціонування воскових залоз. Нестача повноцінного протеїну та незамінних амінокислот у раціоні різко пригнічує ліпогенез у молодих робочих бджіл, що, у свою чергу, істотно знижує їхній потенціал до воскотворення.

За дефіциту природного протеїнового корму раціон бджіл коригують шляхом використання штучних білкових підгодівель. До таких заміників належить соєве борошно, яєчний порошок, дріжджі, сухе коров'яче молоко та інші протеїновмісні компоненти. Однак, незважаючи на високий вміст сирого протеїну, ці продукти характеризуються незбалансованим амінокислотним складом і дефіцитом окремих незамінних амінокислот, що обмежує їхню біологічну цінність для бджіл. У зв'язку з цим актуальним є питання балансування раціонів медоносних бджіл синтетичними амінокислотами з метою вивчення їхнього впливу на розвиток жирового тіла та воскових залоз.

Мета дослідження – встановити закономірності впливу рівня протеїнового забезпечення та амінокислотного складу раціону на функціональний стан жирового тіла і процеси восковиділення у медоносних бджіл *Apis mellifera L.*

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено на базі кафедри виробництва і переробки продукції дрібних тварин біолого-технологічного факультету Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Апробацію результатів здійснювали в умовах пасічного господарства Стрийського району. Тривалість досліджень становила три роки – з 2023 по 2025 рр.

Для проведення експерименту було сформовано три групи бджолиних сімей: контрольну та дві дослідні. Групи формували за методом аналогів. У кожній групі налічувалося по 5 клінічно здорових бджолиних сімей карпатської раси *Apis mellifera L.* Під час формування груп враховували силу сімей, вік бджолиних маток і запаси меду на початок досліду.

Бджоли контрольної групи не отримували протеїнових підгодівель. Бджолам I дослідної групи зголювали канді, виготовлене із суміші цукрового сиропу, меду, соєвого борошна, сухого яєчного меланжу та квіткового пилку. Бджолині сім'ї II дослідної групи отримували аналогічний корм, до складу якого додатково вводили амінокислотний комплекс. До його складу входили синтетичні амінокислоти: аргінін – 50,0 мг, лізин – 45,0 мг, метіонін – 15,0 мг, лейцин – 75,0 мг та ізолейцин – 45,0 мг на 1 кг протеїнової пасти.

Згодовування дослідних кормових сумішей проводили у період із травня по вересень. Замінники готували у вигляді пасти (канді) шляхом змішування білкових компонентів із

цукровим сиропом у співвідношенні 1:1 до отримання однорідної сметаноподібної консистенції. Така структура корму забезпечувала його доступність для споживання бджолами, оптимальний рівень зволоження та запобігала швидкому висиханню. Перед внесенням до корму амінокислоти попередньо розчиняли у 100 мл води, що забезпечувало їхній рівномірний розподіл у протеїновій суміші.

Підготовлений корм за допомогою силиконового шпателя наносили на поверхню стільника. Після впресовування корму рамку поміщали у гніздо бджолоїної сім'ї. Для забезпечення об'єктивності оцінки впливу штучних протеїнових кормів усі бджолині сім'ї мали вільний доступ до природного пилкового взятку.

У дослідженні використовували медоносних бджіл, відібраних із піддослідних сімей. Після короткочасного знерухомлення шляхом охолодження кожен особину фіксували, частково занурюючи дорсальну частину тіла у розплавлений віск. Після його застигання проводили препарування, під час якого вилучали жирове тіло та воскові залози, локалізовані у ділянці черевних стернітів.

Відібраний матеріал фіксували у фіксаторі Буена протягом 24 годин. Після завершення фіксації зразки промивали у кількох змінах 70° етилового спирту до повного знебарвлення тканин. Підготовлений матеріал заливали у парафін із подальшим виготовленням парафінових блоків. Серійні гістологічні зрізи товщиною 7 мкм отримували за допомогою санного мікротома. Парафінові зрізи фарбували метиленовим синім.

Для забезпечення достовірності результатів аналіз проводили виключно на поперечних зрізах четвертого стерніта черевця. Морфометричний аналіз клітин жирового тіла та воскових залоз здійснювали у стернальній ділянці, враховуючи лише ті клітини, у яких площина зрізу проходила через ядро [11, 20]. Увесь цифровий матеріал досліджень піддавали статистичній обробці [17] з використанням стандартного програмного забезпечення "StatPlus 2008". Різницю між середніми показниками контрольної та дослідних груп вважали статистично достовірною при $p < 0,05$ – *; $p < 0,01$ – **; $p < 0,001$ – ***.

Результати дослідження та обговорення. На початковому етапі досліджень проведено морфометричний аналіз структурних компонентів стернального жирового тіла, локалізованого поблизу восковидільних залоз. З цією метою на 12-ту добу експерименту здійснювали відбір мічених бджіл.

Після відпрепарування сегментів черевця робочої виявлено шість черевних кілець, кожне з яких поділяється на дві частини. Дорсальні півкілця називаються тергітами, а вентральні – стернітами. Тергіти є значно більшими за розміром і виконують переважно захисну функцію. Вони з'єднуються з стернітами за допомогою гнучкої міжсегментарної мембрани. Стерніти характеризуються своєрідною будовою та, з фізіологічної точки зору, виконують значно важливішу функціональну роль. Як показано на рисунку 1, два краніальні стерніта за особливостями будови та функціональним призначенням суттєво відрізняються від наступних чотирьох стернітів.

У їхньому складі наявні однорідні хітинові ділянки темно-коричневого кольору, поверхня яких рівномірно вкрита тоненькими волосками.

Особливістю будови стернітів є те, що їхня каудальна частина частково перекриває наступний сегмент своєю дорсальною поверхнею. Унаслідок цього між окремими стернітами формується своєрідна камера, яка бере участь у процесах, пов'язаних із восковиділенням. Краніальна частина кожного тергіта має дві пари відростків – передні та задні, які слугують місцем прикріплення поздовжніх м'язів черевця.

Під час візуального огляду 3–6 стернітів неозброєним оком можна виявити по дві прозорі ділянки хітину на кожному з них. Ці ділянки неправильної п'ятикутної форми називають восковими дзеркальцями. Форма заднього краю воскових дзеркалець залежить від породних особливостей бджіл. Периферійна частина воскових дзеркалець характеризується своєрідним потовщенням,

сформованим хітиновим обідком, який поєднує достатню міцність та еластичність. Воскові дзеркальця розмежовані між собою випуклою смужкою, представленою хітиновим утворенням темнішого забарвлення з інтенсивним опушенням. З внутрішнього боку воскові дзеркальця вкриті клітинами гіподермального походження, які формують воскову залозу. До воскових дзеркалець підходить значна кількість трахеол, що свідчить про високий рівень обмінних процесів у клітинах восковидільного епітелію. Навесні та влітку восковидільна активність бджіл проявляється найінтенсивніше, тоді як восени вона поступово згасає навіть у молодих особин.

У новонароджених робочих бджіл клітини воскової залози мають кубоподібну форму та практично не відрізняються від інших клітин, що вистилають кутикулу. У процесі онтогенезу ці спеціалізовані клітини поступово стоншуються, лінійно збільшуються та набувають характерної залозистої структури. Можливе також їхнє часткове розмежування міжклітинними просторами [22]. Проведені нами дослідження показали, що особливо інтенсивне збільшення клітин восковидільної залози спостерігається у бджіл, які споживали корм із підвищеним вмістом протеїну.

Апікальний полюс клітини спрямований до кутикули воскового дзеркальця та пронизаний системою порових каналців, які безперервно переходять у воскові каналні філаменти епікутикули. Канальні філаменти епікутикули – це тонкі ниткоподібні структури, що проходять крізь епікутикулу і є продовженням порових каналів восковидільних клітин. Саме через них на поверхню воскового дзеркальця виводяться прекурсори воску – вуглеводні, жирні кислоти та ліпопротеїди.

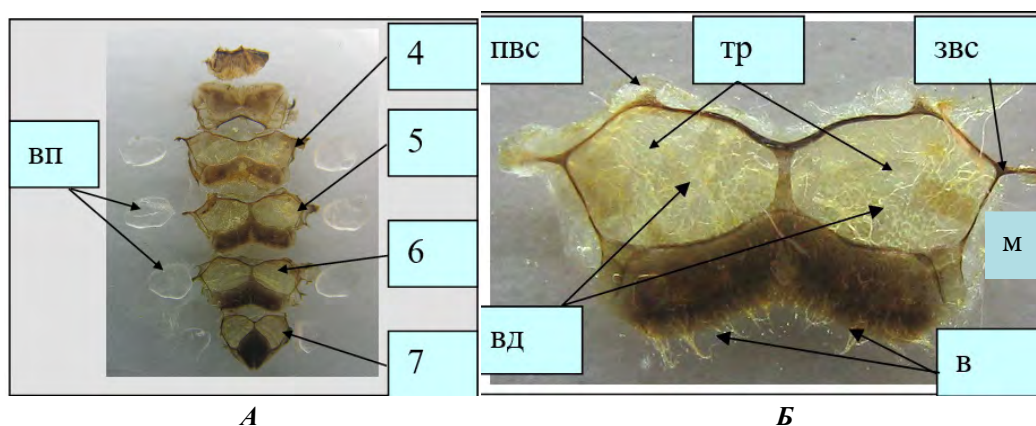


Рис. 1. Відпрепаровані стерніти черевця робочої бджоли:

А – стерніти черевця; Б – п'ятий стерніт черевця; вп – воскові пластинки; вд – воскові дзеркальця; в – волоски; пвс – передній відросток стерніта; звс – задній відросток стерніта; м – місце прикріплення міжсегментарної мембрани; тр – трахеї. Макропрепарат.

Клітини восковидільної залози прикріплені до базальної мембрани за допомогою інтегринового адгезивного комплексу та цитоскелетних філаментів, які формують гемідесмосомоподібні структури. Базальна ламіна виконує опорну функцію та забезпечує транспорт субстратів із гемолімфи [13].

У новонароджених робочих особин висота клітин восковидільної залози не перевищує позначки 20 мкм, а міжклітинний простір практично відсутній. Ядра цих клітин мають овальну форму та відносно великі розміри. Проведені дослідження показали, що кожне ядро містить від 1 до 4 ядерець залежно від поля зору. У ядерці відбуваються ранні етапи біосинтезу рибосомних структур [15], тому його наявність і ступінь вираженості у восковидільних клітинах корелюють із високою інтенсивністю білкового синтезу. Для ефективного воскотворення клітина повинна активно синтезувати ферменти та транспортні білки, що неможливо без функціонально активного ядерця.

Ядро клітини розташоване переважно у базальній частині, ближче до гемолімфи, тоді як апікальна зона зайнята порово-каналцевою системою. Цитоплазма восковидільних клітин у період максимальної секреторної активності характеризується добре розвиненою гладкою ендоплазматичною сіткою з велики-

ми цистернами та значною кількістю мітохондрій. Ендоплазматична сітка бере участь у транспортуванні гідрофобних компонентів, зокрема вуглеводнів і жирних кислот, які надходять із еноцитів [4]. З током гемолімфи ці сполуки транспортуються через епітелій до порових каналів і далі – в епікутикулу.

Ріст клітин восковидільної залози залежить від віку бджіл і характеризується певним кореляційним зв'язком із рівнем секреторної активності. У міру збільшення розмірів клітин посилюється інтенсивність восковиділення. Пік розвитку восковидільної залози встановлено у бджіл літньої генерації, у яких висота клітин досягала 85–95 мкм.

У медоносних бджіл восковидільна залоза характеризується чіткою пошаровою організацією. Від зовнішнього до внутрішнього боку у її складі виділяють такі структурні компоненти: кутикулу, епікутикулу, прокутикулу, шар восковидільних клітин і базальну мембрану (рис. 2).

Епікутикула представлена тонкою структурою, крізь яку проходять порові канали, сформовані численними восковими нитками, що проникають у прокутикулу [16]. Проходячи через численні пори воскового дзеркала, віск контактує із зовнішнім середовищем, твердне та формує воскові пластинки масою близько 0,25 мг кожна.

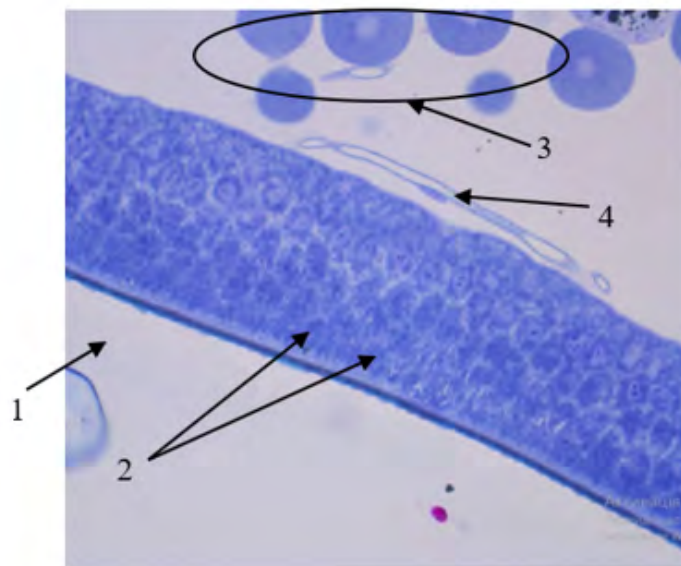


Рис. 2. Гістологічна будова восковидільної залози 5 стерна робочої бджоли [7]:

1 – п'ятий стерніт черевця, 2 – клітини восковидільної залози,
3 – стернальне жирове тіло, 4 – трахеї.
(Збільшення: об. 10 х ок. 7, фарбування: метиленовий синій).

Після періоду інтенсивної секреції воску воскові залози поступово дегенерують. Зазвичай цей процес настає після 21-ї доби життя бджоли. Водночас у робочих бджіл можливий вторинний розвиток воскових залоз, унаслідок чого за сприятливих умов виділення воску може відбуватися навіть у віці понад 120 діб [21]. Повторний розвиток воскових залоз супроводжується прискореним фізіологічним старінням організму, у зв'язку з чим бджоли гірше переносять період гіпобіозу. Цікавим є той факт, що у бджолої матки та трутнів клітини воскових залоз відсутні.

Утворення бджолоїного воску є складним фізіологічним процесом, який реалізується за участю кількох типів клітин. Провідну роль у цьому процесі відіграють епітеліальні клітини воскової залози та клітини жирового тіла, представлені трофоцитами й еноцитами [7]. Їхня функціональна активність виражений синергічний характер. Жирове тіло забезпечує восковидільний епітелій ліпідними прекурсорами та білковими комплексами, тоді як епітеліальні клітини здійснюють транспорт і секрецію ліпофільних компонентів назовні. Таким чином, зазначені клітинні популяції функціонують як єдиний восковидільний комплекс, що інтегрує процеси метаболізму поживних речовин і секреції воску.

З анатомічної та фізіологічної точок зору структурні клітини жирового тіла відрізняються між собою за будовою та функціональним призначенням. Оскільки основною функцією трофоцитів є накопичення ліпідів, їх інколи помилково називають адипоцитами. Однак ця назва є некоректною, оскільки ці клітини здійснюють складні метаболічні процеси, пов'язані не лише зі зберіганням, але й синтезом білків і вуглеводів [19]. Збільшення розмірів трофоцитів жирового тіла позитивно впливає на інтенсивність синтезу воску клітинами воскової залози [7].

Проведені дослідження дають підстави стверджувати, що введення до раціону

протеїновмісних кормів супроводжується підвищенням показників розвитку трофоцитів жирового тіла (табл. 1).

Як видно з даних таблиці 1, у контрольній групі медоносних бджіл трофоцити стернальної зони жирового тіла характеризувалися найменшими морфометричними показниками. Середня довжина клітин становила $47,2 \pm 2,65$ мкм. Обмежене надходження протеїнових кормів зумовлювало значну варіабельність їхніх розмірів, унаслідок чого довжина трофоцитів коливалася в межах $37,56$ – $53,55$ мкм.

Широкий діапазон морфометричних показників у вибірці свідчить про виражений поліморфізм клітин і різний ступінь їхнього функціонального стану. Наявність клітин, що перебувають на різних етапах розвитку, вказує на неоднаковий рівень функціональної активності жирового тіла. У медоносних бджіл це, як правило, пов'язано з інтенсивністю метаболічних процесів і рівнем забезпечення восковидільної функції. зазвичай означає активну роботу жирового тіла та його внесок у посилення воскової секреції. Середній показник ширини трофоцитів становив $40,9 \pm 3,81$ мкм.

Площа трофоцитів стернальної зони жирового тіла у контрольній групі становила в середньому $1780,5 \pm 162,21$ мкм², при коливанні значень у межах $1157,2$ – $2005,4$ мкм². Отримані результати свідчать про певну нестабільність цього показника, що проявляється широким діапазоном варіацій. Така мінливість може відображати неоднорідність клітинного складу за площею у межах вибірки та вказувати на часткову неузгодженість морфо функціональної організації жирового тіла.

Під час дослідження трофоцитів у бджіл I дослідної групи встановлено, що середня довжина клітин становила $55,3 \pm 4,65$ мкм, що на $17,16$ % перевищувало показник контрольної групи. У вибірці виявляли як менші клітини довжиною $43,10$ мкм, так і більші – $62,87$ мкм.

Таблиця 1 – Розмір трофоцитів стернальної зони жирового тіла у медоносних бджіл, ($M \pm m$, $n=20$)

Група сімей	Розмір трофоцитів					
	довжина, мкм		ширина, мкм		площа, мкм ²	
	$M \pm m$	lim	$M \pm m$	lim	$M \pm m$	lim
Контрольна	$47,2 \pm 3,65$	$37,56$ – $53,55$	$40,9 \pm 3,81$	$35,12$ – $43,22$	$1780,5 \pm 162,21$	$1157,2$ – $2005,4$
Дослідна 1	$55,3 \pm 4,65$	$43,10$ – $62,87$	$47,1 \pm 4,11$	$35,02$ – $49,52$	$2236,1 \pm 201,1$	$1460,4$ – $2601,1$
Дослідна 2	$58,1 \pm 5,06^*$	$55,74$ – $69,63$	$52,6 \pm 3,1^*$	$50,72$ – $54,33$	$2649,9 \pm 225,9^*$	$2616,4$ – $3538,1$

Примітка: вірогідна різниця між контрольною і дослідною групою (* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$).

Середня ширина трофоцитів у цій групі становила 47,1±4,11 мкм, при коливанні значень у межах 35,02–49,52 мкм. Отримані дані свідчать про помірну варіабельність цього показника, що вказує на відносну однорідність клітин за шириною. Поєднання середнього значення та діапазону варіацій підтверджує, що ширина є більш стабільною морфометричною ознакою порівняно з довжиною. Водночас цей показник перевищував контроль на 15,15 %.

Співвідношення довжини до ширини становило 1,17, що характеризує трофоцити як помірно видовжені клітини. Площа трофоцитів у бджіл I дослідної групи становила в середньому 2236,1 мкм², при коливанні значень у межах 1460,4–2601,1 мкм². Це перевищувало показник контрольної групи на 32,93 %. Отримані результати свідчать про суттєве збільшення площі клітин у бджіл дослідної групи, що, ймовірно, пов'язано з впливом аліментарного чинника на морфофункціональний стан жирового тіла. Відносно вузький діапазон значень вказує на високу однорідність трофоцитів за площею.

Основною функцією жирового тіла медоносних бджіл є накопичення резервних поживних речовин. У бджіл II дослідної групи, які споживали протеїновий корм, процес депонування поживних компонентів, очевидно, відбувався інтенсивніше. Середня довжина трофоцитів стернальної зони жирового тіла становила 58,1±6,06 мкм, що на 23,09 % перевищувало показники контрольної групи. Межі коливань цього показника варіювалися від 56,74 до 69,63 мкм.

Середня ширина трофоцитів дорівнювала 52,6±3,10 мкм. У межах вибірки виявляли як менші клітини шириною 50,72 мкм, так і більші – 54,33 мкм. У середньому цей показник перевищував контроль на 28,60%. Найбільш виражені зміни встановлено за площею трофоцитів, яка становила 2649,9±225,9 мкм². У вибірці траплялися клітини площею від 2616,4 до 3538,1 мкм². Загалом це свідчить про збільшення показника на 48,82 % порівняно з контролем.

Отримані результати вказують на те, що споживання більш збалансованого протеїнового корму, збагаченого амінокислотами,

зумовило істотне збільшення розмірів трофоцитів за всіма морфометричними параметрами. Це є ознакою посилення трофічної активності та морфофункціональної перебудови жирового тіла. Відносно вузький діапазон варіацій площі клітин свідчить про високу однорідність трофоцитів у межах групи. Статистичний аналіз підтвердив високодостовірні відмінності між показниками дослідної та контрольної груп (p<0,001), що свідчить про істотний вплив амінокислотного збалансованого протеїнового корму на морфологічну організацію жирового тіла та інтенсивність його розвитку.

Жирове тіло не лише пасивно накопичує поживні речовини, але й виконує важливу метаболічну функцію, забезпечуючи проміжний обмін речовин. У його клітинах відбуваються процеси біосинтезу та трансформації білків, жирів і вуглеводів. У бджолиних маток у період репродуктивної активності жирове тіло синтезує специфічні білки – вітелогеніни, необхідні для формування жовтка в ооцитах.

Подальші морфометричні дослідження та аналіз морфологічних характеристик були спрямовані на вивчення еноцитів жирового тіла (табл. 2).

Еноцити – це високоспеціалізовані секреторні клітини ектодермального походження, локалізовані поблизу жирового тіла та епідермісу комах. Їхня ультраструктурна організація та біохімічні функції свідчать про ключову роль у процесах ліпідного метаболізму, зокрема у синтезі довголанцюгових жирних кислот, вуглеводнів і компонентів кутикулярного воску [10]. Саме еноцити забезпечують утворення ліпідних попередників, необхідних для синтезу воску, який використовується бджолами для будівництва стільників.

Аналіз даних таблиці показав, що еноцити стернальної зони жирового тіла бджіл контрольної групи характеризувалися найменшими морфометричними показниками порівняно з іншими досліджуваними групами. Зокрема, середня довжина клітин становила 48,3±3,76 мкм. При цьому виявлено природну варіабельність показника: поряд із дрібними клітинами довжиною 42,66 мкм траплялися й більші еноцити, довжина яких досягала 55,45 мкм.

Таблиця 2 – Розмір еноцитів стернальної зони жирового тіла у медоносних бджіл, (M±m, n=20)

Група сімей	Розмір еноцитів					
	довжина, мкм		ширина, мкм		площа, мкм ²	
	M±m	lim	M±m	lim	M±m	lim
Контрольна	48,3±3,76	42,66–55,45	41,8±3,14	36,68–43,87	1782,6±162,21	1442,2–2005,4
Дослідна 1	52,1±3,21	42,19–63,09	44,2±4,01	42,99–49,88	2008,7±207,16	1702,4–2744,1
Дослідна 2	52,6±5,99	50,78–59,03	44,64±4,17	41,79–47,52	2041,8±194,49	1889,4–2508,2

Середня ширина еноцитів становила $41,8 \pm 3,14$ мкм, а межі її коливань – від 36,68 до 43,87 мкм. Відносно невеликі морфометричні параметри клітин жирового тіла зумовили й найменшу середню площу еноцитів, яка дорівнювала $1782,6 \pm 44,21$ мкм². Водночас варіабельність площі клітин у контрольній групі коливалася в межах від 1442,2 до 2005,4 мкм².

Отримані результати свідчать про відносну однорідність еноцитів за показником площі та помірну мінливість їхньої довжини і ширини. Співвідношення довжини до ширини становило близько 1,15, що вказує на помірно видовжену форму клітин.

Дослідження еноцитів бджіл I дослідної групи, які споживали протеїновий корм із вмістом обніжжя, показало збільшення морфометричних показників клітин порівняно з контрольною групою. Зокрема, середня довжина еноцитів становила $52,1 \pm 3,21$ мкм за меж коливань від 42,19 до 63,09 мкм, що на 7,8 % перевищувало контрольні значення.

Середня ширина еноцитів дорівнювала $44,2 \pm 4,01$ мкм (lim 42,99–49,88 мкм), що було на 5,7 % більше порівняно з контролем. Водночас середня площа клітин становила $2008,7 \pm 207,16$ мкм² за меж варіювання $1702,4$ – $2744,1$ мкм², що на 14,5 % перевищувало показники контрольної групи. Широкий діапазон коливань площі еноцитів свідчить про значну неоднорідність клітин за цим морфометричним показником, що може вказувати на різний рівень функціональної активності еноцитів у бджіл дослідної групи.

Морфометричний аналіз еноцитів бджіл II дослідної групи показав подальше збільшення їхніх розмірів порівняно з контрольною групою. Зокрема, середня довжина еноцитів становила $52,6 \pm 5,99$ мкм за меж коливань від 50,78 – до 59,03 мкм, що на 8,9 % перевищувало контрольні показники.

Середня ширина еноцитів дорівнювала $44,64 \pm 4,17$ мкм, а її варіабельність знаходилася в межах від 41,79 до 47,52 мкм, що на 6,7 % більше порівняно з контролем. Площа клітин становила $2041,8 \pm 194,49$ мкм² за меж варіювання від 1889,4 до 2508,2 мкм², що на 31,0 % перевищувало значення контрольної групи. Найбільш виражене збільшення відзначено саме за показником площі клітин, що свідчить про інтенсивну морфологічну перебудову жирового тіла під впливом згодовування протеїнових кормів.

Зміни форми еноцитів у різних групах відбувалися поступово та корелювали зі

збільшенням їхніх розмірів. У контрольній групі співвідношення довжини до ширини клітин становить близько 1,15, що характеризувало еноцити як помірно видовжені клітини овальної форми з відносно невеликою площею та компактною будовою. У II дослідній групі це співвідношення досягало 1,2, при незначному збільшенні довжини й ширини клітин еноцити набували більш видовженої форми, що може свідчити про розвиток гіпертрофічних процесів і структурну перебудову жирового тіла.

Таким чином зміна форми еноцитів безпосередньо пов'язана з їхньою функціональною активністю, оскільки морфологічні особливості клітин тісно корелюють із рівнем їхніх метаболічних процесів.

Актуальність морфометричного аналізу восковидільних клітин зумовлена його важливим значенням для оцінки функціонального стану та продуктивності бджіл. Насамперед, морфометричні показники клітин тісно пов'язані з їхньою секреторною активністю: збільшення розмірів і площі клітин може свідчити про інтенсифікацію процесів синтезу та виділення воску.

Окрім того, морфометричний аналіз дає змогу оцінити вплив різних факторів зовнішнього середовища, зокрема особливостей живлення, забезпеченості білковими та вуглеводними кормами, а також сезонних змін, пов'язаних із періодами активного медозбору та цвітіння рослин, на розвиток воскових залоз бджіл.

Практичне значення таких досліджень полягає у можливості наукового обґрунтування оптимальних раціонів годівлі та технологічних прийомів утримання бджолиних сімей, спрямованих на підвищення їхньої воскової продуктивності. Водночас зміни форми та розмірів восковидільних клітин можуть слугувати чутливими морфологічними індикаторами фізіологічного стану організму бджоли, відображаючи інтенсивність метаболічних процесів і рівень функціональної активності жирового тіла (табл. 3).

Відомо, що морфометричні параметри клітин восковидільної залози медоносних бджіл істотно залежать від віку особин, що зумовлено онтогенетичною динамікою їхньої секреторної активності. З метою забезпечення точності та об'єктивності результатів відбір матеріалу проводили серед одновікових дорослих бджіл, що дало змогу мінімізувати вплив вікових відмінностей на морфологічні показники досліджуваних клітин.

Таблиця 3 – Розмір клітин восковидільної залози у медоносних бджіл, ($M \pm m$, $n=20$)

Група сімей	Розмір клітин			
	довжина, мкм		площа, мкм ²	
	$M \pm m$	lim	$M \pm m$	lim
Контрольна	44,51,09	40,06–47,22	228,1±2,61	218,9–257,4
Дослідна 1	51,6±2,05*	48,10–53,78	267,5±2,25	258,1–272,4
Дослідна 2	54,2±1,78*	51,69–55,08	273,1±2,15*	265,4–308,7

Морфометричний аналіз клітин воскової залози ускладнюється особливостями їхньої анатомічної будови. Епітеліальні клітини восковидільної залози не мають простої циліндричної форми, а характеризуються видовженою, призматичною будовою. Секреторні клітини містять численні трубчасті інвагінації плазматичної мембрани, розгалужені порові канали та внутрішньоклітинні вирости, спрямовані до кутикули. Трубочасті інвагінації становлять собою заглиблення плазматичної мембрани в цитоплазму клітини, що формують тонкі каналцеподібні структури. У восковидільній залозі медоносної бджоли вони добре розвинені та відіграють важливу роль у процесах секреції воску [16]. Наявність таких структур ускладнює точне визначення меж клітини та вимірювання лінійних параметрів, оскільки поверхня клітин набуває нерівного й складчастого характеру. Тому для проведення морфометричних досліджень доцільним є використання спеціалізованого програмного забезпечення, яке забезпечує високу точність вимірювань на якісно підготовлених гістологічних препаратах.

Обмеження надходження протеїнового корму в бджіл контрольної групи зумовило зниження забезпеченості організму поживними речовинами, що позначилося на морфометричних характеристиках клітин восковидільної залози. Середня довжина епітеліальних клітин у контрольній групі становила $44,5 \pm 1,09$ мкм, при цьому її коливання знаходилися в межах від 40,06 до 47,22 мкм. Відомо, що в період максимальної секреторної активності клітини восковидільної залози значно видовжуються, тому отримані показники свідчать про порівняно низький рівень їхнього функціонального розвитку.

Середня площа клітин становила $228,1 \pm 2,61$ мкм². Отримані результати вказують на відносну компактність клітин і помірну варіабельність їхніх морфометричних параметрів. Співвідношення довжини до ширини характеризує клітини як видовжені, що відповідає їхній типовій морфологічній організації. Водночас дані таблиці свідчать,

що саме у контрольній групі морфометричні показники клітин восковидільної залози були найнижчими серед усіх досліджуваних груп, що може бути наслідком недостатнього забезпечення бджіл протеїновими компонентами корму.

У бджіл I дослідної групи споживання корму, що містив бджолине обніжжя, сприяло суттєвому збільшенню морфометричних показників клітин восковидільної залози. Середня довжина клітин становила $51,6 \pm 2,05$ мкм а меж коливань від 48,10 до 53,78 мкм, що на 15,9 % перевищувало аналогічний показник контрольної групи. Виявлені відмінності були статистично значущими ($p < 0,001$), що свідчить про виражений вплив протеїнового корму на розвиток секреторного епітелію восковидільної залози.

Середня площа клітин дорівнювала $267,5 \pm 2,25$ мкм² при варіюванні від 258,1 до 272,4 мкм², що на 17,27 % перевищувало контрольні значення. Збільшення площі клітин вказує на підвищення рівня їхньої функціональної активності та потенційне посилення процесів синтезу воску.

Водночас вузький діапазон коливань площі клітин свідчить про їхню високу морфологічну однорідність, що може бути ознакою стабільного функціонального стану восковидільної залози та однотипної реакції бджіл на згодовування корму з вмістом бджолиного обніжжя.

Найвищий рівень розвитку клітин восковидільної залози виявлено у бджіл II дослідної групи. Ймовірно, це пов'язано з тим, що згодовування протеїнового корму, збагаченого амінокислотами, сприяє більш повному засвоєнню поживних речовин та інтенсифікації обмінних процесів в організмі бджіл.

Результати морфометричного аналізу показали, що середня довжина клітин восковидільної залози становила $54,2 \pm 1,78$ мкм за меж коливань від 51,69 до 55,08 мкм, що на 21,7 % перевищувало відповідний показник контрольної групи. Збільшення лінійних розмірів клітин супроводжувалося зростанням їхньої площі, середнє значення якої становило $273,1 \pm 2,15$ мкм². Межі варіювання площі

знаходилися в межах від 255,0 до 273,8 мкм², що на 19,6 % перевищувало контрольні значення.

Найбільш виражені зміни спостерігалися за показниками довжини та площі клітин, що свідчить про інтенсивну морфофункціональну перебудову восковидільної залози під впливом амінокислотного збагачення раціону. Виявлені відмінності були статистично значущими ($p < 0,001$), що підтверджує суттєвий вплив досліджуваного кормового чинника на розвиток секреторного епітелію залози.

Аналіз отриманих результатів дає підстави вважати, що основною функцією трофоцитів стернальної зони жирового тіла медоносної бджоли є накопичення, переробка та депонування поживних речовин, зокрема, ліпідів, білків і глікогену. Відомо, що ці клітини активно реагують на надходження білкових компонентів корму та амінокислот, що супроводжується їхньою гіпертрофією. Саме тому додавання синтетичних амінокислот до складу протеїнового корму закономірно посилювало приріст морфометричних показників трофоцитів — від 17 % у I дослідній групі до 23 % у II дослідній групі. Отримані результати узгоджуються з сучасними науковими даними, згідно з якими амінокислоти стимулюють процеси ліпогенезу в жировому тілі та сприяють морфофункціональній гіпертрофії жирових клітин медоносних бджіл [1, 5].

У дослідженнях із використанням пилкових монодіет встановлено, що посилене білкове живлення призводить до збільшення лінійних розмірів трофоцитів жирового тіла [1]. Результати наших досліджень підтверджують цю закономірність, оскільки у бджіл I дослідної групи виявлено достовірне зростання морфометричних показників трофоцитів унаслідок згодовування протеїнових кормів. Ще більш виражені зміни спостерігалися у бджіл II дослідної групи, які додатково отримували синтетичні амінокислоти. Таке морфометричне збільшення клітин є фізіологічно обґрунтованим і добре узгоджується із сучасними уявленнями про роль амінокислот у регуляції метаболізму жирового тіла медоносних бджіл [7]. Підвищена доступність амінокислот стимулює біосинтез і накопичення структурних і резервних сполук, насамперед білків і нейтральних ліпідів, що морфологічно проявляється збільшенням розмірів клітин [21].

На відміну від трофоцитів, еноцити виконують дещо інші функції, пов'язані переважно з регуляцією ліпідного обміну, синтезом специфічних жирних кислот, формуванням

компонентів кутикули та забезпеченням бар'єрних властивостей покривів. Тому їхня морфометрія зазвичай змінюється менш інтенсивно, ніж у трофоцитів. За даними сучасних досліджень, під впливом різних факторів у медоносних бджіл може спостерігатися збільшення розмірів еноцитів, однак основний ефект полягає не у значній гіпертрофії клітин, а в активації метаболічних процесів, пов'язаних із синтезом і транспортом ліпідів. Функціональна активація еноцитів відбувається за умов відносно помірних морфологічних змін, що пояснює виявлене в нашому дослідженні збільшення довжини еноцитів на 8,8 % у бджіл II дослідної групи.

З фізіологічної точки зору збільшення розмірів клітин жирового тіла корелює з підвищенням синтетичної активності організму, оскільки жирове тіло бере безпосередню участь у забезпеченні енергетичних і пластичних потреб бджіл, необхідних для інтенсивного восковиділення. Результати морфометричного аналізу клітин восковидільної залози показали, що у бджіл контрольної групи вони характеризувалися найменшими розмірами, що відображає базовий рівень секреторної активності залози. Використання протеїнових кормів, до складу яких входили яєчний меланж, соєве борошно та бджолине обніжжя, сприяло достовірному збільшенню довжини та площі клітин восковидільної залози. Найбільш виражені зміни встановлено у бджіл II дослідної групи, які отримували корм, збагачений амінокислотами.

Зростання площі клітин на 17,2–19,6 % порівняно з контролем свідчить про інтенсивну морфофункціональну перебудову восковидільної залози під впливом білкового живлення. Статистично значущі відмінності між дослідними та контрольною групами ($p < 0,001$) підтверджують важливу роль якісного білкового забезпечення у формуванні секреторного апарату воскових залоз медоносних бджіл. Отримані результати мають практичне значення, оскільки безпосередньо пов'язані з восковою продуктивністю бджолиних сімей та їхньою здатністю до інтенсивного будівництва стільників.

Висновок. Інтенсивність секреторної діяльності клітин восковидільної залози доцільно розглядати у тісному взаємозв'язку з морфофункціональним станом структурних елементів жирового тіла, насамперед трофоцитів та еноцитів. Найбільш виражений розвиток трофоцитів встановлено у бджіл, які споживали протеїновмісні корми, а максимальні морфометричні показники зафіксовано

за додаткового введення до раціону синтетичних амінокислот. Водночас використання амінокислотних добавок не спричинило настільки ж виражених змін морфометричних параметрів еноцитів стернальної частини жирового тіла, що свідчить про відмінності у функціональній відповіді різних типів клітин жирового тіла на покращення білкового живлення. Інтенсивна морфологічна перебудова восковидільної залози та збільшення розмірів її секреторних клітин зумовлені впливом більш повноцінного протеїнового раціону, який забезпечує оптимальні умови для реалізації метаболічних процесів, пов'язаних із синтезом воску та розвитком воскових залоз медоносних бджіл.

REFERENCES

1. Béjar, V., Garduño, J., Calvillo, K., García, E. (2022). Survival, Body Condition, and Immune System of *Apis mellifera* ligustica Fed Avocado, Maize, and Polyfloral Pollen Diet. *Neotrop Entomol.* 51 (4), pp. 583–592. DOI:10.1007/s13744-022-00974-7.
2. Carroll, M., Brown, N., Goodall, C., Downs, A., Sheenan, T. (2021). Correction: Honey bees preferentially consume freshly-stored pollen. *PLOS ONE*, 16 (3). DOI:10.1371/journal.pone.0249458.
3. Casanelles-Abella, J., Moretti, M. (2022). Challenging the sustainability of urban beekeeping using evidence from Swiss cities. *NPJ Urban Sustainability*, 2 (3). DOI:10.1038/s42949-021-00046-6.
4. Cassier P., Lensky, Y. (1995). Ultrastructure of the wax gland complex and secretion of beeswax in the worker honey bee *Apis mellifera* L. *Apidologie*, 26 (1), pp. 17–26. DOI:10.1051/apido:19950103.
5. Chang, H., Ding, G., Jia, G., Feng, M., Huang, J. (2022). Hemolymph Metabolism Analysis of Honey Bee (*Apis mellifera* L.) Response to Different Bee Pollens. *Insects*, 14 (1), 37 p. DOI:10.3390/insects14010037.
6. Dalal, M., Aljedani, N. (2018). Comparing the Histological Structure of the Fat Body and Malpighian Tubules in Different Phases of Honeybees, *Apis mellifera jemenatica* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Entomology*, 15, pp. 114–124. DOI:10.3923/je.2018.114.124.
7. Fedak, V.V. (2023). Influence of feed quality on wax gland development indicators in honey bees (*Apis mellifera* L.). *Beekeeping of Ukraine*, 1 (9). DOI:10.46913/beekeepingjournal.2022.9.15
8. Haase, A., Hoffmann, K. (2021). Pollen Diet-Properties and Impact on a Bee Colony. *Insects*, 12 (9), 798 p. DOI:10.3390/insects12090798.
9. Herman, N., Vitenberg, T., Opatovsky, I. (2025). Metabolic and immune functions of the hemolymph and fat body in *Hermetia illucens* under pathogen challenge. *Journal of Insect Science*, 25 (5). DOI:10.1093/jisesa/ieaf074.
10. Huang, K., Liu, Y., Perrimon, N. (2022). Roles of Insect Oenocytes in Physiology and Their Relevance to Human Metabolic Diseases. *Frontiers in Insect Science*, 2. DOI:10.3389/finsec.2022.859847.
11. Koval's'kyi, Y., Zhmur, V. (2024). Peculiarities of the development of the fat body in the body of honey bees. *Scientific Bulletin of the S.Z. Gzhytsky National University of Biomedical Sciences*, 26 (100), pp. 179–183. DOI:10.32718/nvvet-a10028. (In Ukrainian).
12. Liolios, V., Tananaki, C., Kanelis D. (2022). The microbiological quality of fresh bee pollen during the harvesting process. *Journal of Apicultural Research*, 31 (3), pp. 387–409. DOI:10.1051/apido:2000130.
13. Molder, L., Pereda, J., Sonnenberg, A. (2021). Regulation of hemidesmosome dynamics and cell signaling by integrin $\alpha 6 \beta 4$. *Journal of Cell Science*, 134 (18). DOI:10.1242/jcs.259004/
14. Montserrat-Canals, M., Schnelle, K., Leipart, V. (2025). Cryo-EM structure of native honey bee vitellogenin. *Nat Commun*, 16, 5736 p. DOI:10.1038/s41467-025-58575-y.
15. Ponti, D. (2025). The Nucleolus: A Central Hub for Ribosome Biogenesis and Cellular Regulatory Signals. *International Journal of Molecular Sciences*, 26 (9), 4174 p.
16. Sanford, M., Dietz, A. (1976). The fine structure of the wax gland of the honey bee (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*, 7 (3), pp. 197–207. Available at: <https://hal.science/file/index/docid/890403/filename/hal-00890403.pdf>
17. Shcherbatyy, Z., Kos, V., Kropyvka Y. (2014). Genetics with biometrics. Laboratory and practical course. Lviv, 288 p. (In Ukrainian).
18. Sirotkin, A., Tarko, A., Alexa, R., Fakova, A., Alwasel, S., Harrath, A. (2020). Bee pollens originating from different species have unique effects on ovarian cell functions. *Pharm Biol.*, 58 (1), pp. 1101–1106. DOI:10.1080/13880209.2020.1839514.
19. Strachecka, A., Olszewski, K., Kuszewska, K. (2021). Segmentation of the subcuticular fat body in *Apis mellifera* females with different reproductive potentials. *Scientific reports*, 11. DOI:10.1038/s41598-021-93357-8.
20. Svečnjak, L., Chesson, L.A., Gallina, A., Maia, M., Martinello, M., Mutinelli, F., Muz, M.N., Nunes, F.M., Saucy, F., Tipple, B.J., Wallner, K., Waś, E., Waters, T.A. (2019). Standard methods for *Apis mellifera* beeswax research. *J. Apic. Res.*, 58, pp. 1–108. DOI:10.1080/00218839.2019.1571556.
21. Toprak, U., Hegedus, D., Doğan, C., Güney, G. (2020). A journey into the world of insect lipid metabolism. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 104 (2). DOI:10.1002/arch.21682.
22. Xu, R., Ma, B., Yang, Y., Li, J., Xu, X., Fang, Y. (2024). Proteome–metabolome profiling of wax gland complex reveals functional changes in honeybee, *Apis mellifera* L. *Science*, 27 (3). DOI:10.1016/j.isci.2024.109279.

The effect of protein content and amino acid composition of the diet on the development of the wax glands of honey bees *Apis mellifera* L.

Kovalsky Y., Zhmur V.

Honey bees produce honeycombs exclusively from wax synthesised by the wax glands of worker bees. The intensity of secretory activity in wax gland cells should be considered in close relation to the development of structural elements of the fat body, represented by trophocytes and enocytes. It is known that wax secretion processes depend to a large extent on the functional state of the fat body. The main factor ensuring lipogenesis in the fat body of bees is the consumption of pollen – the primary source of amino acids and lipids. Protein deficiency inhibits the functional activity of the wax glands, whereas a balanced amino acid diet increases the secretory activity and the bees' capacity for comb building.

This article presents the results of studies on the effect of protein intake and specific amino acids in the diet on the intensity of wax secretion in honey bees (*Apis mellifera* L.). The aim of the study was to assess the effect of protein and amino acid nutrition on the morphometric parameters of the fat body cells and wax glands of bees.

The study was conducted between 2023 and 2025 on three groups of bee colonies, each comprising five colonies, formed using the analogue method. The bees in the control group were not given any protein-rich feed. Bees in experimental group I were fed with candy feed made from a mixture of sugar syrup, honey, soya meal, dried egg melange and pollen. Bee colonies in experimental group II consumed a similar

feed, to which an amino acid complex was additionally added. This complex comprised the following synthetic amino acids: arginine – 50,0 mg, lysine – 45,0 mg, methionine – 15 mg, leucine – 75,0 mg and isoleucine – 45,0 mg per 1 kg of protein paste.

Morphological analysis of the fat body and wax glands was performed on 7-micrometre-thick transverse sections of the fourth abdominal segment, prepared following fixation in Buena's fixative and staining with methylene blue.

Compared with the control group, the length of the trophocytes in the bees of experimental group I increased by 17,2 %, and their width by 15,1 %. Feeding the amino acid complex to bees in experimental group II resulted in even more intense cell growth: the linear dimensions of trophocytes increased by 23,1 % in length and by 28,6 % in width ($p < 0,001$). The use of protein feeds had no significant effect on the morphometric parameters of enocytes. Compared with the control, the length of these cells in bees from the experimental groups increased by 7,8–8,9 %. Cells of the wax-secreting epithelium were characterised by an increase in length: by 15,9 % in experimental group I and by 21,7 % in group II ($p < 0,001$).

Thus, the use of protein-rich diets promotes moderate hypertrophy of enocytes and a marked increase in the size of trophocytes, while the addition of an amino acid complex further stimulates the development of the wax-secreting epithelium, which is consistent with an increase in wax-producing capacity.

Keywords: honey bees, fat body, wax gland, feeding level, protein intake, diet composition, nutrients, amino acids, wax production rate.



Copyright: Ковальський Ю.В., Жмур В.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Ковальський Ю.В.


Жмур В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-5751-5844>

<https://orcid.org/0009-0001-9413-9518>

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

UDC [597-115:597.443]:639.371

Genetic profiling of the Antoniny–Zozulenets intrabreed type of Ukrainian leather and scaly carp using ISSR markersMariutsa A.¹ , Borysenko N.¹ , Dyman T.² ¹ *Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*² *Bila Tserkva National Agrarian University* Mariutsa A. E-mail: mariutsa16@ukr.net

Мариуца А., Борисенко Н., Димань Т. Генетичне профілювання антонінсько-зозуленецьких внутрішньопородних типів української лускатої та рамчастої порід коропа з використанням ISSR-маркерів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 135–143.

Mariutsa A., Borysenko N., Dyman T. Genetic profiling of the Antoniny–Zozulenets intrabreed type of Ukrainian leather and scaly carp using ISSR markers. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 135–143.

Рукопис отримано: 01.03.2026 р.

Прийнято: 15.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-135-143

ISSN 2310-9289

Assessment of genetic diversity in aquaculture stocks is essential for maintaining breeding efficiency and preventing genetic erosion in selectively bred fish populations. This study applied inter-simple sequence repeat polymerase chain reaction (ISSR-PCR) markers to evaluate the genetic structure and diversity of the Antoniny–Zozulenets intrabreed type of Ukrainian scaly and leather carp reared at the “Stara Syniava” fish farm. Five trinucleotide ISSR primers ((CTC)_nC, (GAG)_nC, (AGC)_nG, (ACC)_nG, (AGC)_nC) were used for molecular genetic analysis. A total of 132 DNA fragments were amplified, of which 72.3 % were polymorphic, indicating a considerable level of genetic variability within the studied stocks. The informativeness of the ISSR markers was assessed using polymorphic information content (PIC), percentage of polymorphic bands (PPB), effective multiplex ratio (EMR), marker index (MI), and resolving power (Rp). The mean values of these parameters were PIC=0.123, PPB=72. %, EMR=19.1, MI=2.3, and Rp=9.6, demonstrating the effectiveness of the selected marker system for population genetic analysis. The sizes of amplified DNA fragments ranged from 150 to 1170 bp depending on the primer used. Genetic diversity indices showed moderate variation between the studied groups: Shannon’s index reached 0.265±0.017 in leather carp and 0.242±0.018 in scaly carp, while unbiased expected heterozygosity was 0.155±0.011 and 0.144±0.012, respectively. The average number of alleles per locus (Na) was 1.571±0.072 in leather carp and 1.334±0.082 in scaly carp, with effective allele numbers (Ne) of 1.216±0.019 and 1.201±0.019. These results demonstrate that ISSR markers provide a reliable tool for genotyping and monitoring genetic variability in Ukrainian carp populations and can support selective breeding and conservation programs.

Keywords: common carp (*Cyprinus carpio*), ISSR markers, genetic diversity, population genetics, allelic variation.

Problem statement and analysis of recent research. Genetic diversity plays a fundamental role in the stability, adaptability, and long-term productivity of fish populations. In aquaculture, the analysis of population genetic structure is essential for effective broodstock management, conservation of genetic resources, and the development of sustainable breeding programs. Molecular genetic approaches provide powerful tools for identifying hereditary variation and

detecting genetic differences among individuals, populations, and breeds. Such analyses enable the detailed characterization of broodstock genetic resources and support the identification and preservation of valuable traits for further selective breeding [12, 26].

In aquaculture systems, long-term artificial selection and intensive cultivation practices can lead to a reduction in genetic variability, loss of alleles, and increased genetic uniformity of cul-

tured stocks. These processes may negatively affect the adaptive potential, disease resistance, and productivity of fish populations. Therefore, continuous monitoring of genetic diversity is considered an essential component of modern aquaculture management [8, 18]. Understanding of genetic relationships among populations also helps prevent undesirable hybridization and gene introgression during broodstock formation and selective breeding programs [13, 21].

The application of molecular genetic markers has significantly improved the ability to study population structure and genetic variability in aquatic organisms. DNA-based markers allow the detection of polymorphism at the genome level and provide objective tools for assessing genetic diversity both within and between populations. In aquaculture research, molecular markers are widely used for population genetic analysis, parentage assignment, stock identification, and marker-assisted selection aimed at improving economically important traits [17, 29]. Recent studies emphasize that molecular markers such as microsatellites, single nucleotide polymorphisms (SNPs), and other DNA-based systems play an important role in the genetic improvement and conservation of cyprinid species, including common carp (*Cyprinus carpio*) [15, 24].

Among the available molecular approaches, inter-simple sequence repeat (ISSR) markers have proven to be an effective tool for detecting DNA polymorphism and assessing genetic diversity in fish populations. ISSR analysis allows the identification of polymorphic loci across the genome and can be used to study genetic relationships between populations, breeds, and lines, as well as to perform individual genotyping. Due to their reproducibility and relatively high level of polymorphism, ISSR markers have been widely applied in population genetics studies, genetic mapping, and the identification of loci associated with economically important traits in aquaculture species [5, 10, 11].

Common carp (*Cyprinus carpio*) is one of the most important freshwater aquaculture species worldwide and represents a major component of global fish production. The species has long been the subject of genetic and genomic studies aimed at improving productivity, disease resistance, and environmental adaptability. Modern molecular and genomic techniques have significantly expanded opportunities for carp genetic improvement and selective breeding programs [14].

In Ukraine, carp breeding has a long history and represents a key sector of freshwater aquaculture [9]. Ukrainian carp breeds possess valuable biological and productive traits, including

high growth rates, adaptability to different environmental conditions, and good reproductive performance. However, maintaining these qualities requires continuous selective breeding and genetic monitoring in order to prevent the loss of valuable hereditary characteristics and preserve the genetic integrity of existing breeds [7].

One of the important structural components of Ukrainian carp breeds is the Antoniny–Zozulenets intrabreed type. This carp type was developed through reproductive crossing of local non-pedigree carp from the Antoniny State Fish Reserve (currently PJSC “Khmelnyskyrybhos”) with Galician mirror carp. Two phenotypic forms are distinguished within this type: scaly and leather (often referred to in Ukraine as framed carp) [27]. These carp types represent an important genetic basis for the formation of other structural types of Ukrainian carp breeds.

Due to their genetic origin and long history of selective breeding, Antoniny–Zozulenets carp stocks demonstrate high productivity under intensive aquaculture conditions. Selection programs have primarily focused on economically important traits such as growth rate, survival, and reproductive performance. As a result of long-term selective breeding, Ukrainian carp breeds have developed a productive and genetically diverse breeding structure and have been distributed both within Ukraine and abroad [19, 28].

Despite their breeding and economic importance, molecular genetic information on Antoniny–Zozulenets carp types remains limited, particularly regarding the level of genetic diversity and differentiation between scaly and leather forms. Detailed knowledge of the genetic structure of these carp populations is necessary for effective broodstock management, conservation of genetic resources, and further improvement of breeding programs.

Therefore, **the aim of this study** was to assess the genetic diversity and determine the genetic profile of the Antoniny–Zozulenets intrabreed type of Ukrainian leather and scaly carps using ISSR molecular markers.

Material and methods of research. The study was conducted in 2021 using blood samples obtained from the Antoniny–Zozulenets intrabreed type of Ukrainian leather and scaly carp collected at the “Stara Syniava” fish farm located in the Khmelnytskyi region, Ukraine.

Blood samples were collected in vivo from the caudal vein using sterile syringes containing heparin (25 IU mL^{-1}) as an anticoagulant. The samples were centrifuged for 15 min at 3500 rpm, after which plasma and erythrocyte fractions were separated into sterile Eppendorf tubes for

further analysis. The samples were transported at 4 °C and stored at -20 °C in the laboratory until analysis. Both fin tissue and blood samples were used as biological material for molecular analysis.

Total genomic DNA was extracted using a commercial Quick-DNA MiniPrep kit with Zymo-Spin IIC columns (200 isolations) according to the manufacturer’s protocol (BioLabTech LTD, Ukraine). The concentration and purity of the extracted DNA were determined using a Bio-Photometer (Eppendorf, Germany). DNA quality was assessed based on the absorbance ratio at 260 and 280 nm (A260/A280). Only DNA samples with an A260/A280 ratio > 1.75 were used for further analysis.

To investigate the genetic structure of the studied carp groups, ISSR genotyping was performed using five primers targeting DNA fragments containing trinucleotide repeat motifs (Table 1). These ISSR markers have previously been successfully applied in Ukraine for assessing genetic diversity in several fish species.

Polymerase chain reaction (PCR) amplification was performed using a Thermo Scientific thermocycler (Arktik Thermal Cycler, Finland) with Thermo Scientific DreamTaq Green PCR Master Mix (2×). The PCR program included an initial denaturation step at 95 °C for 2 min, followed by 35 cycles consisting of DNA denaturation at 94 °C for 30 s, primer annealing at

55–60 °C (Table 1) for 30 s, and extension at 72 °C for 2 min. The amplification was completed with a final extension step at 72 °C for 10 min.

The amplified products were separated by electrophoresis on a 2% agarose gel. GeneRuler 50 bp DNA Ladder (Thermo Scientific) was used as a molecular weight marker to estimate the size of amplicons. The PCR products were visualized after staining the gel with ethidium bromide (0.5 µg mL⁻¹) under ultraviolet light using a transilluminator.

The sizes of amplified DNA fragments were determined using TotalLab software (version 2.01). Genetic diversity parameters were calculated using POPGENE software (version 1.32) [28] and GenAlEx (version 6.5) [20]. The polymorphic information content (PIC) was calculated using the GDdom online tool [1].

The informativeness of ISSR primers was evaluated based on the effective multiplex ratio (EMR), marker index (MI), and resolving power (Rp), calculated according to methodologies developed for dominant molecular markers [22, 23].

Research results and discussion. The genetic structure of the Antoniny–Zozulenets intrabreed type of Ukrainian leather and scaly carp was analyzed using five ISSR primers. In total, 132 amplicons were detected, of which 72 % were polymorphic, indicating a considerable level of genetic variability within the studied populations (Fig. 1).

Table 1 – The ISSR primers used in the study for the analysis of the genetic structure of carps

No	Legend	Primer	Primer sequence 5'→3'	Primer annealing temperature (°C)
1	A	(CTC) ₆ C	5'- CTCCTCCTCCTCCTCCTCC -3'	55
2	B	(GAG) ₆ C	5'- GAGGAGGAGGAGGAGGAGC-3'	58
3	C	(AGC) ₆ G	5'- AGCAGCAGCAGCAGCAGCG-3'	58
4	D	(ACC) ₆ G	5'-ACCACCACCACCACCACCG -3'	58
5	E	(AGC) ₆ C	5'-AGCAGCAGCAGCAGCAGCC -3'	60

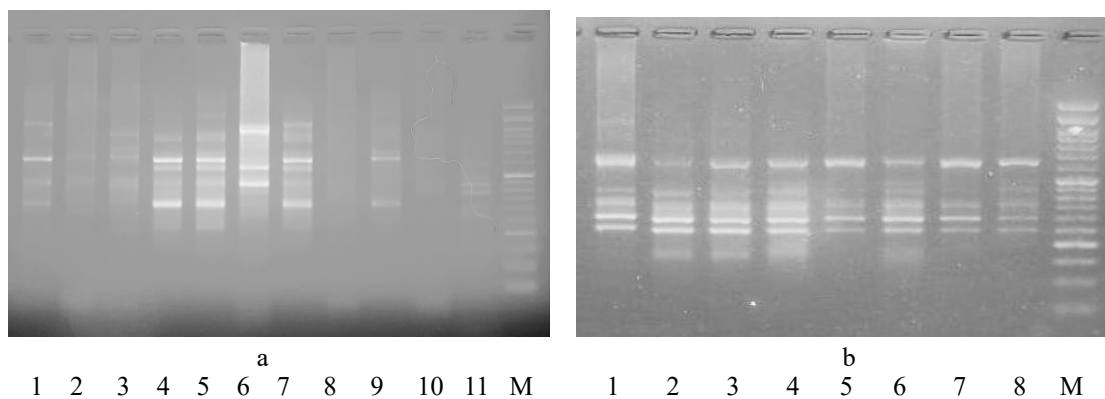


Fig. 1. Agarose gel of polymorphic DNA amplification profiles of different carp genotypes obtained with ISSR primers: a – leather carp, 1–8 – different individuals; b – scaly carp, 1–11 – different individuals; M – standard molecular size 50 bp.

The size of amplified DNA fragments ranged from 150 to 1170 bp across the five loci. A relatively narrow range of amplicons was observed for primer A (150–675 bp) in leather carp and primer E (160–650 bp) in scaly carp. In contrast, broader fragment spectra were detected for primer B (263–1000 bp) in scaly carp (SC) and primer D (260–1000 bp) in leather carp (LC).

The highest number of amplicons in the scaly carp group was obtained using primer A ((CTC)₆C), which produced 25 amplicons, whereas the lowest number (13) was detected with primer C ((AGC)₆G). In the LC group, the highest number of amplicons (23) was detected with primer C ((AGC)₆G), while the lowest number (16) was observed with primer A ((CTC)₆C).

Using primer A, 25 allelic fragments ranging from 1170 to 244 bp were detected in the SC population. Several fragments (1170, 800, 770, 730, and 600 bp) occurred with a frequency of 16 %, whereas fragments of 1160, 1000, 830, 675, 560, 500, and 250 bp were detected at 12 % frequency. In LC, 16 allelic variants ranging from 675 to 150 bp were identified using the same primer. Fragments of 450 bp and 250 bp showed the highest frequency in the population, while fragments of 645, 600, 350, 335, 244, and 150 bp occurred at a frequency of 12.5 % (Fig. 2).

Primer B produced 14 allelic fragments in the SC group, with sizes ranging from 1000 to 263 bp. Fragments of 300 bp, 285 bp, and 263 bp were detected in 50% of individuals, whereas the 360 bp fragment occurred in 28% of the population. Other fragments were detected at frequencies ranging from 7.1% to 21.4%. In the LC group, 19 allelic variants were detected within a similar size range. Fragments of 400 bp and

350 bp occurred most frequently (31.6 %), whereas fragments of 1000 bp and 450 bp were detected in 21% of individuals.

Primer C generated 13 alleles in the SC group, with fragment sizes ranging from 700 to 280 bp. The most frequent fragments were 700 bp and 440 bp (38 %), followed by 520 bp and 450 bp (31 %) and 365 bp (23 %). In the LC group, 22 alleles ranging from 700 to 240 bp were detected, with fragments of 300 bp (27 %) and 365 bp (23 %) occurring most frequently.

Primer D produced 14 alleles in the SC group, with fragment sizes ranging from 600 to 270 bp. The most frequent fragment was 350 bp (43 %), followed by 450 bp (36 %), 420 bp (29 %), and 460 bp and 370 bp (21 %). In the LC group, 18 alleles were detected within a wider size range (1000–260 bp). Fragments of 400 bp, 320 bp, and 270 bp occurred in 33 % of individuals, whereas fragments of 520 bp occurred in 28 %, and fragments of 420 bp, 339 bp, and 260 bp occurred in 22 %.

Primer E generated 14 alleles in the SC group, with fragment sizes ranging from 600 to 270 bp. In the LC group, 20 alleles were detected with fragment sizes ranging from 470 to 240 bp, with 320 bp fragments occurring most frequently (27 %), while 450 bp and 295 bp fragments occurred in 19 % of individuals.

Several fragments demonstrated potential specificity for particular carp groups. For example, fragments of 300 bp, 285 bp, and 263 bp generated by primer B were detected in 50 % of SC individuals, while fragments of 350 bp (43 %) and 450 bp (36 %) generated by primers D and E were also characteristic of this group. No clear group-specific fragments were identified in the LC group using the selected primers.

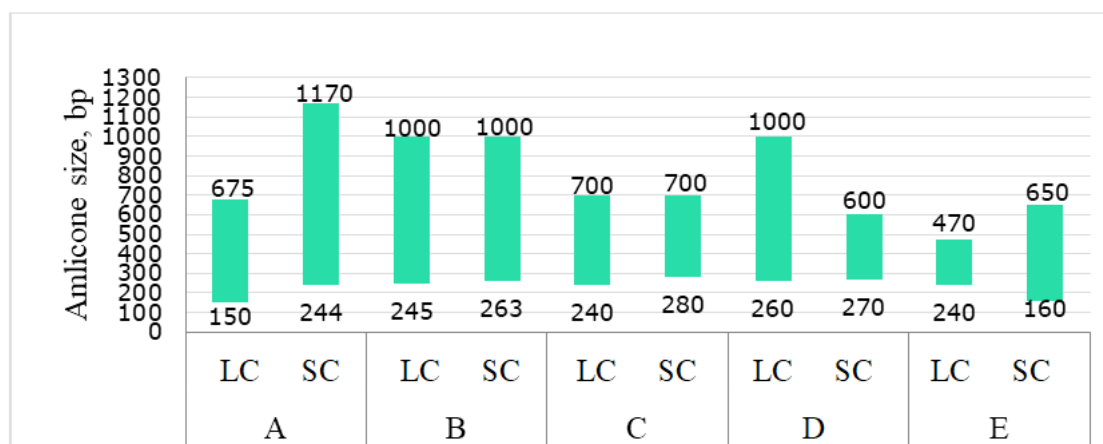


Fig. 2. The ranges of the obtained amplicons.

The informativeness of the selected ISSR markers was evaluated using several parameters. The polymorphic information content (PIC) ranged from 0.103 (primer A) to 0.158 (primer C), with a mean value of 0.123 (Fig. 3). The effective multiplex ratio (EMR) varied from 9 (primer C) to 25 (primer A), indicating the highest efficiency of the primer–marker system for primer A. The marker index (MI) showed the highest value for primer A (3.1 in SC; 1.7 in LC) and the lowest value for primer C

(1.4 in SC). The resolving power (Rp) was lowest for primer C (3.0 in SC) and primer A (3.4 in LC), whereas higher values were observed for primers A and D (6.526 and 6.329, respectively) (Tables 2 and 3).

The genetic diversity of the studied carp populations was assessed using several parameters. The average number of alleles per locus (Na) was 1.571 ± 0.072 in LC and 1.334 ± 0.082 in SC. The effective number of alleles (Ne) was 1.216 ± 0.019 and 1.201 ± 0.019 , respectively.

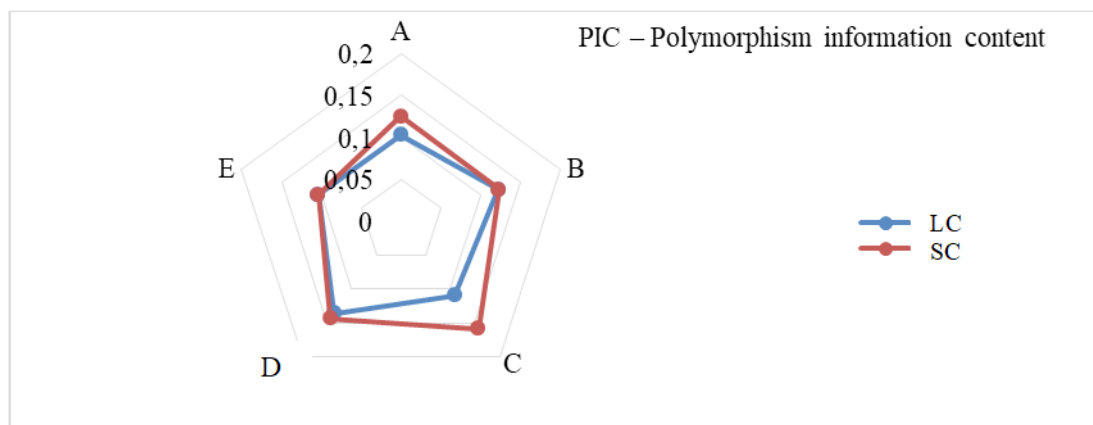


Fig. 3. Informativeness indicators of the genetic structure of carps.

Table 2 – The genetic diversity values of the studied leather carps based on ISSR markers

Primer	Na	Ne	I	uHe
A	1.231	1.149	0.200	0.120
B	1.760	1.259	0.301	0.188
C	1.917	1.247	0.314	0.191
D	1.467	1.244	0.279	0.178
E	1.481	1.184	0.232	0.141
mean	1.571 ± 0.072	1.216 ± 0.019	0.265 ± 0.017	0.16352 ± 0.012

Table 3 – Genetic diversity values of the studied scaly carps based on ISSR markers

Primer	Na	Ne	I	uHe
A	1.923	1.287	0.355	0.222
B	1.360	1.201	0.243	0.152
C	0.750	1.147	0.159	0.104
D	0.933	1.164	0.182	0.117
E	1.704	1.208	0.274	0.165
mean	1.334 ± 0.082	1.201 ± 0.019	0.242 ± 0.018	0.152 ± 0.012

The Shannon diversity index (I) was 0.265 ± 0.017 for LC and 0.242 ± 0.018 for SC. The unbiased expected heterozygosity (H_e) was 0.155 ± 0.011 and 0.144 ± 0.012 , respectively.

Overall, the results demonstrate that the selected ISSR markers are informative for detecting polymorphism and assessing genetic diversity in the Antoniny–Zozulenets intrabreed type of Ukrainian leather and scaly carp.

The analysis of genetic structure using ISSR markers revealed a relatively high level of DNA polymorphism. A total of 132 amplicons were obtained, of which 72 % were polymorphic. The high proportion of polymorphic loci indicates considerable genetic variability within the studied carp populations. Similar results have been reported in previous studies of common carp (*Cyprinus carpio*), where ISSR markers showed a high level of polymorphism and proved effective for evaluating genetic diversity in aquaculture stocks [5, 11].

Polymorphic information content (PIC) is widely used to evaluate the informativeness of molecular markers in population genetic studies. In the present study, PIC values ranged from 0.103 to 0.158, with a mean value of 0.123. According to Botstein et al. [4], markers with PIC values below 0.25 are considered moderately informative for dominant marker systems such as ISSR. Therefore, the obtained values indicate a moderate level of marker informativeness, which is typical for ISSR markers used in fish population studies. Comparable PIC values have been reported in carp populations, ranging between 0.10 and 0.20 depending on primers and genetic background [3, 11]. These results confirm that the selected ISSR primers are suitable for detecting polymorphism in Ukrainian carp populations.

The effective multiplex ratio (EMR), marker index (MI), and resolving power (R_p) are additional indicators used to evaluate the efficiency of molecular marker systems. In the present study, EMR values ranged from 9 to 25, while the highest marker index values were recorded for primer A. These results indicate that primers A and D were the most efficient for detecting polymorphic loci in the studied carp populations. Similar findings have been reported in ISSR-based studies of cyprinid species, where certain primers showed higher resolving power due to their ability to amplify multiple polymorphic loci simultaneously [3, 23].

Genetic diversity was further evaluated using N_a , N_e , Shannon's index (I), and expected heterozygosity (H_e). The mean number of alleles per locus was slightly higher in LC ($N_a=1.571$)

than in SC ($N_a=1.334$), suggesting that the LC population may retain slightly higher genetic variability. Similar patterns have been reported in other carp studies and are often associated with differences in breeding history, selection intensity, and broodstock management [2, 16].

The effective number of alleles (N_e) showed similar values in both groups (1.216 in LC and 1.201 in SC), indicating a relatively balanced distribution of allele frequencies within populations. Comparable values have been reported in carp populations analyzed with dominant markers, reflecting moderate genetic differentiation in cultured stocks [3].

The Shannon diversity index also indicated moderate genetic diversity in both groups. Slightly higher values were observed in LC ($I=0.265$) than in SC ($I=0.242$). Shannon's index reflects both allelic richness and evenness and is widely used as an additional measure of genetic variability. The obtained values are consistent with those reported for carp populations in Eastern Europe and Asia, where I typically ranges from 0.20 to 0.40 depending on marker systems and population structure [11, 17].

Expected heterozygosity (H_e) is one of the key indicators of genetic diversity. In this study, unbiased H_e values were 0.155 in LC and 0.144 in SC, indicating a moderate level of genetic diversity in both populations. Similar heterozygosity levels have been reported in cultured carp populations, where H_e generally ranges from 0.10 to 0.20 when dominant markers are applied [2, 16]. The slightly higher heterozygosity in LC may reflect differences in breeding history or a broader genetic base.

The identification of several fragments occurring at relatively high frequencies in SC individuals suggests potential group-specific genetic features within the Antoniny–Zozulenets intrabreed type. Such fragments may serve as useful molecular markers for population identification and monitoring of genetic structure in breeding stocks. However, the absence of clearly specific markers for LC indicates that additional molecular markers may be required for more precise differentiation between these carp forms.

Overall, the results of the present study demonstrate that ISSR markers are effective tools for analyzing genetic polymorphism and assessing genetic diversity in Ukrainian carp populations. The obtained genetic diversity parameters indicate that both scaly and leather carp of the Antoniny–Zozulenets intrabreed type maintain a relatively stable genetic structure with moderate levels of polymorphism. These findings are important for broodstock management and for the

development of breeding programs aimed at preserving the genetic diversity of Ukrainian carp breeds.

The use of molecular genetic markers for monitoring the genetic composition of aquaculture stocks is increasingly recognized as an important component of sustainable fish breeding. Therefore, the application of ISSR markers in studies of Ukrainian carp populations provides valuable information for the conservation of genetic resources and the improvement of selective breeding strategies in aquaculture.

Conclusions. The present study assessed the genetic diversity and molecular characteristics of the Antoniny–Zozulenets intrabreed type of Ukrainian leather and scaly carp using ISSR markers. The analysis revealed a relatively high level of DNA polymorphism, with 132 amplified fragments identified, of which 72 % were polymorphic. These results indicate considerable genetic variability within the studied carp populations.

The selected ISSR primers demonstrated moderate to high informativeness for analyzing the genetic structure of the investigated groups. The polymorphic information content (PIC) averaged 0.123, while the effective multiplex ratio (EMR), marker index (MI), and resolving power (R_p) confirmed the efficiency of the marker system, particularly for primers A and D. These primers were the most efficient for detecting polymorphic loci and differentiating individuals within the studied populations.

Genetic diversity parameters also indicated a moderate level of variability. The average number of alleles per locus (N_a) and the effective number of alleles (N_e) were slightly higher in leather carp (LC) than in scaly carp (SC), while Shannon's diversity index and expected heterozygosity values were similar in both groups. These findings suggest that the studied populations maintain a relatively stable genetic structure despite long-term selective breeding.

Overall, the results confirm that ISSR markers are suitable tools for assessing genetic diversity and monitoring the genetic structure of Ukrainian carp breeds. The obtained data provide a useful basis for broodstock management, conservation of genetic resources, and further improvement of selective breeding programs in carp aquaculture.

REFERENCES

1. Abuzayed, M., El-Dabba, N., Doganlar, S. (2016). GDdom: an online tool for 160 calculation of dominant marker gene diversity. *Biochemical Genetics*, Vol. 55, no. 2, pp. 55–157. DOI:10.1007/s10528-016-9779-0.
2. Bielikova, O.Y., Mariutsa, A.E., Tretiak, O.M. (2022). Analysis of the specificity of the genetic structure of paddlefish (*Polyodon spathyla*) (Walbaum, 1792) using ISSR markers. *Animal Breeding and Genetics*, Issue 63, pp. 153–160. DOI:10.31073/abg.63.14 (In Ukrainian).
3. Bielikova, O.Y., Mariutsa, A.E., Mruk, A.I., Tarasjuk, S.I., Romanenko, V.M. (2021). Genetic structure of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Salmoniformes, Salmonidae) from aquaculture by DNA-markers. *Biosystems Diversity*, Vol. 29, no. 1, pp. 28–32. DOI:10.15421/012104.
4. Botstein D., White R.L., Skolnick M., Davis R.W. (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American journal of human genetics*, 32 (3), 314–331. Available at: <http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6247908/>
5. Chistiakov, D.A., Hellemans, B., Volckaert, F. (2006). Microsatellites and their genomic distribution, evolution, function and applications: A review with special reference to fish genetics. *Aquaculture*, Vol. 255, no. 1–4, pp. 1–29. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.11.031
6. Dubin, O.V. (2012). Amplification of intermicrosatellite sequences as a method of estimating polymorphism of the Azov sturgeon population. *Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University*, Vol. 2, no. 1, pp. 129–133. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2012 (In Ukrainian).
7. Hallerman, E. (2015). The Role of Genetics in Managing Declining Fisheries Resources. *J. Fish. Environ.* Vol. 39, pp. 40–74. Available at: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JFE/article/view/80537>
8. Houston, R.D., Bean, T.P., Macqueen, D.J., Gundappa, M.K., Jin, Y.H., Jenkins, T.L., Selly, S.L.C., Martin, S.A.M., Stevens, J.R., Santos, E.M., Davie, A., Robledo, D. (2020). Harnessing genomics to fast-track genetic improvement in aquaculture. *Nature Reviews Genetics*, Vol. 21, no. 7, pp. 389–409. DOI:10.1038/s41576-020-0227-y
9. Hrynzhevskiy, M.V., Pekarskiy, A.V. (2004). Optimization of aquaculture production. K.: Polihraf Konsal'tynh, 328 p. (In Ukrainian).
10. Hrytsyniak, I.I. (2021). Application of Molecular Genetic Markers in Fish Farming. Formation of a New Paradigm for the Development of the Agro-Industrial Sector in the XXI Century: Collective Monograph: in 2 parts. Part 2 / Ed. by Averchev O.V. Lviv – Toruń: Liga-Pres, pp. 509–537. DOI:10.36059/978-966-397-240
11. Hrytsyniak, I.I., Tarasiuk, S.I. (2010). Current tasks of genetic research in the fishery industry. Optimal use, conservation and reproduction of aquatic living resources – urgent tasks of fish producers and scientific institutions of the fishery industry: Proc. Sci-pract. Workshop 12.06 2009 «Fish Expo-2009». K.: KTUU «KPI», pp. 96–108. (In Ukrainian).
12. Hrytsyniak, I.I., Kurinenko, G.A., Gurbik, V.V. (2022). Native Types of Carp in Aquaculture of Ukraine (a Review). *Hydrobiological Journal*, Vol. 58, pp. 34–44. DOI:10.1615/HydrobJ.v58.i1.40

13. Hulak, M., Kaspar, V., Kohlmann, K., Cooward, K., Tešitel, J., Rodina, M., Gela, D., Kocour, M., Linhart, O. (2010). Microsatellite-based genetic diversity and differentiation of foreign common carp (*Cyprinus carpio*) strains farmed in the Czech Republic. *Aquaculture*, Vol. 298, pp. 194–201. DOI:10.1016/j.aquaculture.2009.10.021
14. Jin, L.F., Liu, Y.H. (2024). Molecular breeding techniques for disease resistance in common carp: current advances and future prospects. *International Journal of Aquaculture*, Vol. 14, no. 2, pp. 51–61. DOI:10.5376/ija.2024.14.0007.
15. Kang, D., Li, D., Yin Q. (2007). Microsatellite DNA marker analysis of genetic diversity in wild common carp (*Cyprinus carpio* L.) populations. *Journal of Genetics and Genomics*, Vol. 34, no. 11, pp. 984–993. DOI:10.1016/S1673-8527(07)60111-8
16. Kras, S., Zaloilo, O., Mariutsa, A., Tarasyuk, S. (2011). Use of ISSR-PCR of method for genotyping population of Amur Carp (*Cyprinus carpio haematopterus*). *Fisheries science of Ukraine*, Vol. 4, no. 18, pp. 106–110. Available at: <http://fsu.ua/index.php/en/2011/4-2011-18/2011-04-106-109> (In Ukrainian).
17. Liu, Z.J., Cordes, J.F. (2004). DNA marker technologies and their applications in aquaculture genetics. *Aquaculture*, Vol. 238, no. 1–4, pp. 1–37. DOI:10.1016/j.aquaculture.2004.05.027.
18. McClelland, E.K., Naish, K.A. (2007). What is the fitness outcome of crossing unrelated fish populations? A meta-analysis and an evaluation of future research directions. *Conservation Genetics*, Vol. 8, pp. 397–416. DOI:10.1007/s10592-006-9178-x
19. Nahornyuk, T.A., Zaloyilo, O.V., Tarasyuk, S.I. (2013). Analysis of the genetic structure of carp of Antonin-Zozulen type. *Bulletin of Agricultural Science*, Vol. 9, pp. 36–40. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2013_9_10 (In Ukrainian).
20. Peakall, R., Smouse. (2012). GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics*, Vol. 28 (19), pp. 2537–2539. DOI:10.1093/bioinformatics/bts460
21. Perez-Ruzafa, A., Gonzalez-Wanguemert, M., Lenfant, P. (2006). Effects of fishing protection on the genetic structure of fish populations. *Biological conservation*, Vol. 129, pp. 244–255. DOI:10.1016/j.biocon.2005.10.040
22. Powell, W., Morgante, M., Andre, C., Hanafey, M., Vogel, J., Tingey, S., Rafalski, A. (1996). The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Molecular Breeding*, Vol. 2 (3), pp. 225–238. DOI:10.1007/BF00564200.
23. Prevost, A., Wilkinson, M.J. (1999). *A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting of potato cultivars*. *Theoretical and Applied Genetics*, Vol. 98, no. 1, pp. 107–112. DOI:10.1007/s001220051046.
24. Rasal, K.D., Kumar, P.V., Risha, S. (2024). Genetic improvement and genomic resources of important cyprinid species: status and future perspectives for sustainable production. *Frontiers in Genetics*, Vol. 15. DOI:10.3389/fgene.2024.1398084
25. Roark, S.A., Nacci, D., Coiro, L. (2005). Population genetic structure of a nonmigratory estuarine fish (*Fundulus heteroclitus*) across a strong gradient of polychlorinated biphenyl contamination. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 24, no. 3, pp. 717–725. DOI:10.1897/03-687.1
26. Teletchea, F., Fontaine, P. (2014). Levels of domestication in fish: implications for the sustainable future of TotalLab v.2.01 (<http://www.totalab.com>) aquaculture. *Fish and Fisheries*, Vol. 15, pp. 181–195. DOI:10.1111/faf.12006
27. Tomilenko, V., Bekh, V., Oleksiyenko, O., Pavlischenko, V. (2012). Structuring of the Ukrainian Carp Breeds. *Fisheries science of Ukraine*, Vol. 2, pp. 83–87 (In Ukrainian).
28. Yeh, F.C., Boyle, T.J.B. (1997). Population genetic analysis of co-dominant and dominant markers and quantitative traits. *Belgian Journal of Botany*, Vol. 129, pp. 157–163.
29. Wenne, R. (2023). Microsatellites as Molecular Markers with Applications in Exploitation and Conservation of Aquatic Animal Populations. *Genes*, Vol. 14, no. 4, 808 p. DOI:10.3390/genes14040808

Генетичне профілювання антонінсько-зозуленецьких внутрішньопородних типів української лускатої та рамчастої порід коропа з використанням ISSR-маркерів

Маріуца А., Борисенко Н., Димань Т.

Оцінювання генетичного різноманіття в аквакультурних популяціях є важливим для підтримання ефективності відтворення та запобігання генетичній ерозії селекційних груп риби. У дослідженні застосовано ISSR-PCR маркери для оцінювання генетичної структури та різноманіття антонінсько-зозуленецьких внутрішньопородних типів української лускатої та рамчастої порід коропа, вирощених у господарстві «Стара Синява».

Для молекулярно-генетичного аналізу використано п'ять тринуклеотидних ISSR-праймерів: (CTC)₆C, (GAG)₆C, (AGC)₆G, (ACC)₆G, (AGC)₆C. Усього ампліфіковано 132 фрагменти ДНК, з яких 72,3 % були поліморфними, що свідчить про високий рівень генетичної мінливості в межах досліджуваних популяцій.

Інформативність ISSR-маркерів оцінювали за показниками вмісту поліморфної інформації (PIC), відсотка поліморфних смуг (PPB), ефективного мультиплексного коефіцієнта (EMR), індексу маркерів (MI) та роздільної здатності (Rp). Середні значення становили: PIC=0,123, PPB=72,3 %, EMR=19,1, MI=2,3 та Rp=9,6, що підтверджує високу ефективність обраної маркерної системи для популяційно-генетичних досліджень.

Довжина ампліфікованих фрагментів ДНК варіювалася в межах 150–1170 п.н. залежно від використаного праймера. Індеси генетичного різноманіття засвідчили помірну варіабельність

між досліджуваними групами: індекс Шеннона становив $0,265 \pm 0,017$ у рамчастого коропа та $0,242 \pm 0,018$ у лускатого коропа, тоді як очікувана гетерозиготність – $0,155 \pm 0,011$ та $0,144 \pm 0,012$ відповідно. Середня кількість алелів на локус (Na) дорівнювала $1,571 \pm 0,072$ у рамчастого коропа та $1,334 \pm 0,082$ у лускатого, а ефективне число алелів (Ne) – $1,216 \pm 0,019$ та $1,201 \pm 0,019$ відповідно.

Отримані результати свідчать, що ISSR-маркери є надійним та інформативним інструментом для генотипування і моніторингу генетичної мінливості популяцій коропа в Україні та можуть бути ефективно використані у селекційних програмах і заходах зі збереження генетичного різноманіття.

Ключові слова: короп звичайний (*Cyprinus carpio*), ISSR-маркери, генетичне різноманіття, популяційна генетика, алелі.



Copyright: Mariutsa A., Borysenko N., Dyman T. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Mariutsa A.

Borysenko N.

Dyman T.

<https://orcid.org/0000-0001-5678-2660>

<https://orcid.org/0000-0001-5031-5682>

<https://orcid.org/0000-0002-6428-1476>

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

УДК 63+502/636.2/637.1

**Акумуляція важких металів кадмію та плумбуму
у внутрішніх органах і тканинах продуктивних тварин
в умовах техногенного навантаження на агроєкосистеми**Портянник С. В.¹ , Маменко О. М.² ,Церенюк О. М.¹ , Онищенко А. О.¹ ¹ Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН України² Інститут тваринництва НААН УкраїниE-mail: Портянник С. В. portynnyk@i.ua; Маменко О. М. z-t_e-y2015@meta.ua;
Церенюк О. М. tserenyuk@gmail.com; Онищенко А. О. geroi76@ukr.net

Портянник С. В., Маменко О. М., Церенюк О. М., Онищенко А. О. Акумуляція важких металів кадмію та плумбуму у внутрішніх органах і тканинах продуктивних тварин в умовах техногенного навантаження на агроєкосистеми. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2026. № 1. С. 144–155.

Portiannyk S., Mamenko O., Tserenyuk O., Onyshchenko A. Accumulation of heavy metals cadmium and lead in the internal organs and tissues of productive animals under conditions of technogenic load on agroecosystems. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2026. № 1. PP. 144–155.

Рукопис отримано: 20.01.2026 р.

Прийнято: 02.02.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2026-202-1-144-155

ISSN 2310-9289

Екологічна безпека агроєкосистем у сучасних умовах визначається як рівнем техногенним забрудненням, так і негативними наслідками воєнних дій для довкілля. В атмосферне повітря потрапляють небезпечні екотоксиканти, зокрема важкі метали – кадмій (Cd) і плумбум (Pb), які мігрують трофічними ланцюгами та потрапляють в організм дійних корів разом із кормами. Накопичуючись у різних органах і тканинах, вони порушують ендоекологічний стан організму.

Гострий експеримент проведено на дійних коровах української чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід живою масою 500–545 кг. Агробіогеоценози, в яких утримувалися тварини, розташовувалися поблизу екологічно небезпечних техногенних об'єктів. Наприкінці досліду з кожної групи було забито по три тварини, відібрано середні зразки внутрішніх органів і тканин. Хімічний аналіз вмісту важких металів здійснювали методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

Метою дослідження був аналіз вмісту Cd і Pb у внутрішніх органах дійних корів за умов застосування преміксів і біопрепарату в технології виробництва екологічно безпечного молока.

Установлено, що найбільше накопичення кадмію відбувалося в нирках, м'язах, печінці, легенях, селезінці, серці та кістках. Для плумбуму характерною була інша послідовність накопичення: легені, нирки, м'язи, печінка, кістки, селезінка та серце. Найвищий акумуляційний ефект Cd спостерігався в нирках, м'язах і печінці, на які припадає 57 % загального перевищення гранично допустимих концентрацій. Основний токсичний вплив Cd спрямований на нирки та печінку, частка яких становить приблизно 38 %.

Щодо плумбуму, 69 % перевищення гранично допустимого рівня припадає на нирки, печінку, м'язи та легені, тоді як 31 % – на селезінку, кістки та серце. Pb переважно накопичується в нирках, печінці, головному мозку та кістках. Отже, найвищі концентрації Cd і Pb виявлено в нирках, печінці та легенях. Ці метали є небезпечними контамінантами, а їхній акумуляційний ефект негативно впливає на ендоекологічний стан організму дійних корів за різних типів годівлі.

Водночас установлено, що балансування раціонів спеціальними преміксами у поєднанні з ін'єкційним застосуванням біопрепарату сприяє зниженню накопичення важких металів у органах-мішенях – печінці та нирках, а також у м'язовій тканині. Це підтверджує доцільність використання антидотних речовин у технології виробництва екологічно безпечного коров'ячого молока на тваринницьких фермах.

Ключові слова: печінка, нирки, раціон, премікс, полютанти.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сучасна напружена екологічна ситуація обумовлена техногенним забрудненням, міліарним негативним впливом на довкілля, неконтрольованими викидами промислових підприємств і автотранспорту, а також техногенними катастрофами, спричиненими воєнними діями. Унаслідок цього в атмосферне повітря надходять особливо небезпечні токсичні речовини, зокрема сполуки Pb, Cd, Hg та інших поллютантів.

Важкі метали, що входять до складу пестицидів (у тому числі гербіцидів і фунгіцидів), мінеральних добрив, лікарських препаратів і стимуляторів росту рослин, здатні акумулюватися в компонентах біосфери, зокрема у кормах, які є складовою раціонів продуктивних тварин. Вони також потрапляють в атмосферу з продуктами згоряння та чинять негативний вплив на стан здоров'я тварин, якість і екологічну безпеку продукції тваринництва, зокрема молока. Ці метали є небезпечними контамінантами, що характеризуються вираженою здатністю до біоаккумуляції та біомагніфікації у трофічних ланцюгах. У зв'язку з цим пріоритетним напрямом досліджень в умовах підвищеного техногенного навантаження на довкілля та сільськогосподарських тварин був і залишається моніторинг важких металів у системі «грунт – рослина (корм) – тварина – продукція (молоко, м'ясо тощо) – людина» [1].

Вчені [2], досліджуючи екологічну ситуацію в Україні, зазначають, що рівень забруднення навколишнього природного середовища важкими металами протягом останніх десятиліть істотно зріс. Особливого загострення ця проблема набула внаслідок воєнних дій. За прогнозами науковців, у післявоєнний період стан довкілля та агроєкосистеми ускладниться. За даними низки досліджень, значна кількість токсичних речовин, зокрема поллютантів важких металів, надходить в організми тварин із кормами, питною водою та аерогенним шляхом. Виведення цих речовин відбувається через травний канал, нирки, шкіру та молочну залозу.

Науковці [17] зазначають, що важкі метали здатні до біоаккумуляції в живих організмах, що сприяє їхньому включенню до харчового ланцюга та створює потенційну загрозу для здоров'я людини. Основними депо накопичення є печінка та нирки, а також м'язова і жирова тканини.

Токсичні метали, наприклад, як плумбум, миш'як, ртуть і кадмій можуть ініціювати спричинити порушення репродуктивної функції, зокрема передчасні отелення та дис-

функцію ооцитів [17]. Дослідники [10] також зазначають, що інкорпорація кадмію (Cd) та плумбуу (Pb) в організмі тварин призводить до кумулятивної токсичності, негативно впливає на функціональний стан органів і систем.

Хронічна інтоксикація важкими металами зумовлює розвиток до нефро- та гепатотоксичності, зниження резистентності організму тварин, індукцію оксидативного стресу в клітинах печінки й нирок, ушкодження ДНК та активацію канцерогенних процесів. Плумбум і кадмій характеризуються високою нефротоксичністю, що може спричинити захворювання великої рогатої худоби. Вони також акумулюються в печінці та м'язовій тканині, хоча й менш інтенсивно.

Жуйні тварини часто зазнають впливу токсичних речовин із навколишнього середовища. Менш значущим є надходження поллютантів аерогенним шляхом, однак усіх шляхів експозиції має важливе значення, зокрема для профілактики [16].

Таким чином, актуальним науковим і практичним завданням є поглиблене вивчення техногенного забруднення довкілля, що включає комплексні дослідження вмісту важких металів у ґрунті, кормах, біологічних рідинах, а також їхньої поведінки та механізмів впливу на органи і тканини тварин. Важливим напрямом є також розроблення ефективних і біологічно безпечних методів корекції їхнього впливу на обмін речовин у продуктивних тварин, зокрема створення антидотних засобів на основі екстрактів лікарських рослин.

Метою дослідження є визначення вмісту важких металів – кадмію (Cd) та плумбуму (Pb) – у внутрішніх органах дійних корів за умов гострого експерименту, проведеного в системі виробництва екологічно безпечного молока, при застосуванні антиоксидантних мінерально-вітамінних преміксів і біопрепарату рослинного походження за різних типів годівлі тварин.

Матеріал і методи дослідження. Гострий дослід проведено в господарствах Лісостепової зони України на дійних коровах української чорно- та червоно-рябої молочних порід. Для дослідження було відібрано тварин за принципом аналогів із різними типами годівлі: 36 голів – із силосно-коренеплодним, 195 – силосно-сінним, 63 – силосно-сінажним і 126 голів – силосно-сінажно-концентратним типом годівлі.

До складу раціонів входили такі корми:

- силосно-коренеплідний тип – сіно злаково-бобове, солома пшенична, силос кукурудзяний, сінаж люцерновий, буряк кормовий, дерт кукурудзяна;

- силосно-сінний – сіно люцернове, солома пшенична, силос кукурудзяний, сінаж люцерновий, буряк кормовий, дерть ячмінна;
- силосно-сінажний – сіно люцернове, сіно злаково-бобове, силос кукурудзяний, сінаж люцерновий, дерть горохова;
- силосно-сінажно-концентратний – сіно люцернове, сіно злаково-бобове, силос кукурудзяний, сінаж люцерновий, дерть кукурудзяна та горохова.

Лактуючим коровам першої (контрольної) групи згодовували основний раціон. У другій (дослідній) групі раціон додатково балансували спеціально розробленим мінерально-вітамінним преміксом «МП-А» з метою зменшення токсичного навантаження на організм. У третій (дослідній) групі, окрім застосування преміксу, проводили ін'єкційне введення рослинного біопрепарату «БП-9», виготовленого на основі екстракту дев'яти лікарських рослин, для посилення антитоксичної дії на клітинному рівні.

Жива маса тварин становила 500-545 кг. Тривалість зрівняльного періоду становила 42 дні, основного – 120 днів. Агроекосистеми, в яких утримувалися тварини та вирощувалися корми, розташовані поблизу потенційно екологічно небезпечних техногенних об'єктів, зокрема автомагістралі з інтенсивним рухом транспорту (Київ–Харків–Довжанський), а також нафтопроводів, газопроводів, газокомпресорних і автозаправних станцій.

Наприкінці досліді з кожної групи забито по три тварини, у яких відібрано середні проби внутрішніх органів і тканин. Зразки м'яса та субпродуктів (нирки, печінка, легені, серце, селезінка, кісткова тканина) відбирали за методикою (Чигринов та ін., 1998): із середньої частини органів відбирали по три точкові проби масою по 100 г, які після ретельного перемішування формували в об'єднану пробу масою 250–300 г. Визначення вмісту важких металів у зразках проводили методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії з використанням спектрофотометра AAS-30.

Для кожної вибірки визначали середнє значення показника (M) та стандартне відхилення (SD); результати подано у вигляді $M \pm SD$. Статистичну вірогідність відмінностей між середніми значеннями оцінювали за критерієм $p < 0.05$. Обробку експериментальних даних здійснювали з використанням пакета прикладних програм STATISTICA (версія 10.0).

Для обґрунтування актуальності дослідження та обговорення отриманих результатів використано наукові оглядові й експериментальні публікації з міжнародних науко-

метричних баз даних Scopus і Web of Science Core Collection, що перебувають у вільному доступі.

Екологічний моніторинг у Лісостеповій зоні України проводиться систематично відповідно до етапів виконання науково-дослідної роботи (НДДКР), державний реєстраційний номер 0121U113933 від 18.11.2021 року.

Усі маніпуляції з тваринами проводили відповідно до положень Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986 рік).

Результати дослідження та обговорення. Забій продуктивних корів на початку досліді є економічно недоцільним навіть за потреби проведення наукових досліджень. У зв'язку з цим ухвалено рішення здійснювати забій тварин наприкінці експерименту з подальшим проведенням порівняльного аналізу досліджуваних показників.

Після завершення 120-добового дослідного періоду з кожної піддослідної групи було відібрано та забито максимально можливої кількості тварин для достовірної оцінки змін, що відбуваються у внутрішніх органах і тканинах за умов застосування мінерально-вітамінного преміксу «МП-А» та ін'єкцій фітобіопрепарату «БП-9». Такий підхід дав змогу оцінити особливості токсичної дії важких металів, їхні ендоекологічні ефекти, а також ефективність застосованих ентеросорбентів щодо зниження їхнього негативного впливу на організм тварин.

Після забою піддослідних тварин усі внутрішні органи підлягали ретельному ветеринарно-санітарному огляду лікарем м'ясопереробного підприємства з наданням відповідної експертної оцінки. У процесі дослідження не виявлено патологічних змін або відхилень за морфологічними ознаками, зокрема формою, кольором і консистенцією органів. Печінка характеризувалася типовим забарвленням, пружною консистенцією та відсутністю сторонніх запахів. Нирки мали характерну часточкову будову, типовий колір і чітко виражену межу між кірковою та мозковою речовинами. Селезінка відзначалася специфічним кольором, помірною щільністю та зернистістю на розрізі. Легені були без ознак уражень і запальних процесів. Отримані результати свідчать про відсутність видимих морфологічних змін, що дало змогу, без урахування результатів хімічного аналізу на вміст токсикантів, використовувати внутрішні органи для подальшої переробки як субпродукти.

Вміст важких металів у печінці, нирках, м'язовій тканині, кістках, селезінці, серці та легенях тварин є одним із ключових показників, що свідчить про надходження політантів до організму. Цей показник також відображає потенційну небезпеку використання кормів, контамінованих ксенобіотиками, отриманих із рослин, вирощених на забруднених ґрунтах.

За результатами лабораторних досліджень встановлено, що застосування мінерально-вітамінного преміксу та введення біопрепарату лактуючим коровам протягом усього періоду експерименту зумовило перерозподіл вмісту кадмію (Cd) та свинцю (Pb) у різних органах і тканинах організму тварин.

Результати гострого експерименту та лабораторного аналізу м'язової тканини і внутрішніх органів на вміст кадмію (Cd) і свинцю (Pb) свідчать про те, що вплив політантів поширюється не лише на молоко, а й на тканини організму, передусім на внутрішні органи, які безпосередньо беруть участь у процесах детоксикації та виведення ксенобіотиків.

Надходження Cd і Pb до організму корів із кормами через шлунково-кишковий тракт та їхній подальший транспортування із кров'ю сприяли накопиченню в м'язовій тканині та внутрішніх органах. Унаслідок цього в тварин контрольних за всіх типів встановлено перевищення гранично допустимих концентрацій. Зокрема перевищення ГДК кадмію становило:

- у м'язовій тканині – у 2,8; 2,5; 2,3 та 1,9 разів відповідно до силосно-коренеплодного,

силосно-сінного, силосно-сінажного та силосно-сінажно-концентратного типів годівлі;

- у нирках – 3,2; 3,0; 2,6 та 2,3 рази;
- у печінці – 2,5; 2,3; 2,3 та 2,0 рази;
- у селезінці – 1,6; 1,5; 1,3 та 1,2 рази;
- у легенях – 1,7; 1,5; 1,3 та 1,1 рази;
- у серці – 1,5; 1,4; 1,3 та 1,1 рази;
- у кістковій тканині – 1,4; 1,4; 1,3 та 1,2 рази відповідно.

Перевищення ГДК свинцю було ще більш вираженим і становило:

- у м'язовій тканині – 3,4; 2,9; 2,5 та 2,2 рази;
- у нирках – 4,5; 4,4; 4,0 та 3,5 рази;
- у печінці – 3,1; 2,9; 2,8 та 2,7 рази;
- у селезінці – 2,5; 2,5; 2,1 та 1,7 рази;
- у легенях – 4,6; 4,1; 3,7 та 3,0 рази;
- у серці – 1,9; 1,8; 1,6 та 1,4 рази;
- у кістковій тканині – 2,8; 2,5; 2,5 та 2,1 рази відповідно.

Отримані результати свідчать про значну акумуляцію важких металів у тканинах організму корів, особливо в органах-мішенях детоксикації, а також про залежність рівня їхнього накопичення від типу годівлі.

Найбільше накопичення важких металів спостерігалось у таких органах і тканинах (у порядку спадання): для кадмію (Cd) – нирки, м'язи, печінка, легені, селезінка, серце та кісткова тканина (рис. 1); для свинцю (Pb) – легені, нирки, м'язова тканина, печінка, кісткова тканина, селезінка та серце (рис. 2).

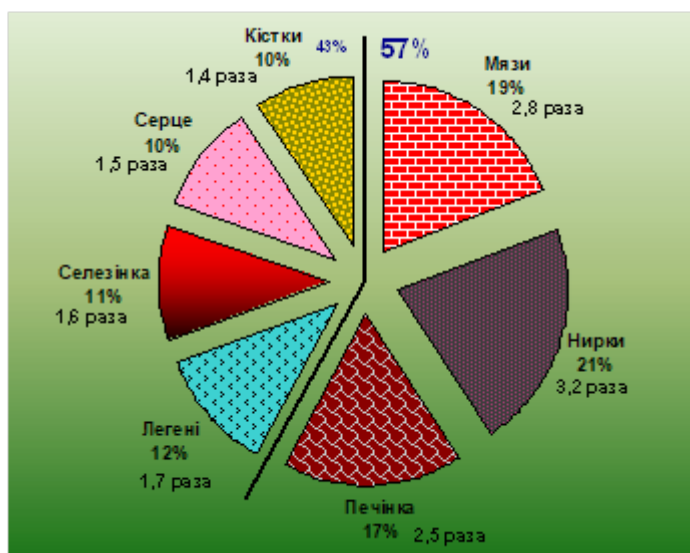


Рис. 1. Найбільше накопичення (акумуляція) Cd у внутрішніх органах і тканинах корів I і II груп із максимальним перевищенням встановлених гранично допустимих концентрацій.

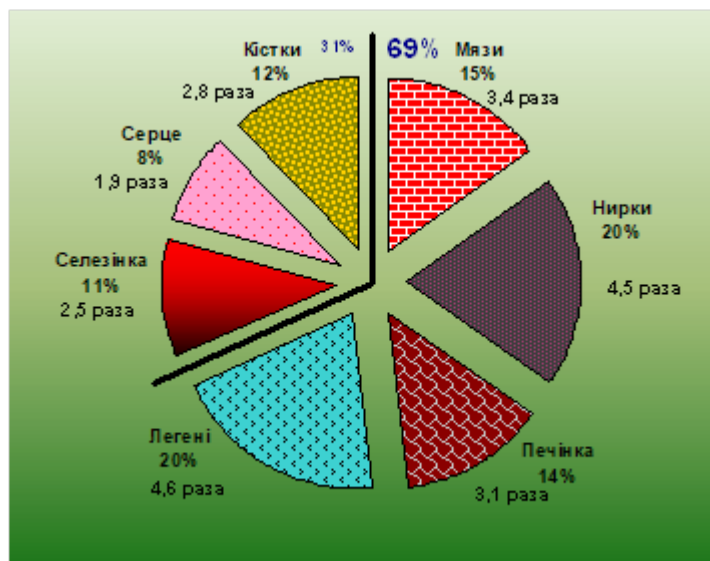


Рис. 2. Найбільше накопичення (акумуляція) Рb у внутрішніх органах і тканинах корів I і II груп із максимальним перевищенням установлених гранично допустимих концентрацій.

Найбільший акумуляційний ефект щодо кадмію спостерігався у нирках, м'язовій тканині та печінці, на які припадає 57 % від загального перевищення гранично допустимої концентрації (рис. 1). У легенях, селезінці, серці та кістковій тканині розподіл кадмію є відносно рівномірним, що свідчить про виражений ендоекологічний вплив цього елемента практично на всі органи і тканини організму продуктивних тварин. Така акумуляція може зумовлювати прояв канцерогенних, тератогенних та інших токсичних ефектів кадмію, що негативно позначається на стані здоров'я корів, їхній продуктивності, а також на якості й екологічній безпечності молока.

Відомо, що кадмій найбільш інтенсивно накопичується в печінці, нирках, волосяному покриві, селезінці та легенях. За результатами наших досліджень установлено, що значна частина кадмію, який зв'язується з альбуміновою фракцією крові, стає доступною для транспортування до різних органів і тканин. М'язова тканина також здатна акумулювати цей елемент у небезпечних концентраціях, при цьому рівень його накопичення у м'язах посідає друге місце після нирок. Основне токсичне навантаження кадмію припадає на нирки та печінку, що в сукупності становить приблизно 38 %. Інтенсивна акумуляція кадмію в м'язовій тканині дійних корів потребує подальшого поглибленого вивчення.

Аналогічна ситуація спостерігалася і щодо вмісту плумбуму (Pb). Близько 69 %

перевищення гранично допустимої концентрації Рb припадало на нирки, печінку, м'язову тканину та легені, тоді як решта 31 % – на селезінку, кісткову тканину та серце. Значне перевищення вмісту плумбуму в легеневої тканині свідчить про підвищене надходження цього елемента з атмосферним повітрям, що зумовлює його поступове накопичення в легенях тварин протягом тривалого періоду онтогенезу.

Розташування агроєкосистем поблизу автомагістралей, газоконденсатних станцій та автогазонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС), де спостерігається інтенсивний рух транспорту, є антропогенно-техногенним фактором, який сприяє підвищенню вмісту Рb у легеневої тканині продуктивних корів.

Відомо, що плумбум інтенсивно накопичується в нирках, печінці, головному мозку, кістковій тканині, волосяному покриві та молоці. За результатами досліджень установлено, що акумуляція Рb у нирках і печінці становила 34 %, тоді як його вміст у кістковій тканині був на 2 % вищим, ніж кадмію. У м'язовій тканині рівень накопичення плумбуму був на 4 % нижчим порівняно з кадмієм.

Таким чином, плумбум, як і кадмій, є небезпечним контамінантом із вираженою здатністю до біоакумуляції, що може істотно впливати на ендоекологічний стан організму тварин.

У таблиці 1 наведено порядок розподілу органів і тканин за рівнем накопичення

важких металів у корів контрольних груп відповідно до фактичного вмісту поллютантів. Найвищі концентрації кадмію (Cd) та плумбуму (Pb) виявлено в нирках, печінці та легенях. Найнижчий вміст кадмію та міді встановлено у м'язовій тканині; при цьому вона також характеризувалася відносно невисоким рівнем цинку. Водночас саме м'язова тканина містила найбільшу кількість плумбуму, що є потенційно небезпечним, оскільки м'ясна продукція, на відміну від субпродуктів, частіше надходить у реалізацію або використовується як сировина для виготовлення м'ясних виробів.

З огляду на незначний вихід субпродуктів порівняно з м'язовою тканиною, їх доцільно спрямовувати переробку, зокрема на виготовлення м'ясо-кісткового борошна, що дасть змогу мінімізувати ризик потенційно контамінованої продукції до харчового ланцюга людини.

Таким чином, такі внутрішні органи, як нирки та печінка, є органами-мішенями щодо ураження небезпечними екотоксикантами, зокрема важкими металами. Легені, селезінка, серце та м'язова тканина також здатні акумулювати значні кількості токсикантів, що може істотно порушувати гомеостаз організму продуктивних тварин, які перебувають в умовах впливу техногенних факторів агроєкосистеми.

Отримані нами результати досліджень узгоджуються з даними інших науковців [3–8, 11, 15–16], які вказують, що нирки та печінка є органами-мішенями ураження важкими металами. Водночас легені, селезінка, серце та м'язова тканина також здатні акумулювати значну кількість токсикантів, що негативно впливає на ендоекологічний стан і гомеостаз організму

та потребує подальшого вивчення. Зокрема, дослідники [6], працюючи в умовах експерименту на бугайцях української чорно-рябої молочної породи, встановили, що використання експериментального силосу з пайзи у раціонах відгодівлі спричиняло погіршення екологічної якості продукції: вміст кадмію у м'язовій тканині тварин дослідної групи перевищував контрольні показники на 5,4 %. У той же час застосування сапоніту як адсорбента у годівлі молодняку свиней мало позитивний ефект – рівень накопичення кадмію у м'язовій тканині тварин дослідних груп був нижчим на 21,8–37,9 % порівняно з контролем [6].

Науковці [15] також установили перевищення нормативних показників вмісту кадмію у найдовшому м'язі спини у 1,40–1,44 раза. Водночас коригування раціону шляхом зміни складу зерноsumіші (60% зерна кукурудзи та 10 % ГМ-сої) сприяло зниженню накопичення важких металів у м'язовій тканині та печінці: для плумбуму – на 17,5 %, для кадмію на 2,8–16,9 %, для купруму на 4,2–52,9 % відповідно [15].

В умовах нашого експерименту введення до складу преміксу молібдену та сірки у формі молібдату амонію (Mo) і кормової сірки (S) ґрунтувалося на їхній антагоністичній взаємодії з міддю. У рубці жуйних тварин ці елементи здатні утворювати нерозчинні комплекси, зокрема тіомолібдат міді (CuMoS₄), який виводиться з організму з екскрементами. Формування таких сполук відбувається за умов порушення співвідношення Cu:Mo та підвищеного рівня сульфідів у процесі рубцевої ферментації, що є необхідною передумовою утворення нерозчинних комплексів і буде враховано при розробці преміксу та біопрепарату.

Таблиця 1 – Порядок розподілу органів і тканин корів контрольної групи за фактичним вмістом важких металів

Орган (тканина) накопичення токсичних важких металів (у порядку зменшення вмісту токсикантів), мг/кг сирової речовини	
Cd	1 нирки 2,305-3,241
	2 печінка 0,611-0,752
	3 легені 0,331-0,513
	4 селезінка 0,361-0,486
	5 серце 0,337-0,459
	6 кістки 0,392-0,423
	7 м'язи 0,094-0,140
Pb	1 нирки 3,452-4,522
	2 легені 1,812-2,763
	3 печінка 1,607-1,865
	4 м'язи 1,083-1,691
	5 кістки 1,234-1,685
	6 селезінка 1,029-1,503
	7 серце 0,840-1,146

У рубці сульфати, сульфіти та сірковмісні амінокислоти перетворюються на сульфідну кислоту (H_2S), яка здатна взаємодіяти з іонами металів, зокрема міді та молібдену. Антитоксичну дію преміксу було підсилено підшкірним уведенням фітобіопрепарату «БП-9» завдяки вмісту в ньому хелатних сполук і біологічно активних органічних речовин, здатних зв'язувати іони металів із утворенням органо-мінеральних комплексів.

Зв'язування полівалентних іонів металів відбувається за участю аміногруп, карбоксильних і гідроксильно-фенольних груп, тоді як взаємодія з одновалентними іонами металів забезпечується наявністю в структурі іонофорів поліефірних і дице тонних фрагментів. Біологічний ефект хелатів та іонофорів визначається співвідношенням сили їхнього зв'язування з іонами металів порівняно з біологічними лігандами організму; у випадку більш міцного зв'язування метал стає біологічно недоступним.

Сульфідні групи білкових структур характеризуються високою спорідненістю до утворення хелатних комплексів із важкими металами, зокрема кадмієм і плумбумом. Враховуючи ці антидотні властивості, до складу фітобіопрепарату було включено лікарські рослини, серед яких елеутерокок колючий (*Eleutherococcus senticosus*, *Acanthopanax senticosus*). За даними вітчизняних і зарубіжних дослідників, у тому числі за результатами наших досліджень, ця рослина проявляє виражену протекторну дію щодо виведення поллютантів, зокрема кадмію та плумбуму, з м'язової тканини та внутрішніх органів.

Біологічна активність елеутерококу зумовлена наявністю комплексу біологічно активних речовин, зокрема полісахаридів (з карбоксильними групами), гетерогліканів (елеутеранів), що проявляють імуностимульовальну дію, а також елеутерозидів А-Г (глікозиди кумаринової природи, сиригарезинол тощо) і елеутерозидів І-М (сапоніни), які забезпечують адаптогенний і детоксикаційний ефекти.

Оскільки відбір тварин у піддослідні групи здійснювали за методом пар-аналогів, що підтверджено результатами аналізу продуктивності корів, якості молока, морфологічних і біохімічних показників крові та сечі [14], можна обґрунтовано стверджувати, що застосування преміксу та біопрепарату сприяло суттєвому зниженню токсичних поллютантів (Cd, Pb) у м'язовій тканині, нирках, печінці, селезінці, легеневій тканині, серці та кістках.

У корів, які отримували силосно-коренеплодний раціон, найбільше зниження концен-

трації Cd відмічено в нирках: у II дослідній групі – у 2,5 раза, у III – у 3,6 раза порівняно з I контрольною групою. Зокрема, вміст Cd зменшився з 0,140 мг/кг у контрольній групі до 0,047 мг/кг у II і 0,043 мг/кг у III дослідних групах відповідно ($p < 0,001$). Водночас у II дослідній групі протягом 120-денного періоду застосування лише мінерально-вітамінного преміксу «МП-А» не забезпечило зниження концентрації Cd до гранично допустимого рівня. В інших досліджуваних органах і тканинах у II і III групах вміст Cd перебував у межах норми.

Згодовування преміксу сприяло зниженню вмісту Cd у м'язовій тканині корів II та III груп на 66,4–69,2 % порівняно з контролем, що свідчить про перспективність використання запропонованих технологічних підходів у поєднанні з антидотними речовинами для виробництва екологічно безпечної яловичини. Зниження вмісту Cd також зафіксовано в печінці, селезінці, легенях, серці та кістковій тканині, що підтверджує позитивний вплив протиекотоксичних компонентів преміксу «МП-А» і біопрепарату «БП-9» на ендоекологічний стан організму тварин та відновлення гомеостазу. Суттєвих відмінностей між II та III групами щодо зниження Cd у легеневій, серцевій і м'язовій тканинах не виявлено, однак кращі показники спостерігалися у тварини III дослідної групи ($p < 0,001$).

Отримані результати свідчать, що основне токсичне навантаження кадмію припадає на нирки та печінку. У зв'язку з цим застосування підшкірних ін'єкцій біопрепарату є доцільним для зменшення інтоксикації органів. Відсутність такого втручання може призводити до розвитку дегенеративних змін, зокрема ураження нефронів нирок і гепатоцитів печінки, а також підвищення ризику онкопатологій.

Виявлені на початку досліду ознаки протейнурії у тварин контрольної групи свідчили про порушення функціонального стану нирок і печінки, що обґрунтовує необхідність розробки та застосування біологічно активного фітобіопрепарату «БП-9», ефективність якого підтверджена отриманими наприкінці експерименту результатами.

За інших типів годівлі корів, які перебували в аналогічних екологічних умовах, але зазнавали різного рівня навантаження екоотоксикантами в агроєкосистемах, встановлено таку ж тенденцію, що свідчить про обґрунтованість підбору інгредієнтів преміксу та препарату.

Найбільш виражене зниження вмісту кадмію зафіксовано у корів II і III дослідних груп, зокрема у м'язовій тканині (у 4,0–4,5 раза), нирках (у 3,4–4,2 раза) та печінці (у 1,9–2,7 раза). Водночас у корів із силосно-сінним типом годівлі основного токсичного навантаження зазнавала не ниркова тканина (як це спостерігалось за силосно-коренеплодного раціону), а печінка. У II дослідній групі під впливом преміксу відбулося зниження вмісту Cd у печінці, однак його рівень не досяг граничного допустимої концентрації.

Виявлені відмінності зумовлені особливостями типу годівлі. Зокрема, тварини, які отримували силосно-коренеплідний раціон, споживали більшу кількість соковитих кормів, тоді як за силосно-сінного типу годівлі переважали грубі корми. Високий вміст лігніфікованої клітковини сприяв зниженню засвоєння та відкладення в організмі мікроелементів, зокрема цинку і міді, що підтверджується зменшенням їхньої концентрації у крові, внутрішніх органах і субпродуктах [13].

Відомо, що цинк є антагоністом кадмію, тому зниження його вмісту в організмі призводить посилення токсичного навантаження Cd, насамперед на печінку, що й обумовило перевищення гранично допустимого рівня цього елемента. Разом із тим, застосування преміксу та біопрепарату забезпечило стійку тенденцію до зниження вмісту поллютанта у внутрішніх органах і тканинах навіть за силосно-сінного типу годівлі, що підтверджує їхню ефективність у різних умовах годівлі.

Премікс і біопрепарат проявили найбільш виражений антитоксичний ефект у корів із силосно-сінажним і силосно-сінажно-концентратним типами годівлі. У II і III дослідних групах досягнуто максимального зниження вмісту кадмію, при цьому концентрації Cd у відібраних зразках відповідали гранично допустимим нормам як у II, так і у III групах ($p < 0,001$).

Найбільш інтенсивне зниження Cd у м'язовій тканині спостерігалось саме у тварин із силосно-сінажним і силосно-сінажно-концентратним раціонами порівняно з іншими типами годівлі. Зокрема, рівень кадмію зменшився у 4,6–5,5 раза за силосно-сінажного типу годівлі та у 4,1–5,5 раза – за силосно-сінажно-концентратного. Для порівняння, у корів із силосно-коренеплідним раціоном зниження становило 3,0–3,3 раза, а за силосно-сінного типу – 4,0–4,5 раза.

Отримані результати свідчать про вищу ефективність застосування біопрепарату в умовах раціонів із включенням сінажу та

концентрованих кормів, що, ймовірно, пов'язано з кращою збалансованістю поживних речовин і мікроелементного складу таких раціонів, а також підвищеною біодоступністю компонентів антиоксидантної дії.

Встановлено значне зниження вмісту кадмію в нирках у корів за різних типів годівлі. Зокрема, у тварин із силосно-сінажним раціоном концентрація Cd зменшилася у 3,2–3,8 раза, а за силосно-сінажно-концентратного типу – у 3,2–4,1 раза. Для порівняння, у корів із силосно-коренеплідним раціоном зниження становило 2,5–3,6 раза, а за силосно-сінного – 3,4–4,2 раза.

Суттєвих відмінностей між II та III дослідними групами щодо вмісту кадмію у м'язовій тканині, печінці, селезінці, легенях, серці та кістковій тканині корів за силосно-сінажного і силосно-сінажно-концентратного типів годівлі не встановлено. З огляду на отримані результати доцільним є застосування розроблених технологічних підходів, що передбачають згодовування антиоксидантного преміксу «МП-А» у поєднанні з ін'єкційним введенням біопрепарату «БП-9» дійним коровам за силосно-сінажного та силосно-сінажно-концентратного типів годівлі. Ефективність такого підходу підтверджується достовірним зниженням вмісту токсичних важких металів в організмі тварин.

Кальцій, залізо, магній, фосфати, етанол і жири здатні знижувати всмоктування плюмбуму (Pb) у шлунково-кишковому тракті. У зв'язку з цим до складу преміксу та біопрепарату було введено дикальційфосфат і спалену магnezію; вміст заліза в раціонах усіх тварин був достатнім, дефіциту сирого жиру не відмічалось, а нестача кальцію спостерігалась лише у корів із силосно-коренеплідним раціоном. Введення зазначених компонентів сприяло конкуренції металів за місця зв'язування та перенесення в епітеліальній тканині кишечника.

Усмоктування свинцю в організмі тварин залежить від його концентрації в раціоні та хімічної форми. Найбільш інтенсивно Pb абсорбується у вигляді ацетату, хлориду, оксиду та тетраетилсвинцю, тоді як хромати, сульфідиди, сульфати й карбонати є менш розчинними і, відповідно, менш доступними для всмоктування. З метою підвищення утворення малорозчинних форм свинцю до складу преміксу було включено сірчаноокислий натрій, що забезпечило нормалізацію сіркового обміну та сприяло утворенню сульфідів і сульфатів Pb.

Частина свинцю, що надходить із кормом, може трансформуватися в хлориди та

комплекси з жовчними кислотами, які активно всмоктуються. Жовч, у свою чергу, стимулює транспорт Pb через епітелій кишківника. Відсутність застосування біопрепарату «БП-9» у II дослідній групі сприяла більшій акумуляції свинцю у внутрішніх органах і тканинах.

Зокрема, у м'язовій тканині корів із силосно-коренеплідним раціоном вміст Pb становив 0,483 мг/кг, із силосно-сінним – 0,475, силосно-сінажним – 0,43 і силосно-сінажно-концентратним – 0,373 мг/кг, що достовірно нижче порівняно з контрольною групою ($p < 0,001$) і перебуває в межах гранично допустимих норм. У III-х дослідних групах введення біопрепарату, що містить екстракт барбарису звичайного, який проявляє жовчогінні властивості (завдяки вмісту берберину та бербаміну), сприяло активізації секреції жовчі, посиленню транспорту Pb через кишковий епітелій, швидкому його надходженню в кров і подальшому виведенню через печінку та нирки без значної акумуляції.

У середньому вміст свинцю в органах і тканинах корів знизився у 1,3–5,8 раза за силосно-коренеплідного раціону, у 3,1–6,0 раза – за силосно-сінного, у 2,9–6,5 раза – за силосно-сінажного та у 2,7–8,3 раза – за силосно-сінажно-концентратного типу годівлі ($p < 0,001$). Інтенсивність виведення Pb з організму корів мала тісну кореляційну залежність із його вмістом у раціоні. Найвищу концентрацію свинцю виявлено у тварин із силосно-коренеплідним раціоном, дещо нижчу – за силосно-сінного, ще нижчу – за силосно-сінажного, а найменшу – за силосно-сінажно-концентратного типу годівлі.

Зменшення вмісту Pb в органах і тканинах зумовлене типом годівлі, який сприяв активнішому виведенню поллютанта: у середньому на 66–86,4 % у корів із силосно-сінажним та на 63,1–88 % – із силосно-сінажно-концентратним раціоном ($p < 0,001$). Це має важливе значення, оскільки в більшості досліджень вдається знизити рівень токсиканта лише в окремих органах, тоді як він накопичується в інших. У цьому випадку спостерігалось рівномірне й суттєве зменшення концентрації Pb у м'язовій тканині, нирках, печінці, селезінці, серці, легенях і кістках, що є надзвичайно важливим для технології виробництва екологічно безпечної тваринницької продукції.

Свинець (Pb) є специфічним поллютантом, небезпека якого полягає у його значному надходженні до навколишнього середовища з викидами автотранспорту та іншими технологічними джерелами. У легені Pb потрапляє

разом із дрібнодисперсними аерозольними частинками розміром менше 0,5 мкм. Більш крупні частинки видаляються війчастим епітелієм дихальних шляхів, тоді як частина аерозолів поглинається легеневидами макрофагами. Результати лабораторного аналізу легеневої тканини підтвердили ймовірність інгаляційного надходження свинцю з атмосферного повітря.

Застосування лише мінерально-вітамінного преміксу не дало змоги досягти зниження концентрації Pb до рівня гранично допустимих концентрацій у жодній із піддослідних груп. Однак згодовування дійним коровам преміксу «МП-А» без застосування біопрепарату забезпечило стійку тенденцію до зменшення накопичення екотоксиканта за всіх типів годівлі ($p < 0,001$). Подовження тривалості досліду на 3–4 місяці сприяло подальшому зниженню вмісту Pb у легенях, що свідчить про відновлення гомеостаз організму внаслідок тривалого застосування преміксу у технології виробництва молока.

Додавання до годівлі біопрепарату на основі екстракту лікарських трав стимулювало діяльність кровоносної, нервової, ендокринної та інших систем, що посилювало кровопостачання легень і пришвидшувало виведення свинцю. Інтенсивність детоксикації становила 71,6–80,7 % у тварин із силосно-коренеплідним раціоном, 70,7–83,3 % – із силосно-сінним, 67,7–86,4 % – із силосно-сінажним і 63,1–88,0 % – із силосно-сінажно-концентратним раціоном порівняно з контрольними групами ($p < 0,001$). Такі результати підтверджують ефективність комплексного підходу до зменшення вмісту свинцю в організмі корів шляхом корекції типу годівлі та використання природних біологічних добавок.

Вчені з Нігерії [9] здійснили оцінку канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я людини, пов'язаного з вмістом важких металів у субпродуктах тварин, отриманих на бійні Фелеле (м. Локоджа, штат Когі, Нігерія). У місті Локоджа протягом тривалого часу спостерігається зростання попиту на м'ясну продукцію, що супроводжується щоденним збільшенням обсягів забою великої рогатої худоби, овець і кіз.

Протягом шести тижнів дослідники відбирали середні проби масою 100 г нирок, печінки та м'язової тканини, які надалі аналізувалися в лабораторних умовах. Було визначено середні концентрації важких металів (Al, Cd, Cr, Ni та Pb) у досліджуваних тканинах корів, кіз і овець. Установлено, що концентра-

ція Al досягала 42,4, Cd – 0,34–0,95, Cr – до 1,68, Ni – 0,42–9,22, Pb – до 1,49. Виявлено, що рівень Al у всіх досліджених внутрішніх органах перевищував максимально допустиму концентрацію (1,0 мг/кг). Концентрація Cd у м'язовій тканині перевищувала нормативне значення (0,05 мг/кг), встановлене регуляторними органами, а також була підвищеною у печінці кіз. Рівень Ni у всіх зразках внутрішніх органів гранично допустимі показники.

За винятком нирок корів, концентрація Cr у досліджених тканинах залишалася нижчою за допустимий рівень (1,0 мг/кг). Водночас середній вміст Pb у м'язовій тканині та печінці перевищував допустимі межі (0,1 мг/кг та 0,2 мг/кг відповідно), встановлені ВООЗ, тоді як у нирках кіз і печінці овець ці показники перебували в межах норми.

Отримані результати свідчать про потенційний канцерогенний ризик для споживачів у випадку регулярного вживання субпродуктів і м'яса досліджених тварин. У зв'язку з цим автори наголошують на необхідності постійного моніторингу вмісту важких металів у продукції тваринного походження, а також підвищення обізнаності виробників щодо цієї проблеми. Запровадження системного контролю якості кормів і умов утримання тварин, на думку дослідників, сприятиме зменшенню накопичення важких металів у тканинах тварин та забезпеченню виробництва екологічно безпечної продукції.

Інші дослідники з Ефіопії [12] також вивчали вплив важких металів у органах і тканинах великої рогатої худоби (нирки, печінка, м'язова тканина) з Центральної зони Гондар. Ефіопія має найбільше поголів'я худоби в Африці, що забезпечує близько 12–16 % валового внутрішнього продукту країни.

У межах дослідження було зібрано та проаналізовано 90 зразків органів і тканин великої рогатої худоби. Зокрема, 45 свіжих зразків м'язової тканини, печінки та нирок масою приблизно по 50 грамів було відібрано від 15 тварин на бійні міста Гондар. Досліджувана худоба походила з різних округів, які зазнавали впливу різних техногенних джерел забруднення довкілля. Середні концентрації чотирьох досліджуваних металів варіювалися в таких межах: 1,5–11,5 мг/кг для Cu; до 1,05 мг/кг для Cr; 0,42–1,5 для Pb; та до 0,41 мг/кг для Cd. Найвища середня концентрація була зафіксована для Cu ($11,50 \pm 0,53$ мг/кг у зразках печінки), тоді як найнижча – для Cd ($0,060 \pm 0,004$ мг/кг у м'язовій тканині).

Загалом печінка характеризувалася найвищими концентраціями досліджуваних поллютантів порівняно з нирками та м'язами, за винятком Cd, для якого максимальні рівні були виявлені в нирках ($p < 0,05$). Таким чином, усі чотири метали були виявлені в різних концентраційних діапазонах у всіх типах досліджених тканин.

Установлено, що рівні важких металів у більшості зразків тканин перевищували відповідні максимально допустимі межі, визначені FAO/ВООЗ, що підкреслює необхідність упровадження систематичного моніторингу екологічної безпеки харчових продуктів у регіоні. Дослідники також здійснили класифікацію зразків тканин за вмістом важких металів. Виявлено чітку диференціацію накопичення токсикантів між різними типами тканин, що має важливе значення для подальших досліджень. Печінка визначена як основний орган-мішень для біоаккумуляції більшості важких металів, тоді як нирки, у яких зафіксовано найвищі рівні кадмію, виступають основним органом його накопичення. Ці результати узгоджуються з даними інших досліджень.

Отримані результати підкреслюють важливість застосування хемометричних методів аналізу для профілювання вмісту металів у різних органах і тканинах великої рогатої худоби. Це сприяє надійній автентифікації їхнього походження та забезпеченню зростаючих вимог до безпеки харчових продуктів.

Дослідження науковців демонструє важливість хемометричних методів аналізу в профілюванні вмісту металів у різних органах і тканинах великої рогатої худоби для забезпечення надійної автентифікації органів і тканин на основі їхнього походження, тим самим забезпечуючи зростаючий попит на безпеку харчових продуктів у регіоні.

Отже, дослідження процесів акумуляції важких металів у внутрішніх органах і тканинах сільськогосподарських тварин є актуальним напрямом, що привертає увагу багатьох науковців як в Україні, так і за її межами, особливо в умовах напруженої екологічної ситуації.

Установлено, що застосування у годівлі дійних корів спеціалізованих антиоксидантних мінерально-вітамінних преміксів, адаптованих до фактичних раціонів годівлі різних типів, у поєднанні з ін'єкційним введенням біопрепаратів на основі екстрактів лікарських рослин, сприяє корекції процесів акумуляції небезпечних поллютантів, зокрема кадмію та плюмбуму, у внутрішніх органах і тканинах.

Такі підходи забезпечують нормалізацію ендоекологічного стану організму, посилення екскреції ксенобіотиків і загальне покращення фізіологічного стану тварин. У результаті це позитивно впливає на якість і безпечність молочної продукції, зокрема сприяє отриманню екологічно безпечного молока.

Висновки. Кадмій і плумбум належать до небезпечних контамінантів, що характеризуються вираженою здатністю до біоаккумуляції, яка негативно впливає на ендоекологічний стан організму дійних корів за різних типів годівлі. Це підтверджено результатами гострих дослідів на тваринах контрольних груп. Добалансування основних раціонів годівлі дослідних груп продуктивних тварин із використанням спеціалізованих мінерально-вітамінних преміксів у поєднанні з ін'єкційним уведенням біопрепарату сприяє зниженню рівня накопичення екотоксикантів у внутрішніх органах-мішенях, зокрема печінці та нирках, які зазнають основного токсичного навантаження, а також у м'язовій тканині.

Отримані результати свідчать про позитивну роль розроблених антитоксичних засобів у технологічному процесі виробництва екологічно безпечного коров'ячого молока на скотарських фермах. Найбільш виражений антитоксичний ефект щодо зменшення акумуляції важких металів встановлено у корів, які утримувалися на силосно-сінажному та силосно-сінажно-концентратному типах раціону.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення процесів акумуляції важких металів у легеневій і м'язовій тканинах, селезінці, а також інших внутрішніх органах і тканинах, які можуть слугувати індикаторами забруднення агроєкосистем небезпечними екотоксикантами техногенного або мілітарного походження.

REFERENCES

1. Velichko, V.O. (2023). Veterinary and sanitary assessment of the content of technologically harmful substances in milk and their excretion from the animal's body. Scientific and technical bulletin of the State Research Control Institute of Veterinary Medicines and Feed Additives and the Institute of Animal Biology. 24 (2), pp. 54–58. DOI:10.36359/scivp.2023-24-2.06 (In Ukrainian).
2. Kushnir, S.O., Onipko, A.D. (2018). Ecological situation in Ukraine: analysis of problems and financing of directions for their overcoming. Economic space, no. 136, pp. 191–201. Available at: <https://prostir.pdaba.dp.ua/index.php/journal/article/view/295> (In Ukrainian).
3. Mamenko, O.M., Portyannik, S.V. (2017). Toxic effect of heavy metals on organs, tissues and cells of dairy cows and possibilities of enhancing their elimination from the body. Problems of zoengineering and veterinary medicine: collection of scientific works of the KhDZVA. Kharkiv, Issue 33, Part 1, pp. 254–275. Available at: <https://drive.google.com/file/d/1FR12tNEDXcypMaKjR9XsrBMO15ZN8tel/view?pli=1> (In Ukrainian).
4. Savchuk, I. (2021). Safety of livestock products of bulls on different diets during fattening under conditions of radioactive contamination. Regulatory mechanisms in biosystems. 12 (1), pp. 86–91. DOI:10.15421/022113 (In Ukrainian).
5. Savchenko, Y.I., Savchuk, I.M., Savchenko, M.G. (2016). Concentration of Pb and Cd in pork when using different grain mixtures in diets. Bulletin of Agricultural Science. Livestock, Veterinary Medicine, pp. 21–24. Available at: https://agrovisnyk.com/view/ua_2016_05_04.pdf (In Ukrainian).
6. Savchuk, I.M., Kovaleva, S.P., Yashchuk, I.V. (2023). The influence of different types of diets and sorbents on the accumulation of Cd in the muscle tissue of young cattle and pigs. Collection of scientific papers "Technology of production and processing of livestock products", no. 2, pp. 40–50. Available at: http://ir.Polis-siauniver.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/15512/3/TVTPPT_2023_2_40-50.pdf (In Ukrainian).
7. Akar, Y., Ahmad, N., Khalid, M. (2018). The effect of cadmium on the bovine in vitro oocyte maturation and early embryo development. International Journal of Veterinary Science and Medicine, 6, pp. 73–77. DOI:10.1016/j.ijvsm.2018.03.001
8. Chałabis-Mazurek, A., Valverde Piedra, J.L., Muszyński, S., Tomaszewska, E., Szymańczyk, S., Kowalik, S., Arciszewski, M.B., Zacharko-Siem-bida, A., Schwarz, T. (2021). The Concentration of Selected Heavy Metals in Muscles, Liver and Kidneys of Pigs Fed Standard Diets and Diets Containing 60 % of New Rye Varieties. Animals, 11, 1377 p. DOI:10.3390/ani11051377
9. Emurotu, J.E., Olawale, O., Dallatu, E.M., Abubakar, T.A., Umudi, Q.E., Encogwe, G.O., Atumeyi, A. (2024). Carcinogenic and non-carcinogenic health risk assessment of heavy metals in the offal of animals from Felele Abattoir, Lokoja, Nigeria. Toxicology Reports, Vol. 13. DOI:10.1016/j.toxrep.2024.101701
10. Hashemi, S. (2018). Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed. Ecotoxicology and Environmental Safety, 154 (15), pp. 263–267. DOI:10.1016/j.ecoenv.2018.02.058
11. Hejna, M., Gottardo, D., Baldi, A., Dell'Orto, V., Cheli, F., Zaninelli, M., Rossi, L. (2018). Review: Nutritional ecology of heavy metals. Animal, Vol. 12, Issue 10, pp. 2156–2170. DOI:10.1017/S175173111700355X
12. Akele, M.L., Desalegn, S.K., Asfaw, T.B., Assefa, A.G., Alemu, A.K., Rocha de Oliveira, R. (2022). Heavy metal contents in bovine tissues (kidney, liver and muscle) from Central Gondar Zone, Ethiopia. Heliyon, Vol. 8, Issue 12. DOI:10.1016/j.heliyon.2022.e12416

13. Portiannyk, S., Mamenko, O. (2021). Removal of toxic metals from the body of cows by using antidote substances, with its impact on milk productivity and environmental safety of agroecosystems around the industrial city in Ukraine. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 4 (4), pp. 154–177. DOI:10.33002/nr2581.6853.040411

14. Portiannyk, S., Mamenko, O., Rybalko, V., Onyshchenko, A. (2024). Application of Effective Technological Methods for the Production of Environmentally Safe Cow's Milk. *Vet Med Zoot.*, 82, no. 2, pp. 70–80. DOI:10.5281/zenodo.15718492

15. Savchuk, I., Kovalova, S. (2023). Accumulation of ¹³⁷Cs, Pb, Cd, Cu in the muscle tissue and liver of pigs getting different rations. *The Scientific and Technical Bulletin of Livestock farming institute of NAAS*. Issue 130, pp. 203–215. Available at: https://lfi-naas.org.ua/wp-content/uploads/2024/02/STB-130_203-215.pdf

16. Tahir, I., Alkheraije, K.A. (2023). A review of important heavy metals toxicity with special emphasis on nephrotoxicity and its management in cattle. *Front Vet Sci.*, 10. DOI:10.3389/fvets.2023.1149720

17. Wrzecińska, M., Kowalczyk, A., Cwynar, P., Czerniawska-Piątkowska, E. (2021). Disorders of the Reproductive Health of Cattle as a Response to Exposure to Toxic Metals. *Biology*, 10 (9), 882 p. DOI:10.3390/biology10090882

Accumulation of heavy metals cadmium and lead in the internal organs and tissues of productive animals under conditions of technogenic load on agroecosystems

Portiannyk S., Mamenko O., Tsereniuk O., Onyshchenko A.

The ecological safety of agroecosystems today is determined by both man-made pollution and the harmful effects of war on the environment. Dangerous ecotoxicants, heavy metals, including cadmium and lead, enter the atmospheric air, which migrate in trophic chains, entering the body of dairy cows with feed rations, accumulate in various organs and tissues, dis-

rupting the endoecological state. An acute experiment was conducted on dairy cows of Ukrainian black-and-white and red-and-white dairy breeds with a live weight of 500–545 kg. Agrobiogeocenoses, where the cows were kept, have been located near environmentally hazardous man-made objects. At the end of the experiment, three animals were slaughtered from each group and average samples of internal organs and tissues were selected. Chemical analysis of samples for the content of heavy metals was carried out by atomic absorption spectrophotometry. The purpose of the research is to analyze the content of Cd and Pb in the internal organs of dairy cows under the conditions of eco-safe milk production technology using premixes and a biological product. The kidneys, muscles, liver, lungs, spleen, heart and bones had the greatest accumulation of cadmium in the kidneys, muscles, liver, lungs, spleen, heart and bones; the lungs, kidneys, muscles, liver, bones, spleen and heart had the greatest accumulation effect in relation to Cd, which accounted for 57 % of the total amount of excess of the maximum permissible concentration. Cd accumulates most in the liver, kidneys, spleen, lungs. The main toxic impact of Cd falls on the kidneys and liver, which together account for approximately 38 %. 69 % of the excess of the MPC for Pb falls on the kidneys, liver, muscles and lungs, the remaining 31 % on the spleen, bones and heart. Pb accumulates most in the kidneys, liver, brain, bones. The kidneys, liver, lungs are characterized by the highest content of Cd, Pb. Cd, Pb are dangerous contaminants, the accumulation effect changes the endoecological state of the body of dairy cows with different types of feeding. Rebalancing diets with special premixes with injection of a biological preparation helps reduce the accumulation of VM in the internal target organs of the liver and kidneys, as well as in muscle tissue, which proves the positive role of antidote substances in the technological process of producing environmentally safe cow's milk on cattle farms.

Keywords: liver, kidneys, diet, premix, pollutants.



Copyright: Портянник С. В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Портянник С. В.

Маменко О. М.

Церенюк О. М.

Онищенко А. О.

<https://orcid.org/0000-0001-5716-7352>

<https://orcid.org/0000-0003-3638-2525>

<https://orcid.org/0000-0003-4797-9685>

<https://orcid.org/0000-0002-0684-1201>

Наукове видання

**Технологія виробництва
і переробки продукції тваринництва**

Збірник наукових праць

№ 1 (202) 2026

*Редактор А.М. Біліченко
Комп'ютерне верстання: В.С. Мельник*

Зареєстрований у сфері друкованих медіа
(ідентифікатор R30-03970, затверджено рішенням Національної ради України
з питань телебачення і радіомовлення №1425 від 25.04.2024 р.).

Формат 60¹/₈. Ум.др.арк. 18,1. Наклад 300.

Підписано до друку 19.05.2026 р.

Видавець і виготовлювач:

Білоцерківський національний аграрний університет,
09117, Біла Церква, Соборна площа, 8/1, тел. 33-11-01,
e-mail: redakciaviddil@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції

ДК № 3984 від 17.02.2011 р.