

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

Збірник наукових праць

№ 1 (194) 2025

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 (194) 2025. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2025. 129 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 № 4 від 22.05.2025 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.

Редакційна колегія:

Головний редактор – **Димань Т.М.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Заступник головного редактора – **Цехмістренко О.С.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Члени редакційної колегії:

Аріас Р., д-р філософії, доц., Університет Аустрал де Чилі, Валдівія, Чилі

Білл М., д-р філософії, проф., Державний університет штату Айова, «Дюпон Піонер», Айова, США

Бітюцький В.С., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Ваврісінова К., доц., Словацький аграрний університет, Нітра, Словачія

Гассемі Нейжад Ж., д-р філософії, доц., Коледж тваринництва та технологій, Університет Конкук, Сеул, Республіка Корея

Гриневич Н.С., д-р вет. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Дубовий В.І., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Зелінська В.А., асистент, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Кацаньова М., д-р філософії, проф., Словацький аграрний університет, Нітра, Словачія

Мачюк В., д-р філософії, проф., Університет аграрних наук та ветеринарної медицини, Яси, Румунія

Мельниченко О.М., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Мерзлов С.В., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Недашківський В.М., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Ніколова Л., д-р філософії, доц., Аграрний університет, Пловдив, Болгарія

Попова Т., д-р філософії, проф., Інститут тваринництва, Костинброд, Болгарія

Соболев О.І., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Ставецька Р.В., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Цехмістренко С.І., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Шаран М.М., д-р с.-г. наук, проф., Інститут біології тварин, Львів, Україна

Шурчкова Ю.О., д-р техн. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Editorial board:

Editor in chief – **Dyman T.M.**, D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Deputy Editor in chief – **Tsekhmistrenko O.S.**, D. Sc., Ass. Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Members of editorial board:

Arias R.A., PhD, Ass. Prof., Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile
Bill M., PhD, Prof., Jowa State University, DuPont Pioneer, Iowa, USA

Bitiutskyi V.S., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Bitiutskyi V.S., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Vavrisinova K., Ass. Prof., Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovakia

Ghassemi Nejad J., PhD, Ass. Prof., College of Animal Bioscience and Technology, Konkuk University, Seoul, Republic of Korea

Grynevych N. Ye., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Dubovyi V. I., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Kacaniova M., PhD, Prof., Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovakia

Maciuc V., PhD, Prof., University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Iasi, Romania

Melnychenko O.M., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Merzlov S.V., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Nedashkivskyi V. M., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

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

Popova T., PhD, Prof., Institute of Animal Science, Kostinbrod, Bulgaria

Sharan M.M., D. Sc., Prof., Animals Biology Institute, Lviv, Ukraine

Shurchkova Yu.O., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Sobolev O. I., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Stavetska R.V., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Tsekhmistrenko S.I., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Zelinska V.A., assistant, Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, 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 ТВАРИННИЦТВА

Гладій М.В., Кузів М.І., Федорович Є.І., Кузів Н.М., Чокан Т.В. Ваговий ріст імпортованих кіз альпійської породи та їх нащадків в умовах Прикарпаття.....	6
Ластовська І.О., Борщ О.В., Гришко В.А., Прудніков В.Г., Гаюк Н.В., Матвеєв М.А., Борщ О.О. Склад молочного білка у корів різних генетичних груп....	15
Луценко М.М., Попков В.В. Процес молоковіддачі у високопродуктивних корів в умовах роботизованого доїння.....	24
Вощенко І.Б. Відтворювальні та продуктивні якості свиноматок різного генетичного поєднання.....	32
Лебідь Я.Г., Чудак Р.А., Побережець Ю.М. Вплив рослинного екстракту <i>Macleaya cordatas</i> на перетравність поживних речовин корму перепелів.....	47
Міщенко О.А., Литвиненко О.М., Боднарчук Г.Л., Романенко Л.І., Криворучко Д.І., Афара К.Д. Забезпечення бджіл медозбором як спосіб запобігання ройовому стану бджолиних сімей.....	55
Скрипник С.В., Разанова О.П. Оцінювання температурного режиму бджолиного гнізда за удосконалення конструкції вуликового дна.....	62
Маханна Б., Загородній А.П., Чернюк С.В. Кукурудзяний силос, управління керованими факторами.....	72

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Гойко І.Ю., Стеценко Н.О. Застосування системи НАССР за виробництва м'ясних консервів.....	81
Поліщук В.М., Цехмістренко С.І., Поліщук С.А., Бітюцький В.С., Чернюк С.В. Порівняльний аналіз деяких фізико-хімічних показників плодів різних видів цитрусових.....	93

ЕКОЛОГІЯ

Волкова О.М., Скиба В.В., Розпутній О.І., Перцьовий І.І., Герасименко В.Ю., Бабань В.П. Моделювання динаміки накопичення радіонуклідів у прісноводних видах риб у поставарійний період після аварії на Чорнобильській АЕС.....	103
---	-----

БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

Сенчук М.М. Комплексна біотехнологія очищення стоків тваринницької ферми.....	115
--	-----

CONTENT

TECHNOLOGY OF MANUFACTURE AND PROCESSING PRODUCTION OF ANIMALS

Hladii M., Kuziv M., Fedorovych Ye., Kuziv N., Chokan T. Weight growth of imported alpine goats and their offspring in the conditions of the Prykarpattya region.....	6
Lastovska I., Borshch O., Grishko V., Prudnikov V., Haiuk N., Matveiev M., Borshch O. Composition of milk protein in cows of different genetic groups.....	15
Lutsenko M., Popkov V. The process of milk yield in highly productive cows under robotic milking conditions.....	24
Voshchenko I. Reproductive and productive qualities of sows of different genetic combinations.....	32
Lebid Y., Chudak R., Poberezhets J. The effect of <i>Macleaya cordatas</i> plant extract on the digestibility of nutrients in quail feed.....	47
Mishchenko O., Lytvynenko O., Bodnarchuk G., Romanenko L., Kryvoruchko D., Afara K. Providing bees with honey collection as a way to prevent the swarm state of bee colonies.....	55
Skrypnyk S., Razanova O. Estimation of the bee nest temperature regime by improving the hive bottom construction.....	62
Mahanna B., Zahorodnii A., Chernyuk S. Corn Silage, Managing the Manageable....	72

FOOD TECHNOLOGY

Goyko I., Stetsenko N. Application of the HACCP system in the production of canned meat.....	81
Polishchuk V., Tsekhmistrenko S., Polishchuk S., Bitiutskyi V., Cherniuk S. Comparative analysis of physicochemical parameters of freshly squeezed juices from various citrus fruits.....	93

ECOLOGY

Volkova O., Skyba V., Rozputnyi O., Pertskovyi I., Herasymenko V., Baban V. Modeling the Dynamics of Radionuclide Accumulation in Freshwater Fish Species in the Post-Accident Period Following the Chornobyl NPP Disaster.....	103
--	-----

BIOTECHNOLOGIES AND BIOENGINEERING

Senchuk M.M. Comprehensive biotechnology of livestock farm wastewater purification.....	115
--	-----

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.39.082

Ваговий ріст імпортованих кіз альпійської породи та їх нащадків в умовах Прикарпаття**Гладій М.В.** , **Кузів М.І.** , **Федорович Є.І.** ,
Кузів Н.М. , **Чокан Т.В.** *Інститут біології тварин НААН (Львів, Україна)*

Кузів М.І. E-mail: kuzivmarkiyan@ukr.net



Гладій М.В., Кузів М.І., Федорович Є.І., Кузів Н.М., Чокан Т.В. Ваговий ріст імпортованих кіз альпійської породи та їх нащадків в умовах Прикарпаття. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 1. С. 6–14.

Hladii M., Kuziv M., Fedorovych Ye., Kuziv N., Chokan T. Weight growth of imported alpine goats and their offspring in the conditions of the Prykarpattia region. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 1. PP. 6–14.

Рукопис отримано: 27.03.2025 р.

Прийнято: 14.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-6-14

У статті представлено результати досліджень живої маси імпортованих кіз альпійської породи французької селекції та їх нащадків в умовах Прикарпаття. Дослідження проведено у фермерському господарстві «Добра корівка» Львівської області на імпортованих козах альпійської породи французької селекції та їх нащадках першого покоління методом ретроспективного аналізу даних зоотехнічного обліку. У 2021 році господарству присвоєно статус племінного репродуктора з розведення кіз альпійської породи.

Встановлено, що імпортовані кози та їх нащадки у період вирощування характеризувалися високими показниками живої маси, яка у річному віці становила 37,4 та 38,2 кг відповідно. Жива маса новонароджених імпортованих кізочок становила 3,9 кг, що більше, ніж у їх нащадків, на 0,1 кг ($P < 0,01$). До 4-місячного віку імпортовані тварини за живою масою переважали, а починаючи з 5-місячного віку, поступалися своїм нащадкам, водночас у всіх випадках різниці були статистично значущими ($P < 0,01$ – $0,001$). Менші живі маси імпортованих тварин, порівняно з їхніми нащадками, починаючи з 5-місячного віку, пояснюються стресом, якого вони зазнали через транспортування та процеси адаптації до нових умов, адже кізочки були завезені у 4–4,5-місячному віці. Коефіцієнт успадкування живої маси за типом «мати-дочка» у новонароджених кізочок становив 0,12, у 3-місячному віці – 0,25, у 6-місячному – 0,07, у 9-місячному – 0,06 і у 12-місячному віці – 0,05. За абсолютними приростами живої маси імпортовані тварини переважали нащадків у вікові періоди від народження до 3 місяців і від 6 до 9 місяців та поступалися їм у віковий період від 3 до 6 місяців і за весь період вирощування. Середньодобовий приріст живої маси досліджуваних тварин від народження до 3 місяців становив 141,1–143,0 г, від 3 до 6 місяців – 82,7–94,4 г, від 6 до 9 місяців – 93,9–95,4 г, від 9 до 12 місяців – 53,7–54,1 г і від народження до 12 місяців – 110,1–113,4 г. За середньодобовими приростами живої маси статистично значущі значення виявлено у віковий період від 3 до 6 місяців і за весь період від народження до річного віку на користь нащадків. За відносною швидкістю та напругою росту живої маси імпортовані тварини до 6-місячного віку статистично значуще поступалися нащадкам, а в подальшому їх переважали, однак перевага була статистично значущою лише за напругою росту живої маси у період від 6 до 9 місяців.

Ключові слова: розведення, кози, альпійська порода, жива маса, інтенсивність росту живої маси, коефіцієнт успадкування.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Розведення дрібних жуйних відіграє важливу соціально-економічну та екологічну роль у всьому світі [1]. Кози здатні адаптуватися до різних систем господарювання, кліматичних умов та рельєфу місцевості [2–7].

В Україні інтерес до козівництва останніми роками зростає, імпортується племінне поголів'я кіз, створюються нові племінні господарства [8–10]. У нашій країні в основному розводять кіз молочного напрямку продуктивності. Серед молочних порід найбільш поширені зааненська, альпійська, тогенбурзька і англо-нубійська.

При імпортуванні племінного поголів'я кіз у нашу країну в основному завозять молодняк. Тому селекційна робота з цими тваринами починається з дослідження їх росту і розвитку в процесі онтогенезу. Основним методом дослідження росту тварин є облік живої маси. Жива маса тварин – об'єктивний показник росту організму. У біологічному розумінні ріст як процес зростання загальної маси клітин організму, його тканин і органів у часі може бути визначений на підставі зміни живої маси тварин з віком. Шляхом систематичних зважувань досить точно визначають живу масу тіла тварин і її приріст та інтенсивність росту за будь-якого проміжку часу [11]. Жива маса, характеризуючи величину тіла, пов'язана з багатьма властивостями організму тварин, вказує на індивідуальні особливості їх росту та пов'язана з рівнем обмінних процесів, що, своєю чергою, впливає на продуктивність. Перебіг росту відображає особливості реалізації генетичної інформації в онтогенезі. Тому проблема вирощування племінного молодняку і надалі залишається актуальною. Відомо, що жива маса тварин у дорослому віці певним чином обумовлена інтенсивністю росту в молодому віці. Як зазначає А.М. Маслюк та ін. [12], повноцінний розвиток кізочок є однією з важливих передумов їх подальшої молочної продуктивності. Крім того, як зазначає Ithurbe M. et al. [13], існує позитивна кореляція між виживанням козенят та швидкістю росту протягом першого року життя. Декілька досліджень довели, що козенята з найменшою вагою мають нижчі шанси на виживання [14–16]. Тому жива маса молодняку в окремі вікові періоди є важливою селекційною ознакою.

Враховуючи різноманітність природно-кліматичних зон України та імпорт, в основному племінного молодняку, актуальним вбачається дослідження вагового росту тварин у нових умовах розведення.

Мета дослідження – дослідити динаміку живої маси, абсолютний та середньодобовий приріст, кратність збільшення, відносну швидкість та напругу росту живої маси імпортованих кіз альпійської породи французької селекції та їх нащадків у період вирощування в умовах Прикарпаття.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведено у фермерському господарстві «Добра корівка» Львівської області в Україні на імпортованих козах альпійської породи французької селекції та їх нащадках першого покоління. У 2021 році господарству присвоєно статус племінного репродуктора з розведення альпійської породи кіз. У грудні 2015 року із Франції (регіону Бургундія-Франш-Конте (Bourgogne-Franche-Comté), міста Юриньї (Hurigny), ферми «Scea de la baratte» (власник родина Шевени) були завезені кізочки та цапки у віці 4–4,5 місяців. Управління стадом проводиться за допомогою програмного забезпечення Dairy Plan G 21. Для досліджень було зібрано дані зоотехнічного обліку за період з 2015 по 2024 рік.

У дослідних тварин шляхом ретроспективного аналізу даних зоотехнічного обліку досліджували динаміку живої маси у період вирощування (від народження до 12 місяців), кратність збільшення живої маси, абсолютні та середньодобові прирости, відносну швидкість та напругу росту живої маси.

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

$$D = W_t - W_o,$$

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

Середньодобовий приріст за окремі періоди і за весь період вирощування тварин вираховували за формулою:

$$R = \frac{W_t - W_o}{t_2 - t_1},$$

де W_t і W_o – жива маса в кінці та на початку періоду, кг;

t_2 і t_1 – вік в кінці та на початку періоду, днів.

Відносну швидкість росту (K) визначали за формулою С. Броді:

$$K = \frac{W_t - W_o}{0,5 \times (W_t + W_o)} \times 100.$$

Напругу росту (H) визначали за коефіцієнтами приросту:

$$H = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100.$$

Кратність збільшення живої маси обчислювали шляхом ділення живої маси в 3-, 6-, 9- і 12-місячному віці на живу масу новонароджених теличок.

Успадковуваність живої маси кіз у різні вікові періоди визначали методами подвоєння коефіцієнта кореляції за типом «матти-дочка»:

$$h^2 = 2r,$$

де r – коефіцієнт кореляції між живою масою матерів та їх дочок у відповідні вікові періоди.

Статистичне оброблення отриманих даних здійснювали методами математичної статистики і біометрії з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel. Ступінь міжгрупової диференціації оцінювали шляхом порівняння групових середніх арифметичних величин за кожною досліджуваною ознакою [17, 18]. Достовірність різниці між груповими середніми оцінювали за критерієм достовірності Стюдента (t). Різницю між середніми значеннями вважали статистично значущою при $P < 0,05$ (*), $P < 0,01$ (**), $P < 0,001$ (***)

Результати дослідження та обговорення. Під час ведення селекційної роботи у козівництві основною вимогою до молодняку є інтенсивність росту його живої маси. На основі проведеного ретроспективного аналізу даних зоотехнічного обліку встановлено, що імпортовані козематки та їх нащадки у період вирощування характеризувалися високими показниками живої маси у всі досліджувані

вікові періоди (табл. 1). Ця ознака у переважній більшості випадків перевищувала вимоги класу еліта «Інструкції з бонітування кіз молочних порід, 2018 р.». Лише жива маса імпортованих кізочок у 11 і 12 місяців та їх нащадків у місячному віці була на рівні I класу. Жива маса новонароджених імпортованих кізочок була більшою, ніж у нащадків на 0,1 кг ($P < 0,01$). У місячному, 2-, 3- і 4-місячному віці імпортовані тварини за зазначеною ознакою переважали своїх нащадків на 0,3; 0,3; 0,3 і 0,4 кг відповідно ($P < 0,01$ – $0,001$). Починаючи з 5-місячного віку, імпортовані кізочки за живою масою поступалися своїм нащадкам ($P < 0,001$). Менші живі маси імпортованих тварин порівняно з їхніми нащадками, починаючи з 5-місячного віку, на нашу думку, пояснюються стресом, якого вони зазнали через транспортування, та процесами адаптації і акліматизації в нових умовах, адже кізочки були завезені у 4–4,5-місячному віці.

Коефіцієнт мінливості живої маси в імпортованих тварин найнижчим був у новонароджених, а найвищим – у місячному віці. З місячного до 4-місячного віку коефіцієнт варіації знизився на 3,2 %, а в подальшому до річного віку залишався майже на одному рівні (6,0–6,8 %). У нащадків першого покоління цей показник найвищим був у новонароджених кізочок і поступово знизився до 9-місячного віку на 7,1 %, а в подальшому до річного віку залишався на рівні 4,5–4,7 %.

Таблиця 1 – Динаміка живої маси кізочок альпійської породи, кг

Вік козенят, місяців	Імпортовані			Перше покоління		
	n	M±m	Cv, %	n	M±m	Cv, %
Новонароджені	318	3,9±0,01	4,0	225	3,8±0,03**	11,7
1	318	9,0±0,05	10,0	225	8,7±0,06***	10,5
2	318	13,5±0,07	9,0	225	13,2±0,07**	8,4
3	318	16,9±0,07	7,3	225	16,6±0,09**	7,8
4	318	20,4±0,08	6,8	225	19,8±0,09***	7,2
5	318	22,5±0,08	6,5	225	23,0±0,09***	6,0
6	318	24,5±0,09	6,5	225	25,2±0,10***	5,8
7	318	27,2±0,10	6,7	225	28,0±0,10***	5,5
8	318	30,9±0,12	6,8	225	31,7±0,11***	5,3
9	318	33,1±0,12	6,5	219	33,7±0,11***	4,6
10	312	35,0±0,12	6,3	200	35,6±0,12***	4,7
11	289	36,5±0,13	6,0	158	37,4±0,14***	4,5
12	227	37,4±0,15	6,1	115	38,2±0,17***	4,7

У дослідженнях Ithurbide M. et al. [13] жива маса козенят при народженні не суттєво відрізнялася від наших показників і становила 3,94 кг, а от у 12-місячному віці цей показник був вищим і, залежно від лінійної належності, становив 43,1–43,4 кг. За даними S. Amiri et al. [19], жива маса при народженні у козенят альпійської породи у Франції становила 3,96–3,97 кг, а під час першого осіменіння у віці сім–десять місяців середнє значення цього показника було 32,6 кг. За даними D. Đuričić та інших [20], жива маса новонароджених кізочок альпійської породи у Хорватії становила 3,46 кг, а цапків – 3,71 кг. У дослідженнях N. Maksimović та співавторів [21] у Сербії жива маса новонароджених кізочок альпійської породи була нижчою, ніж у наших дослідженнях (2,73 кг), а от у місячному віці та при відлученні (90–120 днів) була на рівні наших показників і становила 8,7 і 18,3 кг, відповідно.

Ceyhan et al. [22] зазначають, що жива маса козенят при народженні є важливим показником їх потенціалу для росту та виживання і має позитивну кореляцію з подальшим ваговим ростом, що є вирішальним для прибутковості козиних ферм. А. М. Маслюк [23] повідомляє, що продуктивність кіз тісно пов'язана з розвитком та живою масою тварин.

Коефіцієнт успадкування живої маси за типом «мати-дочка» у новонароджених кізочок становив 0,12, у 3-місячному віці – 0,25, у 6-місячному – 0,07, у 9-місячному – 0,06 і у річному віці – 0,05. Тобто, у 3-місячному віці коефіцієнт успадкування живої маси був середнім, а за інших вікових періодів – низьким. Подібна оцінка материнської спадковості для живої маси при народженні (0,09), відлученні (0,21), 6 місяців (0,06), 9 місяців (0,10) і 12 місяців (0,14) була у дослідженнях A. Mandal et al. [24], проведених на вівцях. Автори зазначають, що додатковий материнський вплив був важливий на ранніх стадіях росту.

Кратність зростання живої маси в імпортованих тварин була нижчою, ніж у їх нащадків ($P<0,0–0,001$), у 3-місячному віці – на 0,1 %, у 6-місячному – на 0,5 %, у 9-місячному – на 0,5 % і у 12-місячному віці – на 0,8 % (табл. 2). Коефіцієнт варіації кратності

зростання живої маси також був нижчим у імпортованих тварин: у 3-місячному віці – на 2,3 %, у 6-місячному – на 3,4 %, у 9-місячному – на 3,5 % і у 12-місячному – на 3,7 %.

Важливими показниками, за якими оцінюють інтенсивність росту тварин, є абсолютний та середньодобовий прирости живої маси. За абсолютними та середньодобовими приростами від народження до 3-місячного віку імпортовані кізочки переважили нащадків I покоління на 0,2 кг ($P<0,05$) та 2,9 г, відповідно (табл. 3). Від 3 до 6-місячного віку імпортовані тварини поступалися нащадкам за абсолютними приростами на 1,1 кг, а за середньодобовими – на 11,7 г при $P<0,001$ в обох випадках. Від 6- до 9-місячного віку статистично значуща ($P<0,05$) різниця виявлена лише за абсолютним приростом і становила 0,2 кг на користь імпортованих кіз. Від 9- до 12-місячного віку за цими показниками між вихідним маточним поголів'ям та їх нащадками статистично значущої різниці не виявлено. За весь період від народження до 12 місяців імпортовані кізочки поступалися нащадкам за абсолютними приростами на 1,0 кг, а за середньодобовими – на 3,3 г при $P<0,001$ в обох випадках.

Найвища мінливість абсолютних та середньодобових приростів у тварин обох досліджуваних груп була у віковий період 9–12 місяців.

Середньодобовий приріст живої маси кізочок альпійської породи в умовах степової зони України був значно нижчим порівняно з нашими дослідженнями. Так, досліджуючи інтенсивність росту кізочок зааненської, альпійської та корсиканської порід В. С. Слюсаренко [25] зазначає, що найвищий середньодобовий приріст живої маси спостерігався до 2-місячного віку і становив 102,28–131,00 г, а за період до 12-місячного віку цей показник становив 45,98–59,89 г. Найнижчий середньодобовий приріст живої маси у досліджувані періоди був у тварин корсиканської породи. Враховуючи інтенсивність росту кізочок, автор рекомендує в умовах степової зони України розводити кіз зааненської та альпійської порід.

Таблиця 2 – Кратність збільшення живої маси кізочок альпійської породи, рази

Вік козенят, місяців	Імпортовані			Перше покоління		
	n	M±m	Cv, %	n	M±m	Cv, %
3	318	4,3±0,02	7,4	225	4,4±0,03**	9,7
6	318	6,2±0,02	7,0	225	6,7±0,05***	10,4
9	318	8,6±0,03	7,4	219	9,1±0,07***	10,9
12	227	9,5±0,05	7,4	115	10,3±0,11***	11,1

Таблиця 3 – Абсолютні та середньодобові прирости живої маси кізочок альпійської породи

Віковий період, місяці	Імпортвані			Перше покоління		
	n	M±m	Cv,%	n	M±m	Cv,%
Абсолютний приріст, кг						
0-3	318	13,0±0,07	9,2	225	12,8±0,07*	8,6
3-6	318	7,5±0,07	16,0	225	8,6±0,07***	12,6
6-9	318	8,7±0,07	14,8	219	8,5±0,06*	11,3
9-12	227	4,9±0,08	24,1	115	4,9±0,10	20,8
0-12	227	33,5±0,15	6,8	115	34,5±0,16***	5,0
Середньодобовий приріст, г						
0-3	318	143,0±0,74	9,2	225	141,1±0,81	8,6
3-6	318	82,7±0,74	16,0	225	94,4±0,79***	12,6
6-9	318	95,4±0,80	14,8	219	93,9±0,72	11,3
9-12	227	53,7±0,86	24,1	115	54,1±1,05	20,8
0-12	227	110,1±0,50	6,8	115	113,4±0,53***	5,0

Відомо, що дійсну швидкість росту живої маси та ступінь напруженості фізіологічних процесів, що відбуваються в організмі тварин у різні вікові періоди, характеризують коефіцієнтами приросту живої маси (табл. 4). За відносною швидкістю росту живої маси імпортовані кози поступалися нащадкам від народження до 3-місячного віку на 1,4 % і від 3- до 6-місячного віку –

на 4,7 % ($P<0,01-0,001$) та переважали їх від 6 до 9 місяців на 0,6 % і від 9 до 12 місяців – на 0,2 %.

За напругою росту живої маси імпортовані тварини поступалися нащадкам від народження до 3 місяців на 11,0 % ($P<0,001$), від 3 до 6 місяців – на 3,4 % ($P<0,001$) та переважали їх від 6 до 9 місяців на 0,8 % ($P<0,01$) і від 9 до 12 місяців – на 0,3 %.

Таблиця 4 – Відносна швидкість та напруга росту живої маси кізочок альпійської породи, %

Віковий період, місяці	Імпортвані			Перше покоління		
	n	M±m	Cv,%	n	M±m	Cv,%
Відносна швидкість росту живої маси						
0-3	318	124,5±0,26	3,7	225	125,9±0,39**	4,6
3-6	318	36,4±0,31	15,2	225	41,1±0,36***	13,0
6-9	318	31,0±0,43	25,0	219	30,4±0,54	26,2
9-12	227	14,0±0,22	23,2	115	13,8±0,26	20,5
Напруга росту живої маси						
0-3	318	331,9±1,80	9,7	225	342,9±2,87**	12,5
3-6	318	30,7±0,22	12,9	225	34,1±0,25***	10,8
6-9	318	26,1±0,17	11,5	219	25,3±0,18**	10,3
9-12	227	15,1±0,25	25,0	115	14,8±0,31	22,3

Висновки. Імпортовані кози та їх нащадки у період вирощування характеризувалися високими показниками живої маси, яка у річному віці становила 37,4 та 38,2 кг, відповідно. Ця ознака у переважній більшості випадків перевищувала вимоги класу еліта, лише жива маса імпортованих кізочок у 11 і 12 місяців та їх нащадків у місячному віці була на рівні І класу. За живою масою новонароджених у 1-; 2-; 3- і 4-місячному віці імпортовані тварини переважали нащадків, а починаючи з 5-місячного віку – поступалися їм. Коефіцієнт успадкування живої маси за типом «мати-дочка» у новонароджених кізочок становив 0,12, у 3-місячному віці – 0,25, у 6-місячному – 0,07, у 9-місячному – 0,06 і у річному віці – 0,05. За абсолютними приростами живої маси імпортовані тварини переважали нащадків у віковий період від народження до 3 місяців і від 6 до 9 місяців та поступалися їм у віковий період від 3 до 6 місяців і за весь період вирощування. За середньодобовими приростами живої маси статистично значущі показники виявлено у віковий період від 3 до 6 місяців і за весь період від народження до річного віку на користь нащадків. За відносною швидкістю та напругою росту живої маси імпортовані тварини до 6-місячного віку статистично значуще поступалися нащадкам, а у подальшому їх переважали, однак перевага була статистично значущою лише за напругою росту живої маси в період від 6 до 9 місяців.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Managing sheep and goats for sustainable high yield production / J. Simões et al. *Animal*. 2021. Vol. 15 (1). DOI:10.1016/j.animal.2021.100293
2. Boyazoglu J., Hatziminaoglou I., Morand-Fehr P. The role of the goat in society: Past present and perspectives for the future. *Small Rumin Res.* 2005. Vol. 60. P. 13–23. DOI:10.1016/j.smallrumres.2005.06.003
3. Dubeuf J.P., Boyazoglu J. An international panorama of goat selection and breeds. *Livestock Science*. 2009. Vol. 120 (3). P. 225–231. DOI:10.1016/j.livsci.2008.07.005
4. Шкоропад Л. Аналіз виробництва козиного молока в Україні. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2014. Вип. 18 (2). С. 327–334.
5. Lu C.D., Miller B.A. Current status, challenges and prospects for dairy goat production in the Americas. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)*. 2019. Vol. 32. P. 1244–1255. DOI:10.5713/ajas.19.0256
6. Morales F.A.R., Genis J.M.C., Guerrero Y.M. Current status, challenges and the way forward for dairy goat production in Europe. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)*. 2019. Vol. 32. P. 1256–1265. DOI:10.5713/ajas.19.0327
7. Добрянська М.Л. Молекулярно-генетичні маркери у козівництві. Розведення і генетика тварин. Київ, 2023. Вип. 65. С. 177–183. DOI:10.31073/abg.65.16
8. Попова В.О., Кернасюк В.Ю., Федяєв В.А., Леппа А.Л. Моніторинг проблем та тенденцій розвитку галузі козівництва в Україні. *Ветеринарія, технології тваринництва та природокористування*. 2019. Вип. 3. С. 168–176. DOI:10.31890/vtpp.2019.03
9. Маслюк А.М., Атановська-Маслюк О.Й., Зіневич В.М. Стан козівництва у світі, перспективи його розвитку та наукове забезпечення в Україні. *Вівчарство та козівництво*. 2020. № 5. С. 238–254. DOI:10.33694/2415-3956-2020-1-5-238-254
10. Кузів М.І., Федорович Є.І., Кузів Н.М., Тодорюк В.Б. Динаміка живої маси імпортованих кізочок альпійської породи французької селекції в умовах Прикарпаття. Актуальні проблеми сучасної біології, тваринництва та ветеринарної медицини: тези доповідей міжнар. наук.-практ. конф. присвяченій 100-річчю від дня народження д. б. н. професора, академіка УААН, заслуженого діяча науки і техніки України Петра Лагодюка, м. Львів, 3–4 жовтня 2024 р. *Біологія тварин*. 2024. Т. 2., № 3. 80 с.
11. Федорович Є.І., Сірацький Й.З. Західний внутрішньопородний тип української чорно-рябої молочної породи: господарсько-біологічні та селекційно-генетичні особливості. К.: Науковий світ, 2004. 385 с.
12. Маслюк А.М., Атановська-Маслюк О.Й., Зіневич В.М. Динаміка інтенсивності росту козенят, отриманих від цапів різного походження. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2022. Вип. 15. С. 115–127. DOI:10.33694/2617-0787-2022-1-15-115-127
13. Selection on functional longevity in a commercial population of dairy goats translates into significant differences in longevity in a common farm environment / M. Ithurbide et al. *Journal of Dairy Science*. 2022. Vol. 105 (5). P. 4289–4300. DOI:10.3168/jds.2021-21222
14. Riggio V.R., Finocchiario S.C. Genetic parameters for early lamb survival and growth in Scottish Blackface sheep. *Journal of Animal Science*. 2008. Vol. 86 (8). P. 1758–1764 DOI:10.2527/jas.2007-0132
15. Invited review: Improving neonatal survival in small ruminants: Science into practice / C.M. Dwyer et al. *Animal*. 2016. Vol. 10 (3). P. 449–459. DOI:10.1017/S1751731115001974
16. Chauhan I.S., Misra S.S., Kumar A., Gowane G.R. Survival analysis of mortality in pre-weaning kids of Sirohi goat. *Animal*. 2019. Vol. 13 (12). P. 2896–2902. DOI:10.1017/S17517311 19001617
17. Крамаренко С.С., Луговий С.І., Лихач А.В., Крамаренко О.С. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин: навч. посібн.

Миколаїв: МНАУ, 2019. 211 с.

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

19. Analysis of reproduction success, growth and milk trajectories and response to nutritional challenge in two Alpine goat lines selected on divergent longevity / S. Amiri et al. *Animal*. 2023. Vol. 17 (11). DOI:10.1016/j.animal.2023.101004

20. Relationship between reproductive performance and meteorological variables in French Alpine goats in the northwestern part of Croatia / D. Đuričić et al. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2021. Vol. 9. 2110 p. DOI:10.31893/jabb.21010

21. Productive characteristics and body measurements of alpine goats raised under smallholder production systems in central Serbia / N. Maksimović et al. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2015. Vol. 31 (2). P. 245–253. DOI:10.2298/BAH1502245M

22. Ceyhan A., Çinar M., Serbester U. Kid growth performance and reproductive characteristics of Hair goats raised under breeder conditions. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 2022. Vol. 46 (4). P. 592–598. DOI:10.55730/1300-0128.4230

23. Маслюк А.М. Оцінка молочних порід кіз за живою масою та висотою в холці. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2017. Вип. 10. С. 65–74.

24. Genetic parameters for direct and maternal effects on body weights of Muzaffarnagari sheep / A. Mandal et al. *Animal Science*. 2006. Vol. 82 (2). P. 133–140. DOI:10.1079/ASC200531

25. Слюсаренко В.С. Інтенсивність росту молодняку кіз молочного напрямку продуктивності в умовах степової зони України. Біоінтенсивні та SMART-технології у тваринництві: матеріали II міжнар. наук.-практ. конф. НПП та молодих науковців, м. Одеса, 29-30 червня 2023 р. Одеса: ОДАУ, 2023. С. 96–98. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/handle/123456789/4207> (дата звернення: 26.03.2025)

REFERENCES

1. Simões, J., Abecia, J. A., Cannas, A., Delgadillo, J. A., Lacasta, D., Voigt, K., Chemineau, P. (2021). Managing sheep and goats for sustainable high yield production. *Animal*, Vol. 15 (1). DOI:10.1016/j.animal.2021.100293

2. Boyazoglu, J., Hatziminaoglou, I., Morand-Fehr, P. (2005). The role of the goat in society: Past present and perspectives for the future. *Small Rumin Res.*, Vol. 60, pp. 13–23. DOI:10.1016/j.smailumres.2005.06.003

3. Dubeuf, J.P., Boyazoglu, J. (2009). An international panorama of goat selection and breeds. *Livestock Science*. Vol. 120 (3), pp. 225–231. DOI:10.1016/j.livsci.2008.07.005

4. Shkoropad, L. (2014). Analiz vyrobnytstva kozynoho moloka v Ukraini [Analysis of goat milk production in Ukraine]. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprovuvannia novoi tekhniki*

i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy [Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine]. Vol. 18 (2), pp. 327–334. (in Ukrainian).

5. Lu, C.D., Miller, B.A. (2019). Current status, challenges and prospects for dairy goat production in the Americas. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)*, Vol. 32, pp. 1244–1255. DOI:10.5713/ajas.19.0256

6. Morales, F.A.R., Genis, J.M.C., Guerrero, Y.M. (2019). Current status, challenges and the way forward for dairy goat production in Europe. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)*, Vol. 32, pp. 1256–1265. DOI:10.5713/ajas.19.0327

7. Dobryanska, M.L. (2023). Molekuliarno-henetychni markery u kozivnytstvi [Molecular genetic markers in goat breeding]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn [Animal Breeding and Genetics]*. Vol. 65, pp. 177–183. DOI:10.31073/abg.65.16. (in Ukrainian)

8. Popova, V.O., Kernasyuk, Yu.V., Fediaev V.A., Leppa A.L. (2019). Monitorynh problem ta tendentsii rozvytku haluzi kozivnytstva v Ukraini [The monitoring problems and tendents of development of goat breeding in Ukraine]. *Veterynariia, tekhnologii tvarynnytstva ta pryrodokorystuvannia [Veterinary science, technologies of animal husbandry and nature management]*. Vol. 3, pp. 168–176. DOI:10.31890/vtp.2019.03 (in Ukrainian).

9. Masliuk, A.M., Atanovska-Masliuk, O.Yo., Zinevych, V.M. (2020). Stan kozivnytstva u sviti, perspektyvy yoho rozvytku ta naukovye zabezpechennia v Ukraini [State of goat breeding in the world, its development prospects and scientific support in Ukraine]. *Vivcharstvo ta kozivnytstvo [Sheep and Goat Breeding]*. Vol. 5, pp. 238–254. DOI:10.33694/2415-3956-2020-1-5-238-254 (in Ukrainian).

10. Kuziv, M.I., Fedorovych, Ye.I., Kuziv, N.M., Todoriuk, V.B. (2024). Dynamika zhyvoi masy importovanykh kizochok alpiiskoi porody frantsuzkoi selektsii v umovakh Prykarpattia [The dynamics of live weight of imported goats of the Alpine breed of French selection in the conditions of the Prykarpattia region]. *Tezy dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Aktualni problemy suchasnoi biolohii, tvarynnytstva ta veterynarnoi medytsyny» (3–4 zhovtnia 2024 roku, m. Lviv, Ukraina) [Abstracts of reports of International Scientific and Practical Conference “Actual Problems of Modern Biology, Animal Husbandry and Veterinary Medicine”, Lviv, October 3rd–4th, 2024]*. *Biolohiia tvaryn [The Animal Biology]*. Vol. 26 (3), 80 p. (in Ukrainian).

11. Fedorovych, Ye.I., Siratskyi, Y.Z. (2004). Zakhidnyi vnutrishnoporodnyi typ ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody: hospodarsko-biolohichni ta selektsiino-henetychni osoblyvosti [Western Ukrainian interbreed type of Black-and-White dairy cattle, biological and economic-breeding and genetic features]. Kyiv, 385 p. (in Ukrainian).

12. Masliuk, A.M., Atanovska-Masliuk, O.Yo., Zinevych, V.M. (2022). Dynamika intensyvnosti

rostu kozeniat, otrymanykh vid tsapiv riznoho pokhodzhennia [Dynamics and growth intensity of kids obtained from different origin goats]. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova»* [Scientific Bulletin «Askaniia-Nova»]. Vol. 15, pp. 115–127. DOI:10.33694/2617-0787-2022-1-15-115-127 (in Ukrainian).

13. Ithurbide, M., Huau, C., Palhière, I., Fossier, T., Friggens, N. C., Rupp, R. (2022). Selection on functional longevity in a commercial population of dairy goats translates into significant differences in longevity in a common farm environment. *Journal of Dairy Science*, Vol. 105 (5), pp. 4289–4300. DOI:10.3168/jds.2021-21222

14. Riggio, V.R., Finocchiaro, S.C. (2008). Genetic parameters for early lamb survival and growth in Scottish Blackface sheep. *Journal of Animal Science*, Vol. 86 (8), pp. 1758–1764. DOI:10.2527/jas.2007-0132

15. Dwyer, C.M., Conington, J., Corbiere, F., Holmøy, I.H., Muri, K., Nowak, R., Rooke, J., Vipod, J., Gautier, J.-M. (2016). Invited review: Improving neonatal survival in small ruminants: Science into practice. *Animal*, Vol. 10 (3), pp. 449–459. DOI:10.1017/S1751731115001974

16. Chauhan, I.S., Misra, S.S., Kumar, A., Gowane, G.R. (2019). Survival analysis of mortality in pre-weaning kids of Sirohi goat. *Animal*, Vol. 13 (12), pp. 2896–2902. DOI:10.1017/S1751731119001617

17. Kramarenko, S.S., Luhovyi, S.I., Lykhach, A.V., Kramarenko, O.S. (2019). Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn: navchalnyi posibnyk [Analysis of biometric data in animal breeding and selection: a tutorial]. *Mykolaiv: MNAU*, 211 p. (in Ukrainian).

18. Petrovska, I., Salyha, Y., Vudmaska, I. (2022). Statystychni metody v biolohichnykh doslidzhenniakh: navchalno-metodychnyi posibnyk [Statistical methods in biological research: educational and methodological manual]. *Kyiv: Agrarian Science*, 172 p. (in Ukrainian).

19. Amiri, S., Puillet, L., Huau, C., Fossier, T., Rupp, R., Friggens, N.C. (2023). Analysis of reproduction success, growth and milk trajectories and response to nutritional challenge in two Alpine goat lines selected on divergent longevity. *Animal*, Vol. 17 (11). DOI:10.1016/j.animal.2023.101004

20. Đuričić, D., Žaja, I.Ž., Benić, M., Sukalić, T., Kovačić, M., Samardžija, M. (2021). Relationship between reproductive performance and meteorological variables in French Alpine goats in the north-western part of Croatia. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, Vol. 9, 2110 p. DOI:10.31893/jabb.21010

21. Maksimović, N., Bauman, F., Petrović, M.P., Caro Petrović, V., Ružić-Muslić, D., Mićić, N., Milošević-Stanković, I. (2015). Productive characteristics and body measurements of alpine goats raised under smallholder production systems in central Serbia. *Biotechnology in Animal Husbandry*, Vol. 31 (2), pp. 245–253. DOI:10.2298/BAH1502245M

22. Ceyhan, A., Çinar, M., Serbest, U. (2022). Kid growth performance and reproductive character-

istics of Hair goats raised under breeder conditions. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, Vol. 46 (4), pp. 592–598. DOI:10.55730/1300-0128.4230

23. Masliuk, A.M. (2017). Otsinka molochnykh porid kiz za zhyvoiu masoiu ta vysotoiu v kholtsi [The evaluation of the breeds of dairy goats according to the live weight and height of the withers]. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova»* [Scientific Bulletin «Askaniia-Nova»]. Vol. 10, pp. 65–74. (in Ukrainian).

24. Mandal, A., Naser, F.W.C., Rout, P.K., Roy, R., Notter, D.R. (2006). Genetic parameters for direct and maternal effects on body weights of Muzaffarnagari sheep. *Animal Science*, Vol. 82 (2), pp. 133–140. DOI:10.1079/ASC200531

25. Sliusarenko, V.S. (2023). Intensyvni rost molodniaku kiz molochnoho napriamu produktyvnosti v umovakh stepovoi zony Ukrainy [Growth intensity of young dairy goats in the steppe zone of Ukraine]. *Biointensyvni ta SMART-tehnologii u tvarynytsi: materialy II mizhnar. nauk.-prakt. konf. NPP ta molodykh naukovtsiv* (Odesa, 29–30 chervnia 2023 r.) [Biointensive and SMART-technologies in animal husbandry: materials of the II International scientific and practical conference of researchers and young scientists. Odesa, June 29–30, 2023]. Odesa: OSUE, pp. 96–98. Available at: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/handle/123456789/4207> (Accessed on 26.03.2025) (in Ukrainian).

Weight growth of imported alpine goats and their offspring in the conditions of the Prykarpattia region

Hladii M., Kuziv M., Fedorovych Ye., Kuziv N., Chokan T.

The article presents the results of research on the live weight of imported Alpine goats of French breeding and their offspring in the conditions of the Prykarpattia region. The research was conducted at the farm “Dobra Korivka” in Lviv of Ukraine on imported Alpine goats of French breeding and their first-generation offspring through a retrospective analysis of zootechnical accounting data. In 2021, the farm was granted the status of a breeding reproducer for Alpine goats.

It was found that the imported goats and their offspring demonstrated a high live weight during the growing period, reaching 37.4 kg and 38.2 kg, respectively, at one year of age. The live weight of newborn imported goats was 3.9 kg, which was 0.1 kg more than that of their offspring ($P < 0.01$). Up to 4 months of age, imported animals had a higher live weight, but from 5 months onward, they were inferior to their offspring, with all differences being statistically significant ($P < 0.01–0.001$). In our opinion, the lower live weight of imported animals compared to their offspring from 5 months of age onward can be attributed to the stress experienced during transportation and adaptation to new conditions, as the goats were imported at 4 to 4.5 months of age. The coefficient of inheritance of live weight by «mother-daughter» type among newborn

goats was 0.12; at 3 months of age – 0.25; at 6 months – 0.07; at 9 months – 0.06; and at 12 months – 0.05. Regarding absolute live weight gain, imported animals exceeded their offspring in the periods from birth to 3 months and from 6 to 9 months but behind in the period from 3 to 6 months and over the entire rearing period. The average daily live weight gain of the studied animals from birth to 3 months was 141.1–143.0 g, from 3 to 6 months – 82.7–94.4 g, from 6 to 9 months – 93.9–95.4 g, from 9 to 12 months – 53.7–54.1 g and from birth to 12 months – 110.1–113.4 g. Significant differences in average

daily live weight gain were observed in the age range from 3 to 6 months and over the entire period from birth to one year, favoring of offspring. Regarding the relative growth rate and intensity of live weight gain, imported animals were significantly inferior to their offspring up to 6 months of age. However, after this period, they showed superiority, though the advantage was significant only in terms of live weight growth intensity in the period from 6 to 9 months.

Key words: breeding, goats, Alpine breed, live weight, live weight growth intensity, coefficient of inheritance.



Copyright: Гладій М.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:

Гладій М.В.

Кузів М.І.

Федорович Є.І.

Кузів Н.М.

Чокан Т.В.

<https://orcid.org/0000-0001-5506-7139>

<https://orcid.org/0000-0002-5648-2059>

<https://orcid.org/0000-0002-9910-7902>

<https://orcid.org/0000-0003-0030-8665>

<https://orcid.org/0009-0003-8605-3612>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.2:637.1:577.112:575

Склад молочного білка у корів різних генетичних груп

Ластовська І.О.¹ , Борщ О.В.¹ , Гришко В.А.¹ , Прудніков В.Г.² ,
Гаюк Н.В.¹ , Матвеев М.А.³ , Борщ О.О.¹ 

¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Державний біотехнологічний університет³ Національний університет біоресурсів і природокористування України E-mail: Гаюк Н.В. gayukn_14@ukr.net; Борщ О.О. borshcha@outlook.com

Ластовська І.О., Борщ О.В., Гришко В.А.,
Прудніков В.Г., Гаюк Н.В., Матвеев М.А.,
Борщ О.О. Склад молочного білка у корів
різних генетичних груп. Збірник науко-
вих праць «Технологія виробництва і пе-
реробки продукції тваринництва», 2025.
№ 1. С. 15–23.

Lastovska I., Borshch O., Grishko V., Prud-
nikov V., Haiuk N., Matveiev M., Borshch O.
Composition of milk protein in cows of dif-
ferent genetic groups. «Animal Husbandry
Products Production and Processing», 2025.
№ 1. PP. 15–23.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-15-23

Метою цієї роботи було вивчити вплив схрещування корів айрширської породи фінської селекції з бугаями норвезької червоної породи в умовах помірного клімату України на вміст незамінних амінокислот та їх біологічну цінність. Дослідження проводили на комерційній фермі у Полтавській області на коровах породи фінський айршир та їх помісних із норвезькою червоною породою.

На фермі корів утримують безприв'язно у легкозбірному приміщенні на глибокій довгонезмінюваній солом'яній підстилці. Доїння відбувається двічі на добу у доїльному залі на установці «Паралель» 2×12. Для дослідження було сформовано групи чистопородних (n=16) та помісних (n=20) корів першої лактації. Тварини перебували на третьому місяці лактації (74±17) діб та були нетільними. Використання міжпородного схрещування фінських айрширів із норвезькою червоною породою позитивно вплинуло на білковий склад молока помісних. Для білка молока фінських айрширів першою лімітуючою (нижчою за рекомендований вміст в еталонному білку) амінокислотою був метіонін + цистин (впливає на швидкість утворення згустку при сироварінні), вміст якого становив 96,3 %. У білку молока помісних корів не було виявлено амінокислот, в яких скор був менш ніж 100 %. Найбільш надлишковими були фенілаланін + тирозин – 143,7 % та лейцин – 122,1 %, котрі є ароматичними амінокислотами та впливають на смакові властивості молока. Білок молока помісних характеризувався дещо вищою величиною сумарного коефіцієнта утилітарності порівняно з чистопородними аналогами (на 12,77 %). Також амінограма групи помісних була найближчою до «ідеальної». За трьома досліджуваними функціональними групами амінокислот дещо переважали поміси фінського айршира з норвезькою червоною породою порівняно з чистопородними айрширами. Найкращим за білковим складом було молоко помісних фінських айрширів та норвезьких червоних, що дає підстави вважати його більш придатним для виробництва сирів і кисломолочних продуктів порівняно з чистопородними аналогами.

Ключові слова: молочні корови, порода, міжпородне схрещування, молочний білок, амінокислоти.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сьогодні однією з актуальних проблем у молочному скотарстві є отримання сировини (молока), придатної для подальшого перероблення з високим вмістом компонентів, що характеризують її якість. Склад молока обумовлений генотиповими факторами, а також залежить від фенотипових факторів таких як вік, стадія лактації, тип годівлі, пора року, кліматичні умови, спосіб та умови утримання тощо [19, 21]. Поряд з основними показниками якості молока як-от масова частка жиру, білка, лактози та сухої речовини, не менш важливими є його мінеральний, білковий, жирнокислотний склад та антиоксидантні властивості [4, 11, 24, 26]. Знання цих показників дає змогу визначити придатність молочної сировини до перероблення на певні види продукції [1, 23].

Для швидкого поліпшення продуктивних і відтворних ознак та поліпшення якісного складу молока у селекції молочного скотарства останнім часом дедалі частіше застосовують міжпородне схрещування [5, 13]. Особливо це стосується найбільш розповсюдженої у світі голштинської породи [3]. Проте кросбридинг застосовують і з використанням менш розповсюджених (локальних) порід залежно від природно-кліматичної зони [6, 8].

Айрширська та норвезька червона породи корів не належать до найбільш розповсюджених за чисельністю та рівномірністю розподілу за континентами, проте часто використовуються під час виведення локальних порід, або за помісного схрещування з представниками виду *Bos taurus* та підвиду *Bos indicus* для поліпшення відтворних ознак, резистентності до незаразних хвороб, чутливості до низьких температур та поліпшення якісного складу молока [10]. Ці породи досить часто використовують і в трипородному кросбридингу [25].

Дослідження, проведені у ряді африканських країн із використанням схрещування місцевої худоби з айрширською, свідчать про зниження продуктивності у помісей першого покоління порівняно з айрширською породою, однак відтворні ознаки та виживання телят зазвичай були кращими [7; 12].

Група ізраїльських вчених повідомляє про кращі показники отелень та відтворних ознак у помісей норвезька червона × ізраїльський голштин порівняно з чистопородними голштинами [20]. Ezra et al. (2016) зазначають, що чистопородні голштини переважали як за надоями молока, так і за кількістю жиру і білка у молоці помісей норвезька червона ×

голштин. Водночас у помісей були вищі значення оцінки вгодованості тіла [9].

Про поліпшення технологічних характеристик молока у разі застосування міжпородного схрещування айрширської та норвезької червоної порід повідомляють групи науковців із Європи [2, 18], Азії [21], Африки [10], Північної Америки [13, 15], Океанії [16]. Вони зазначають, що потомство, отримане у результаті схрещування корів голштинської та інших порід з айрширською та норвезькою червоною, має кращі показники відтворення, виживання телят, легкості отелень, тривалості продуктивного використання, здоров'я кінцівок та якості молока.

Помірні зони (Європа, Північна Америка, Нова Зеландія). Чисті породи або тварини від дво- та трипородного схрещування (наприклад, норвезька червона × голштинська; айрширська × голштинська для покращення вмісту сухої речовини в молоці та витривалості) добре інтегруються в існуючі системи завдяки здатності переносити як стійлове, так і пасовищне утримання. Значної взаємодії генотип × система утримання не було виявлено для жодного з досліджених варіантів щодо споживання корму або виробництва молока за повну лактацію. Корови голштинської породи мали вище загальне споживання сухої речовини, ніж корови породи SR × J/HOL на ранній лактації, але не наприкінці лактації. Хоча корови породи HOL мали вищий надій молока за лактацію, ніж корови породи SR × J/HOL, останні давали молоко з вищим вмістом жиру та білка, а, отже, співвідношення жиру та білка не залежало від генотипу. Молоко, вироблене коровами породи SR × J/HOL, мало вищий ступінь насичення жирними кислотами, ніж молоко, вироблене коровами породи HOL, а також вищий бал соматичних клітин молока, виробленого першими [28]. Дослідження порівнює першу лактаційну продуктивність норвезьких червоних корів у кросах із традиційними породами в молочних системах Нової Зеландії, виявляючи нижчу загальну продуктивність норвезького кросу порівняно з голштинськими та джерсейськими коровами, але без значних відмінностей у стійкості лактації та кількості соматичних клітин [29].

Холодні та гірські зони (Скандинавія, деякі гірські регіони). Норвезька червона є ідеальною завдяки своїй природній стійкості до низьких температур і здатності ефективно використовувати грубі корми.

Обидві породи демонструють стабільну продуктивність навіть за несприятливих

умов. Міцні кінцівки та легкість отелень важливі для пересування складною місцевістю. Норвезько-червоні корови мали нижчий бал соматичних клітин, ніж корови HF протягом усіх лактацій. Хоча корови NR мали вищий показник здоров'я, ніж корови HF протягом 1-ї та 2-ї лактацій, не існувало жодних доказів того, що ці два генотипи втрачали або набували фізичної форми з різною швидкістю. Частота зачаття до першого штучного запліднення була вищою у корів NR протягом лактацій з 1-ї по 4-ту (57,8 % проти 40,9 % відповідно), водночас 28,5 % корів HF та 11,8 % корів NR були вибраковані як безплідні до 6-ї лактації [30].

Теплі та посушливі/напівзасушливі зони (частини Австралії, Південна Європа, Близький Схід, Кенія). Айрширська та норвезька червона активно використовуються в кросбридингу з місцевими Зебу-подібними породами (*Bos indicus*), які є високостійкими до спеки, вологості та тропічних хвороб. Метою є отримання схрещених тварин (F1 або F2 покоління), які поєднують високу молочну продуктивність європейських порід з витривалістю та адаптованістю місцевих порід. Це дозволяє створювати «середній тип» худоби, придатний для тропічних умов.

Порівнювали ротаційні схрещування айрширської та сахівальської породи, схрещування між ними (індійські породи) та схрещування, отримані від корів породи Brown Swiss від ротаційних схрещувань. Ротаційні схрещування корів породи Айршир давали на 4,8 % більше молока протягом лактації, яка була на 19 днів довша, та з міжотельним інтервалом на 14 днів довше, ніж від корів породи Sahiwal [31].

Особливості дослідження міжпородного схрещування із застосуванням айрширської та норвезької червоної порід, особливо в контексті покращення функціональних ознак та якості молока. Нова інформація від різних груп науковців з Європи, Азії, Африки, Північної Америки та Океанії підкреслює, що потомство від схрещування корів голштинської та інших порід з айрширською та норвезькою червоною демонструє кращі показники відтворення, виживання телят, легкості отелень, тривалості продуктивного використання, здоров'я кінцівок та загальної якості молока. Це розширює розуміння потреби у кросбридингу, вказуючи на комплексне покращення, що виходить за межі лише молочної продуктивності. Наприклад, покращення показників відтворення та легкості отелень є критично важливими для ефективності

молочного виробництва в будь-якому кліматі. Водночас, незважаючи на широке вивчення впливу схрещування на загальну якість молока, відсутні конкретні літературні згадки про вплив схрещування айрширської з норвезькою червоною породою саме на показники вмісту жиру, білка, лактози та незамінних амінокислот. Це свідчить про потенційну прогалину в дослідженнях, яка потребує подальшого вивчення для оптимізації молочного виробництва через кросбридинг.

Метою цієї роботи було вивчити вплив схрещування фінських айрширів з норвезькою червоною породою в умовах помірного клімату України на показники якості молока, вміст у ньому незамінних амінокислот та їх біологічну цінність.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили у центральній частині України (Полтавська область 49°11'52" пн. ш., 28°43'29" сх. д.) на чистопородних коровах породи фінський айршир і помісях першого покоління, отриманих в результаті схрещування з норвезькою червоною породою. На фермі корів утримували безприв'язно у легкозбірному приміщенні на глибокій довгонезмінюваній соломяній підстилці. Доїння відбувалося двічі на добу у доїльному залі на установці «Паралель» 2×12. Для проведення досліджень було сформовано дві дослідні групи корів: чистопородних (айрширська, n=16) та помісних (айрширська × норвезька червона, n=20) первісток першої лактації за принципом груп аналогів. Тварини в обох дослідних групах перебували на третьому місяці лактації 74±17 діб. Середня жива маса корів дослідної групи (айрширська), становила 481,3±6,34 кг, добовий надій молока 25,3±1,68 кг жирністю 4,3±0,35 %. Середня жива маса корів дослідної групи (айрширська × норвезька червона), становила 478,8±6,52 кг, добовий надій молока 24,8±1,91 кг, жирністю 4,3±0,38 %.

За період експерименту годівля корів обох дослідних груп була ідентичною. Тваринам згодовували збалансований добовий раціон у вигляді монокорму з урахуванням фізіологічних параметрів організму, віку та продуктивності (табл. 1–3).

Таблиця 1 – Склад добового раціону (монокорму) для корів дослідних груп

Корм	кг
Солома пшенична	1,3
Силос кукурудзяний	22
Сінаж люцерновий	9
Меляса	0,6
Комбікорм	9

Таблиця 2 – Склад комбікорму у добовому раціоні (монокормі) для корів дослідних груп

Склад комбікорму, %	
Ячмінь	8,7
Кукурудза	35,0
Пшениця	11,9
Шрот соняшнику	11,1
Макуха сої	21,5
Лушпиння сої	8,0
Крейда	0,5
Сіль	0,8
Буферна добавка	1,0
Премікс	1,5

Таблиця 3 – Поживність раціону для корів дослідних груп

Суша речовина, кг	18,870
Обмінна енергія, Мдж	10,9
Сирий протеїн, кг/кг СР	157
Крохмаль, г /кг СР	221
Цукор, г/кг СР	31
Нейтрально детергентна клітковина, г/кг СР	359
Кислотно детергентна клітковина, г/кг СР	220
Сирий жир, г/кг СР	36
Сира клітковина, г/кг СР	187
Протеїн, що швидко ферментується у рубці, г/кг СР	59
Перетравний протеїн, г/кг СР	103
Mg, г/кг СР	4,0
K, г/кг СР	15,0
P, г/кг СР	3,8
Na, г/кг СР	2,4
Ca, г/кг СР	7,6

Відбір проб молока проводили упродовж двох суміжних діб під час ранкового та вечірнього доїння.

Оптимальне співвідношення незамінних амінокислот білка молока корів досліджуваних груп визначали, порівнюючи їх уміст з амінограмою стандартної форми (за метіоніном+цистином) «ідеального» білка курячого яйця [24]. Амінокислотний склад білків молока визначали у період роздою – оцінювали методом капілярного електрофорезу з використанням системи капілярного електрофорезу «Капель-105/105М» (Україна). Метод базується на розкладанні проб кислотним гідролізом з їх переходом у вільні форми фенілтиокарбамільних похідних (ФТК-похідних), подальшому їх розділенні і кількісному визначенні методом капілярного електрофорезу. Детектування проводили в УФ-ділянці спектру за довжини хвилі $\lambda = 254$ нм.

Біологічну повноцінність (БП) білків молока оцінювали за загальною масою НЗАК г/100 г білка. У роботі проведено розрахунок сумарного вмісту НЗАК щодо кількості в «ідеальному» білку та виконано оцінювання БП з урахуванням амінокислотного скору. Амінокислотний скор (АКС, %) молочного білка обчислювали за відсотковим співвідношенням кожної із НЗАК в білку молока щодо її вмісту в «ідеальному» білку:

$$АКС = \frac{\text{мг АК в 1 г білка молока}}{\text{мг тієї ж АК в 1 г «ідеального» білка}} \times 100 \quad (1)$$

Для визначення вмісту АК в «ідеальному» білку використовували шкалу відповідності ФАО/ВООЗ, (мг/г білка) (табл. 4).

Таблиця 4 – Шкала відповідності ФАО/ВООЗ

Незамінна амінокислота	мг НЗАК* в 1 г «ідеального» білка
Валін	50
Ізолейцин	40
Лейцин	70
Лізин	55
Метіонін+цистин	35
Треонін	40
Триптофан	10
Фенілаланін	60

Примітка: * – НЗАК – незамінні амінокислоти.

Біологічну повноцінність білка молока визначали також за скоригованим за лімітуючою АК коефіцієнтом засвоєння (PDCAAS) – (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score), рекомендованим для оцінювання якості білків об'єднаною експертною радою ФАО/ВООЗ.

$$PDCAAS, \% = \frac{\text{мг лімітуючої АК в 1 г білка молока}}{\text{мг тієї ж АК в 1 г «ідеального» білка}} \times \text{КП} \times 100, \quad (2)$$

де PDCAAS – АКС, скоригований за лімітуючою амінокислотою;

КП – коефіцієнт перетравності білка (95 %).

На основі отриманих даних було обчислено коефіцієнт сумарної утилітарності НЗАК білків молока (Ку):

$$K_y = \frac{\sum (\text{вміст іНЗАК} \times \text{АКС} \times \text{іНЗАК} \times a_i \text{НЗАК})}{\sum \text{вміст НЗАК мг/г білка молока}}, \quad (3)$$

де іНЗАК – кожна НЗАК (мг/г білка);

$\text{АКС}_i \times \text{НЗАК}$ – амінокислотний скор кожної амінокислоти;

a_i – коефіцієнти утилітарності кожної АК.

Для з'ясування оптимальних співвідношень між НЗАК білка молока корів досліджуваних порід проводили порівняння їх вмісту з амінограмою еталонного зразка (за метеоніном+цистином) «ідеального» білка курячого яйця (за даними ФАО/ВООЗ) (табл. 5). Побудову АК формули проводили за методом А. А. Покровського.

Отримані дані обробляли методом варіаційної статистики на основі розрахунку середнього арифметичного, середньоквадратичної похибки та достовірності різниці між порівнюваними показниками. Достовірність отриманих результатів і різницю між показниками визначали за *t*-критерієм Стюдента.

Результати дослідження та обговорення. Відповідно до рекомендацій ФАО/ВООЗ, задля визначення біологічної цінності білків молока прийнято порівнювати амінокислотний склад досліджуваних білків з їх вмістом в «ідеальному» білку. Водночас важливо, щоб у досліджуваному білку було не лише достатньо НЗАК, а й співвідношення між окремими незамінними амінокислотами було максимально наближеним до співвідношення в білках тіла людини. Амінокислотний скор

(АКС, %) молочного білка для різних генотипів тварин представлено в таблиці 6. Для білка молока фінських айрширів першою лімітуючою амінокислотою був метіонін + цистин (впливає на швидкість утворення згустку при сироварінні), вміст якого становив 96,3 % від їх величини за шкалою адекватності в «ідеальному білку». У білку молока помісних корів не було виявлено амінокислот, в яких скор був меншим 100 %, тобто, вміст кожної НЗАК відповідав вимогам потреб людини в еталонному білку. Найбільш надлишковими були фенілаланін + тирозин – 143,7 % та лейцин – 122,1 %, котрі є ароматичними амінокислотами та впливають на смакові властивості молока.

У літературних джерелах повідомляється про вплив кросбридингу на амінокислотний склад молока у помісей першого покоління при схрещуванні представників виду підвиду *Bos indicus* та підродино *Bovinae*. Результати досліджень [27] вказують на те, що у помісних корів Нгуні з локальними південноафриканськими коровами білковий склад за вмістом метіоніну, треоніну, тирозину, гліцину та проліну був нижчим, ніж у чистопородних корів породи Нгуні.

Таблиця 5 – Оптимальна амінокислотна формула білка (метіонін+цистин) за рекомендаціями ФАО/ВООЗ

Показник	Амінокислота						
	Метіонін	Ізолейцин	Треонін	Валін	Лізин	Фенілаланін+ тирозин	Лейцин
Оптимальна формула за білком курячого яйця	1,0	1,14	1,14	1,43	1,57	1,71	2,00

Таблиця 6 – Амінокислотний склад білка молока корів різних генотипів порівняно з «ідеальним» білком, мг/г

Незамінні амінокислоти	Вміст НЗАК в «ідеальному» білку, мг/г ¹	Порода, помісне сполучення			
		Айршир		Айршир × норвезька червона	
		НЗАК, мг/г	АКС, %	НЗАК, мг/г	АКС, %
Лізин	55	60,3±0,48	109,6	62,8±0,17***	114,2
Метіонін + цистин	35	33,7±0,35	96,3	36,0±0,62***	108,8
Треонін	40	43,4±0,12	108,5	43,8±0,37	109,5
Валін	50	54,3±0,23	108,6	56,1±0,40**	112,2
Лейцин	70	83,8±0,57	119,7	85,5±0,39*	122,1
Ізолейцин	40	44,2±0,34	110,5	46,4±0,31***	116,0
Фенілаланін + тирозин	60	82,1±0,78	136,8	86,2±0,93***	143,7

Примітки: ¹ – шкала ФАО/ВООЗ відповідності НЗАК щодо потреб людини;

* – $P>0,95$; ** – $P>0,99$; *** – $P>0,999$ порівняно з групою чистопородних фінських айрширів.

Важливим показником, котрий характеризує біологічну повноцінність білків, є їх засвоєння (утилітарність). Коефіцієнт утилітарності (K_u) амінокислотного складу характеризує збалансованість НЗАК щодо фізіологічно необхідної норми (еталонного значення). Чим вище значення коефіцієнта утилітарності, тим краще збалансовано амінокислоти білка і тим раціональніше вони можуть бути використані організмом [26]. Результати розрахунку коефіцієнта утилітарності кожної із НЗАК білка молока корів різних порід наведено в таблиці 7. Величина сумарного коефіцієнта утилітарності вказує на високий рівень збалансованості амінокислотного складу у корів обох досліджених груп. Тобто, вміст НЗАК білка, котрі використовуються для конструктивних потреб організму людини, достатньо високий. Дещо більшу величину сумарного коефіцієнта утилітарності виявлено у помісей фінських айрширів з норвезькою червоною породою – 108,80 %, що на 12,77 % вище, ніж у чистопородних фінських айрширів.

Порівняно з амінограмою «ідеального білка», молоко корів досліджуваних порід не містить амінокислот, співвідношення яких менше оптимального (табл. 8). Найближчою до «ідеальної» була амінограма молочного білка корів помісей фінських айрширів із норвезькою червоною, а максимальні відмінності спостерігали в амінограмі білка молока чистопородних фінських айрширів.

Однією із найважливіших серед компонентів білків молока вважають функціональну групу імуноактивних амінокислот, які крім того, що формують імуноактивні білки організму, прискорюють вироблення Т-лімфоцитів, специфічних антитіл, також мають власну імунологічну активність і є перспективними як імуномодулятори. До них належать сірковмісні, моноаміномонокарбонові та ароматичні. За цими трьома досліджуваними функціональними групами амінокислот мали деяку перевагу помісі фінського айршира з норвезькою червоною порівняно з чистопородними айрширами (табл. 9).

Таблиця 7 – Коефіцієнти утилітарності (K_u) НЗАК білка молока корів різних генотипів

Незамінна амінокислота	Порода, помісне сполучення	
	Айршир	Айршир × Норвезька червона
Лізин	0,88	0,95
Метіонін + цистин	1,00	1,00
Треонін	0,89	0,99
Валін	0,88	0,97
Лейцин	0,80	0,89
Ізолейцин	0,87	0,94
Фенілаланін + тирозин	0,70	0,76
Сумарний K_u	96,03	108,80

Таблиця 8 – Амінокислотна формула молока корів різних генотипів за метіоніном+цистином, відповідно до потреб людини, рекомендована ФАО/ВООЗ

Порода, помісне сполучення	Амінокислотна формула молока						
	Met+Cys	Lys	Thr	Val	Leu	Ile	Phe+Tyr
«Ідеальний» білок (білок курячого яйця), ФАО/ВООЗ	1,0	1,57	1,14	1,43	2,00	1,14	1,71
Айршир	1,0	1,79	1,29	1,61	2,48	1,31	2,43
Айршир × норвезька червона	1,0	1,74	1,21	1,56	2,37	1,29	2,39

Таблиця 9 – Вміст амінокислот (за функціональною групою) білка у молоці корів різних генотипів, мг/г

Функціональна група	Порода, помісне сполучення	
	Айршир	Айршир × норвезька червона
Σ Сірковмісні	33,7±0,83	36,0±0,46***
Σ Моноаміномонокарбонові	182,3±2,81	188,0±2,74**
Σ Ароматичні	82,1±1,62	86,2±0,87**

Примітки: ** – $P > 0,99$; *** – $P > 0,999$ порівняно з групою чистопородних фінських айрширів.

Найбільшу різницю спостерігали за сумою моноаміномонокарбонових амінокислот – 5,7 мг/г, та дещо нижчу – за сірковмісними і ароматичними амінокислотами – 2,3 та 4,1 мг/г, відповідно.

Висновки. Використання міжпородного схрещування великої рогатої худоби айрширської породи фінської селекції із норвезькою червоною породою позитивно вплинуло на білковий склад молока. Білок молока помісних корів мав вищу біологічну цінність порівняно з чистопородними тваринами. Для білка молока корів фінських айрширів першою лімітуючою амінокислотою був метіонін + цистин, вміст якого складав 96,3 %. Білок молока помісних корів не містив амінокислот, скор яких був меншим, ніж 100 %. У ньому встановлено вищу величину сумарного коефіцієнта утилітарності – на 12,77 % порівняно з чистопородними фінськими айрширами. Молочний білок корів досліджуваних порід не містить амінокислот, співвідношення яких менше оптимального, згідно з амінокислотою формулою відповідності потребам людини за ФАО/ВООЗ. Найкращим за білковим складом було молоко помісей фінських айрширів та норвезьких червоних, що дає підстави вважати його більш придатним для виробництва сирів і кисломолочних продуктів порівняно з чистопородними аналогами.

REFERENCES

1. Amalfitano, N., Stocco, G., Maurmayr, A., Pegolo, S., Cecchinato, A., Bittante, G. (2020). Quantitative and qualitative detailed milk protein profiles of 6 cattle breeds: Sources of variation and contribution of protein genetic variants. *Journal of dairy science*, 103 (12), pp. 11190–11208. DOI:10.3168/jds.2020-18497
2. Benak, S., Bobić, T., Bilandžija, K., Steiner, Z., Aračić, A., Gregić, M., Gantner, V. (2020). The differences in production of Holstein Friesian and Holstein Friesian x Norwegian Red F1 crossbreeds. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 70 (4), pp. 284–291. DOI:10.15567/mljekarstvo.2020.0406
3. Berry, D.P. (2021). Invited review: Beef-on-dairy – The generation of crossbred beef× dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 104 (4), pp. 3789–3819. DOI:10.3168/jds.2020-19519
4. 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
5. Borshch, O., Kosior, L., Lastovska, I., Pirova, L. (2019). The influence of crossbreeding on the protein composition, nutritional and energy value of cow milk. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25 (1), pp. 117–123.
6. Borshch, O., Ruban, S., Malyna, V., Fedorchenko, M., Kosior, L., Korol'-Bezpala, L. (2021). Productivity, milk composition and reasons for leaving the herds of Ukrainian local cows and their crossbreeds with Brown Swiss and Montbeliarde breeds during five lactations. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 48 (2), pp. 205–216.
7. Chenyambuga, S.W., Mseleko, K.F. (2009). Reproductive and lactation performances of Ayrshire and Boran crossbred cattle kept in smallholder farms in Mufindi district, Tanzania. *Livestock Research for Rural Development*, 21 (7), 100 p.
8. Cielava, L., Jonkus, D., Paura, L. (2017). The effect of cow reproductive traits on lifetime productivity and longevity. *International Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 11 (3), pp. 220–223.
9. Ezra, E., Van Straten, M., Weller, J.I. (2016). Comparison of pure Holsteins to crossbred Holsteins with Norwegian Red cattle in first and second generations. *Animal*, 10 (8), pp. 1254–1262. DOI:10.1017/S1751731116000239
10. Galukande, E., Mulindwa, H., Wurzinger, M., Roschinsky, R., Mwai, A. O., Sölkner, J. (2013). Cross-breeding cattle for milk production in the tropics: achievements, challenges and opportunities. *Livestock Science*, 150 (1–2), pp. 111–125. DOI:10.1017/s2078633612000471
11. Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Laskowski, W., Czczotko, M. (2019). Milk and dairy products and their nutritional contribution to the average polish diet. *Nutrients*, 11 (8), 1771 p. DOI:10.3390/n11081771
12. Hatungumukama, G., Sidikou, D.I., Leroy, P., Detilleux, J. (2007). Effects of non-genetic and crossbreeding factors on daily milk yield of Ayrshire×(Sahiwal× Ankole) cows in Mahwa station (Burundi). *Livestock Science*, 110 (1–2), pp. 111–117. DOI:10.1016/j.livsci.2006.10.010
13. Hazel, A.R., Heins, B.J., Hansen, L.B. (2021). Herd life, lifetime production, and profitability of Viking Red-sired and Montbeliarde-sired crossbred cows compared with their Holstein herd mates. *Journal of Dairy Science*, 104 (3), pp. 3261–3277.
14. Heins, B.J., Hansen, L.B. (2012). Fertility, somatic cell score, and production of Normande× Holstein, Montbeliarde× Holstein, and Scandinavian Red× Holstein crossbreeds versus pure Holsteins during their first 5 lactations. *Journal of dairy science*, 95 (2), pp. 918–924. DOI:10.3168/jds.2016-11860
15. Heins, B.J., Hansen, L.B. (2012). Short communication: Fertility, somatic cell score, and production of Normande × Holstein, Montbeliarde × Holstein, and Scandinavian Red × Holstein crossbreeds versus pure Holsteins during their first 5 lactations. *Journal of Dairy Science*, 95, pp. 918–924.
16. Lopez-Villalobos, N., Blair, H.T., Garrick, D.J. (2021). Cumulative dairy cow genetic change from selection and crossbreeding over the last 2 decades in New Zealand closely aligns to model-based predictions published in 2000. *JDS communications*, 2 (2), pp. 51–54. DOI:10.3168/jdsc.2020-0043

17. Mapekula, M., Chimonyo, M., Mapiye, C., Dzama, K. (2011). Fatty acid, amino acid and mineral composition of milk from Nguni and local crossbred cows in South Africa. *Journal of food Composition and Analysis*, 24 (4–5), pp. 529–536. DOI:10.1016/j.jfca.2011.01.014
18. McClearn, B., Delaby, L., Gilliland, T.J., Guy, C., Dineen, M., Coughlan, F., McCarthy, B. (2020). An assessment of the production, reproduction, and functional traits of Holstein-Friesian, Jersey× Holstein-Friesian, and Norwegian Red×(Jersey× Holstein-Friesian) cows in pasture-based systems. *Journal of Dairy Science*, 103 (6), pp. 5200–5214. DOI:10.3168/jds.2019-17476
19. McDermott, A., De Marchi, M., Berry, D.P., Visentin, G., Fenelon, M.A., Lopez-Villalobos, N., McParland, S. (2017). Cow and environmental factors associated with protein fractions and free amino acids predicted using mid-infrared spectroscopy in bovine milk. *Journal of Dairy Science*, 100 (8), pp. 6272–6284.
20. Rinell, E., Heringstad, B. (2018). The effects of crossbreeding with Norwegian Red dairy cattle on common postpartum diseases, fertility and body condition score. *Animal*, 12 (12), pp. 2619–2626. DOI:10.1017/S17517311180 0037X
21. Ruban, S., Borshch, O.O., Borshch, O.V., Orischuk, O., Balatskiy, Y., Fedorchenko, M., Zlochevskiy, M. (2020). The impact of high temperatures on respiration rate, breathing condition and productivity of dairy cows in different production systems. *Animal Science Papers and Reports*, 38 (1), pp. 61–72.
22. Saravanan, K.A., Panigrahi, M., Kumar, H., Parida, S., Bhushan, B., Gaur, G.K., Singh, R.K. (2021). Genomic scans for selection signatures revealed candidate genes for adaptation and production traits in a variety of cattle breeds. *Genomics*, 113 (3), pp. 955–963. DOI:10.1016/j.ygeno.2021.02.009
23. Stojanovska, S., Tomovska, J., Krstanovski, A., Tasevska, J., Menkovska, M. (2018). Amino acid asparagine intake through milk enriched with supplements. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 7 (4), pp. 392–394. DOI:10.15414/jmbfs.2018.7.4.392-394
24. Tham, P.E., Ng, Y.J., Sankaran, R., Khoo, K.S., Chew, K.W., Yap, Y.J., Show, P.L. (2019). Recovery of protein from dairy milk waste product using alcohol-salt liquid biphasic flotation. *Processes*, 7 (12), 875 p. DOI:10.3390/pr7120875
25. VanRaden, P.M., Tooker, M.E., Chud, T.C.S., Norman, H.D., Megonigal Jr, J.H., Haagen, I.W., Wiggans, G.R. (2020). Genomic predictions for crossbred dairy cattle. *Journal of dairy science*, 103 (2), pp. 1620–1631.
26. Wang, F., Shi, H., Wang, S., Wang, Y., Cao, Z., Li, S. (2019). Amino acid metabolism in dairy cows and their regulation in milk synthesis. *Current drug metabolism*, 20 (1), pp. 36–45. DOI:10.2174/1389200219666180611084014
27. Who, J. (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. *World Health Organization technical report series*. (935), 1 p.
28. Ferris, C.P., Purcell, P.J., Gordon, A.W., Larsen, T., Vestergaard, M. (2018). Performance of Holstein and Swedish-Red× Jersey/Holstein crossbred dairy cows within low-and medium-concentrate grassland-based systems. *Journal of Dairy Science*, 101 (8), pp. 7258–7273.
29. Curry, B.A., Dukkupati, V.R., López-Villalobos, N. (2024). Comparative study of first lactation performance of Norwegian Red crossbred cows with traditional breeds in New Zealand dairy systems. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, pp. 1–6.
30. Ferris, C.P., Patterson, D.C., Gordon, F.J., Watson, S., Kilpatrick, D.J. (2014). Calving traits, milk production, body condition, fertility, and survival of Holstein-Friesian and Norwegian Red dairy cattle on commercial dairy farms over 5 lactations. *Journal of dairy science*, 97 (8), pp. 5206–5218.
31. Thorpe, W., Morris, C.A., Kang'Ethe, P. (1994). Crossbreeding of Ayrshire, Brown Swiss, and Sahiwal cattle for annual and lifetime milk yield in the lowland tropics of Kenya. *Journal of Dairy Science*, 77 (8), pp. 2415–2427.

Composition of milk protein in cows of different genetic groups

Lastovska I., Borshch O., Grishko V., Prudnikov V., Haiuk N., Matveiev M., Borshch O.

The aim of this research was to study the effect of crossbreeding Finnish Ayrshires with Norwegian Reds in the temperate climate of Ukraine on the content of essential amino acids and their biological value. The study was conducted on a commercial farm in Poltava region on Finnish Ayrshire cows and their crossbreeds with Norwegian Reds. On the farm, cows are kept loose in an easily assembled building on deep, long-lasting straw bedding. Milking takes place twice a day in the milking parlour on a 2×12 «Parallel» unit. Groups of purebred (n=16) and crossbred (n=20) cows of the first lactation were formed for the study. The animals were in the third month of lactation for 74±17 days and were not pregnant. The use of interbreed crossing of Finnish Ayrshires with Norwegian Reds had a positive effect on the protein composition of milk. For the protein of Finnish Ayrshires, the first limiting (lower than the recommended content in the reference protein) amino acid was methionine + cystine (affects the rate of clot formation during cheesemaking), the content of which was 96.3 %. In the protein of crossbred cows, amino acids in which the rate was less than 100 % were not detected. The most excessive were phenylalanine + tyrosine – 143.7 % and leucine – 122.1%,

which are aromatic amino acids and affect the taste properties of milk. The protein of crossbreds was characterized by a slightly higher total utility coefficient compared to purebred counterparts (by 12.77 %). Also, the aminogram of the crossbred group was closer to the «ideal». In terms of the three functional groups of amino acids studied, the Finnish Ayrshire and Norwegian Red crosses were slightly superior

compared to the purebred Ayrshires. The best protein composition was the milk of the Finnish Ayrshire and Norwegian Red crosses, which gives reason to consider it more suitable for the production of cheeses and fermented milk products compared to the purebred counterparts.

Key words: dairy cows, breeds, crossbreeding, milk protein, amino acids.



Copyright: Ластовська І.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:

Ластовська І.О.

<https://orcid.org/0000-0003-0763-8528>

Борщ О.В.

<https://orcid.org/0000-0001-5174-1309>

Гришко В.А.

<https://orcid.org/0000-0002-0340-513X>

Прудніков В.Г.

<https://orcid.org/0000-0001-9318-2015>

Гаюк Н.В.

<https://orcid.org/0000-0002-5466-7084>

Матвеев М.А.

<https://orcid.org/0000-0003-1281-9032>

Борщ О.О.

<https://orcid.org/0000-0002-8450-2109>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.2.034:637.1

**Процес молоковіддачі у високопродуктивних корів
в умовах роботизованого доїння**Луценко М.М. , Попков В.В. *Білоцерківський національний аграрний університет*

E-mail: Iryna.lastovska@btsau.edu.ua



Луценко М.М., Попков В.В. Процес молоковіддачі у високопродуктивних корів в умовах роботизованого доїння. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 1. С. 24–31.

Lutsenko M., Popkov V. The process of milk yield in highly productive cows under robotic milking conditions. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 1. PP. 24–31.

Рукопис отримано: 25.03.2025 р.

Прийнято: 08.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-24-31

Наукові дослідження проведено в ТДВ «Терезине» Білоцерківського району Київської області, де вперше в Україні створено молочну ферму на 500 корів з роботизованими системами доїння. Ця ферма має нові об'ємно-планувальні та технологічні рішення приміщень, зокрема ширину 36 м, висоту 10,5 м і довжину 125 м. У приміщенні по центру розміщено 8 роботизованих систем доїння фірми De Laval. У статті висвітлено результати досліджень процесу молоковіддачі у високопродуктивних корів голштинської породи в умовах роботизованого доїння залежно від віку, періоду лактації продуктивності корів та проведено оцінювання якості молока, отриманого в цих умовах. Дослідження проведено у 2023–2024 роках.

Встановлено, що швидкість молоковиведення у корів різних лактацій залежить від їх продуктивності та періоду лактаційної діяльності. Вона підвищується разом із віком тварин і є найменшою у корів-первісток, а найвищою – у корів IV лактації. Аналогічна ситуація спостерігається і за середньою та максимальною швидкістю молоковиведення. Дослідження також показали, що як середня, так і максимальна швидкість молоковиведення у корів залежить від добової продуктивності тварин. За будь-якої продуктивності у корів другої, третьої і четвертої лактації середня швидкість молоковиведення зростає порівняно з першою на 3,4 % та 11,38 % відповідно. Встановлено, що технологія роботизованого доїння забезпечує повноцінний прояв рефлексу молоковіддачі, оскільки незалежно від продуктивності і стадії лактації максимальна інтенсивність молоковиведення в усіх групах корів спостерігається на першій хвилині доїння. Встановлено, що лактаційна діяльність тварин в умовах «мотиваційного доїння» характеризується дещо подовженим її терміном. Найвищу масову частку жиру в молоці мали корови другої лактації (4,25 %), а найменшу (4,12 %) – четвертої. Співвідношення масової частки жиру і білка знаходиться в межах фізіологічних норм тварин на рівні 1,24–1,28 до 1,0.

Ключові слова: мотиваційне доїння, молоковіддача, якість молока, роботизовані системами доїння.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Відомо, що в технології виробництва молока найскладнішим, трудомістким і відповідальним є процес доїння корів, головне завдання якого – забезпечити вчасне звільнення молочної залози від накопиченого у ній молока та створити сприятливі умови для його подальшої секреції [1, 2, 3].

Сьогодні в Україні використовують так зване примусове доїння корів за чітко встановленим розпорядком дня, де людина вирішує коли і скільки разів на добу тварина має йти на доїння. Однак такий підхід не завжди відповідає фізіологічним потребам корів та потребує великих затрат праці й безпосередньої участі у процесі доїння людини [4, 5, 6].

З огляду на це, в країнах Європи в останнє десятиріччя почали впроваджувати роботизовані системи доїння, які суттєво змінили не тільки підхід до доїння корів, а й технологію виробництва молока на фермі, де в центрі уваги перебуває тварина з її фізіологічними і етологічними проблемами [7, 8].

В основу нової технології покладено так зване добровільне або мотиваційне доїння, за якого корови самостійно, без участі людини визначають потребу у кількості доїнь впродовж доби, яка з'являється лише тоді, коли усі її фізіологічні функції, пов'язані з доїнням, досягають максимального рівня. Цей принцип базується на формуванні у тварин спеціальної поведінки, спрямованої на задоволення фізіологічних потреб. Так, зростання внутрішньоцистернального тиску при наповненні вимені молоком мотивує корову до її переміщення у доїльний бокс з метою звільнення молочної залози.

Такий підхід на відміну від традиційного дозволяє забезпечити впродовж доби повноцінне вигодовування корів, згідно з індивідуальними потребами кожної тварини, та значно знизити затрати праці на отримання одиниці продукції [9, 10, 11, 12].

Враховуючи переваги, роботизоване доїння корів останнім часом набуло великого поширення в країнах Європи і Америки. Зокрема, значна кількість роботизованих систем доїння працює в Данії, Нідерландах, Німеччині та інших країнах. Нині в Європі уже працює понад 10 тисяч роботизованих систем, а в Німеччині щорічно облаштовують до 500 корівників [13, 14].

Ця технологія почала впроваджуватися і на фермах України. В основному використовуються роботи фірми De Laval на невеликих фермах, де один робот обслуговує до 70 корів. Водночас почали створювати великі ферми

з роботизованими системами доїння. Так, в ТДВ «Терезине» Білоцерківського району Київської області створено молочну ферму з роботизованими системами доїння на 500 корів. В основу ферми покладено новий тип легко збірного приміщення шириною 36 м і висотою 10,5 м. Така ширина приміщення дозволяє комфортно розмістити по центру 8 роботизованих систем фірми De Laval.

Впровадження роботизованого доїння в умовах цієї ферми поставило завдання дослідити його вплив на молоковіддачу та якість отриманого молока залежно від віку, продуктивності та фізіологічного стану тварин.

Мета роботи – дослідити процес молоковіддачі у корів в умовах роботизованого доїння залежно від віку, періоду лактації та продуктивності і оцінити якість молока, отриманого в цих умовах.

Матеріал і методи дослідження. Наукові дослідження проведено в ТДВ «Терезине» Білоцерківського району Київської області на молочній фермі на 500 корів з роботизованими системами доїння у 2023-2024 роках.

Поголів'я корів розміщено в легко збірному приміщенні шириною 36 м, висотою 10,5 м і довжиною 125 м. Облаштоване боковими шторами і світлоаераційним гребенем, які забезпечують якісний мікроклімат. По центру розміщено кормовий стіл і змонтовано 8 роботизованих систем доїння фірми De Laval.

Для годівлі високопродуктивних корів використовується однотипна годівля впродовж року. Раціони формуються з урахуванням продуктивності корів та їх живої маси впродовж лактації. Приготування і роздавання суміші кормів здійснюється двічі на добу за допомогою кормового комбайна «Umix plus 2021-25». Концентратна частина раціону видається безпосередньо під час доїння тварин в роботизованій доїльній установці, а друга частина – з кормової станції, куди корови заходять після доїння. Напування корів здійснюється з групових напувалок, які розміщено в кожній секції.

Процес молоковіддачі оцінювали за інтенсивністю молоковидедення по хвилинах доїння і в цілому за доїння. Динаміку молоковидедення оцінювали за наступними показниками: загальний час доїння корови, тривалість машинного і холостого доїння, машинного додоювання, загальний надій молока, величина машинного додоювання, інтенсивність молоковидедення у першу, другу і третю хвилини доїння та ступінь видоєності корів за цей період.

Показники якості і безпечності молока визначали за загальноприйнятими методиками.

Експериментальні дані опрацьовано за використанням методів варіаційної статистики та прикладного забезпечення MS Excel. Критерії достовірності визначалися за рівнів $P > 0,95$; $P > 0,99$; $P > 0,999$ [15].

Результати досліджень та їх обговорення. Відомо, що перед початком доїння основна частина молока корів знаходиться в альвеолярному відділі молочної залози, а решта – в цистернальному. Для отримання цистернальної порції молока необхідно подолати лише опір дійкового сфінктера, а для отримання альвеолярної порції – викликати рефлекс молоковіддачі [16].

За результатами наукових досліджень встановлено, що рефлекс молоковіддачі – це складний акт, який забезпечує зміну тону мускулатури, здійснює скорочення міоепітеліальних альвеол і розслаблення дійкового сфінктера. В умовах традиційного доїння здійснюється відпрацьована технологія підготовки корів до доїння, яка і забезпечує якісну реалізацію рефлексу молоковіддачі у корів.

Було досліджено процес молоковіддачі у корів різних лактацій залежно від їх продуктивності та періоду лактаційної діяльності за показниками швидкості молоковиведення. Встановлено, що швидкість молоковиведення підвищується разом із віком тварин і є найменшою у корів-первісток, а найвищою у корів IV лактації (табл. 1). Так, середня швидкість молоковиведення підвищується на 21,6 % у другу лактацію, на 5,9 – у третю і на 7,2 % – у четверту. Отже, загальне збільшення швидкості молоковиведення у корів між першою та четвертою лактаціями перебуває на рівні 31,5 %.

Аналогічна ситуація спостерігається і за середньою швидкістю молоковиведення за перші три хвилини доїння та максимальною

швидкістю. Так, середня швидкість молоковиведення з першої до другої лактації збільшується на 3,0 %, до третьої – на 3,26 %, а до четвертої – на 4,41 відсотки. Водночас максимальна швидкість молоковиведення зростає з першої до другої лактації на 34,7, до третьої – на 38,8, а до четвертої – на 47,8 відсотки.

Встановлено, що як середня швидкість молоковиведення у корів за використання роботизованих систем доїння за перші три хвилини доїння, так і максимальна швидкість молоковиведення зростає від лактації до лактації, що обумовлено як збільшенням молочної продуктивності, і адаптацією корів роботизованого доїння. Так, середній разовий надій у корів у першу лактацію становить 11,0 кг, у другу – 13,6 кг, у третю – 14,1 кг, у четверту – 15,8 кілограм.

Аналогічні результати досліджень отримали й інші автори, які встановили, що у корів з вищою продуктивністю інтенсивність молоковиведення значно вища порівняно з коровами з низькою продуктивністю. На їхню думку, надзвичайно важливо оптимізувати частоту доїння з інтервалами доїння [17, 18, 19]. Ця оптимізація повинна враховувати вплив інтервалів доїння на виробництво молока, потужність автоматичної системи доїння та здоров'я вимені.

Дослідження процесу молоковиведення у корів різних лактацій показали, що середня швидкість молоковиведення по періодах лактацій також змінюється (табл. 2).

Як показують дані таблиці 2, середня швидкість молоковиведення підвищується разом з віком тварин і є найменшою у корів-первісток впродовж усього періоду лактації. Середня швидкість молоковиведення у корів різного віку найвища у перші 100 днів лактаційного періоду та досягає піку на 2–3 місяці лактації, після чого поступово знижується.

Таблиця 1 – Швидкість молоковиведення у корів залежно від лактації, $M \pm m$, $n = 32$

Показник	Лактація по рахунку			
	1-ша	2-га	3-тя	4-верта
Середня швидкість молоковиведення за період доїння, кг/хв	2,00 $\pm$ 0,19	2,55 $\pm$ 0,15**	2,71 $\pm$ 0,11**	2,92 $\pm$ 0,12***
Середня швидкість молоковиведення за перші три хвилини доїння, кг/хв	2,54 $\pm$ 0,09	3,30 $\pm$ 0,10**	3,37 $\pm$ 0,20**	3,66 $\pm$ 0,06***
Максимальна швидкість молоковиведення, кг/хв	3,22 $\pm$ 0,05	4,33 $\pm$ 0,12**	4,47 $\pm$ 0,08**	4,76 $\pm$ 0,16***

Примітка: ** $P > 0,99$; *** $P > 0,999$ порівняно з першою лактацією.

Таблиця 2 – Середня швидкість молоковидедення у корів різної стадії лактації, $M \pm m$, $n = 32$

Лактація у корів	0–100 днів	101–200 днів	201–305 днів	Середнє за лактацію
Корови-первістки	2,01±0,29	2,11±0,14	1,88±0,34	2,00±0,19
II лактація	2,64±0,43**	2,55±0,29	2,47±0,48	2,55±0,15
III лактація	3,00±0,24**	2,62±0,21	2,5±0,21	2,71±0,11
IV лактація	3,25±0,18**	2,83±0,25	2,69±0,21	2,92±0,12

Примітка: ** $P > 0,99$ порівняно з першими 100 днями лактації.

Середня і максимальна швидкість молоковидедення у корів залежить від добової їх продуктивності. Спостерігається чітка тенденція зростання інтенсивності молоковидедення зі збільшенням їх продуктивності (табл. 3).

Результати досліджень свідчать, що середня швидкість молоковидедення є також найменшою у корів-первісток, що обумовлено як нижчою їх продуктивністю за першу лактацію, так і, на наш погляд, адаптацією тварин до доїння на роботизованій доїльній установці.

Аналіз кривих потоку молока за хвилинами доїння дає цінну інформацію для підвищення ефективності доїння та здоров'я вимени. Так, дослідженнями [20, 21, 22] встановлено, що форма кривої потоку молока протягом перших двох хвилин доїння пов'язана

з ефективністю переддоїльної підготовки корів до доїння. Тактильна стимуляція дійок під час підготовки має вирішальне значення для реалізації рефлексу молоковіддачі. Недостатня стимуляція, неадекватний час підготовки корови до доїння призводять до затримки і низької реалізації рефлексу молоковіддачі.

Про адаптацію корів-первісток до роботизованого доїння свідчить і швидкість молоковидедення у корів за перші три хвилини доїння (табл. 4). Так, на першій хвилині доїння швидкість молоковидедення у них становить лише 2,66 кг/хв, на другій – 2,55 кг/хв, і на третій – 2,40 кг за хвилину. У корів другої, третьої і четвертої лактації порівняно з коровами-первістками швидкість молоковидедення за першу хвилину доїння зростає на 28,5 %, 32,7 % та 45,4 відсотки відповідно.

Таблиця 3 – Середня швидкість молоковидедення у корів різних лактацій залежно від надою, $M \pm m$, $n = 32$

Лактація у корів	Добові надої, кг			
	10–20	21–30	31–40	41–50
	Надій за лактацію, кг			
	3550–6500	6550–9500	9550–12500	12550–15500
Корови-первістки	1,16±0,43	1,72±0,24**	2,05±0,33**	2,18±0,38***
II лактація	1,21±0,19	1,88±0,20**	2,37±0,12**	2,57±0,11***
III лактація	1,28±0,24	2,01±0,37**	2,52±0,21**	2,77±0,95***
IV лактація	1,32±0,34	2,04±0,21**	2,61±0,24**	2,91±0,22***

Примітка: ** $P > 0,99$; *** $P > 0,999$ порівняно з першою лактацією.

Таблиця 4 – Середня швидкість молоковидедення за перші три хвилини доїння, $M \pm m$, $n = 32$

Лактація у корів	Хвилини доїння, кг		
	1-ша	2-га	3-я
Корови-первістки	2,66±0,07	2,55±0,10	2,40±0,09
II лактація	3,42±0,15	3,31±0,09	3,17±0,13
III лактація	3,53±0,14	3,39±0,21	3,17±0,10
IV лактація	3,87±0,11	3,69±0,08	3,48±0,09

Проведені раніше фізіологічні дослідження показали, що повноцінна реалізація рефлексу молоковіддачі у корів характеризується максимальною інтенсивністю молоковиведення першої хвилини доїння. Якщо максимальна інтенсивність молоковиведення спостерігається на другій чи третій хвилині доїння, то це свідчить про те, що технологія підготовки корів до доїння не повною мірою відповідає фізіологічним потребам тварини.

Дані таблиці 4 демонструють, що незалежно від продуктивності корів і стадії лактації максимальна інтенсивність молоковиведення в усіх групах спостерігається на першій хвилині доїння, що свідчить про адекватність підготовки корів до доїння і технології доїння.

Для повноцінного функціонування роботизованих систем доїння вирішальне значення має успішна адаптація тварин до них, яка забезпечує процес пристосування організму до зміни умов навколишнього середовища. Якщо можливості організму тварин до адаптаційних реакцій недостатні, стан тварин погіршується, знижується їх продуктивність і якість отримуваної продукції.

За даними [23, 24], нижчі надої у корів першої лактації можуть бути наслідком порушення молоковіддачі, оскільки вони адаптуються до незнайомого середовища доїння, тоді як зниження у корів, що багато разів народжували, ймовірно, було пов'язано з недостатньою стимуляцією щодо наповнення вимені, що і спричинило порушення молоковіддачі. Проте проведені дослідження довели необхідність розгляду взаємозв'язку між надоєм щодо стадії лактації, періоду лактації та інтервалами доїння.

Одним з основних критеріїв адаптованості корів до умов роботизованого доїння є

величина їх щомісячних надоїв та рівень продуктивності за лактацію.

Лактаційна діяльність тварин в умовах «мотиваційного доїння» характеризується дещо подовженим її терміном, який зростає з кожною наступною лактацією ($P > 0,95$) і є найкоротшим у корів-первісток (396 діб), а найдовшим – у корів четвертої лактації (408 діб). У зв'язку з цим молочна продуктивність корів-первісток за закінчену лактацію перебуває на рівні 9550 кг, що на 4,3 % або 411 кг нижче порівняно з продуктивністю корів другої лактації, і на 8,4 % або 806 кг та 13 % або 1237 кг порівняно з надоєм тварин третьої і четвертої лактацій відповідно (табл. 5).

Щодо коефіцієнту молочності, який відображає інтенсивність використання корів, то він найбільший у корів-первісток і становить 1785,7, що вище на 7,8 % або 138,7 кг порівняно з тваринами другої лактації і на 12,2% або 194,3 кг та 9,2 % або 150,7 кг порівняно з худобою третьої і четвертої лактацій, відповідно.

Дослідження якості молока у корів різних лактацій в умовах «мотиваційного доїння» довели, що найвищу масову частку жиру в молоці мали корови другої лактації (4,25 %), а найменшу – четвертої (4,12 %). Тварини першої і третьої лактацій мали середній вміст жиру в молоці на рівні 4,19 і 4,14 %, відповідно (табл. 6). Однак у перерахунку на молочний жир за весь період продуктивності найвищий показник мали корови четвертої лактації (444,4 кг), а найменший – корови-первістки (400,2 кг, $P > 0,99$) пов'язано із зростанням загального надою за лактацію разом із віком тварин. Щодо вмісту білка в молоці, найвищий показник спостерігається у корів першої лактації (3,36 %), а найменший – у корів другої і четвертої лактації (3,31 і 3,32 %).

Таблиця 5 – Молочна продуктивність корів різних лактацій в умовах «мотиваційного доїння», $M \pm m$, $n = 32$

Показники	За 305 днів лактації, кг	За закінчену лактацію, кг	Тривалість лактації, діб	Коефіцієнт молочності, кг
I лактація	8404 $\pm$ 108	9550 $\pm$ 125	396 $\pm$ 22,1	1785,1
II лактація	9667 $\pm$ 118	9981 $\pm$ 147	400 $\pm$ 17,9	1646,4
III лактація	9217 $\pm$ 144	10356 $\pm$ 251	405 $\pm$ 25,3	1590,8
IV лактація	9504 $\pm$ 136	10787 $\pm$ 203	408 $\pm$ 21,6	1634,4

Таблиця 6 – Якість молока у корів різних лактацій в умовах «мотиваційного доїння», $M \pm m$, $n = 32$

Показники	Масова частка, %		В цілому за лактацію		Відношення жир:білок
	жир	білок	жир	білок	
I лактація	4,19 $\pm$ 0,04	3,36 $\pm$ 0,04	400,2 $\pm$ 12,4	320,9 $\pm$ 9,4	1,25
II лактація	4,25 $\pm$ 0,05	3,32 $\pm$ 0,05	423,3 $\pm$ 11,2	330,7 $\pm$ 8,6	1,28
III лактація	4,14 $\pm$ 0,04	3,34 $\pm$ 0,03	428,7 $\pm$ 11,8	345,9 $\pm$ 7,4	1,24
IV лактація	4,12 $\pm$ 0,05	3,31 $\pm$ 0,05	444,4 $\pm$ 10,8	357 $\pm$ 7,5	1,25

Відомо, що кількість жиру та білка в молоці мають бути у співвідношенні від 1,1; 1 до 1,5:1. В умовах «мотиваційного доїння» вихід масової частки жиру і білка в молоці перебувають у межах фізіологічних норм тварин на рівні 1,24–1,28 до 1, що свідчить про те, що за умов «мотиваційного доїння» якість та рівень годівлі повністю відповідає фізіологічним потребам організму корів усіх лактацій.

Висновки. Отже, оцінювання процесу молоковіддачі у високопродуктивних корів в умовах роботизованого доїння дозволили зробити такі висновки: процес доїння корів на роботизованій доїльній установці забезпечує повноцінну реалізацію рефлексу молоковіддачі, про що свідчить максимальна інтенсивність молоковиведення у корів уже з першої хвилини доїння.

Швидкість молоковиведення у корів підвищується з віком тварин і є найменшою у корів-первісток, а найвищою – у корів IV лактації. Середня швидкість молоковиведення змінюється за періодами лактації і залежить від продуктивності корів. Зі зростанням продуктивності збільшується й інтенсивність молоковиведення. Лактаційна діяльність тварин в умовах роботизованого доїння характеризується дещо подовженим її терміном, який збільшується з кожною наступною лактацією. В умовах мотиваційного доїння співвідношення масової частки жиру і білка в молоці знаходиться в межах фізіологічних норм на рівні 1,24 ... 1,28 до 1,0.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Зволейко Д. Удосконалення систем доїння в Україні. Тваринництво України. 2013. № 11. С. 39–43.
2. Кудлай І. Технологічне вдосконалення молочних ферм. Тваринництво України. 2010. № 9. С. 14–18.
3. Луценко М.М., Галай О.Ю. Ресурсозберігаючі технології виробництва молока з використанням легкозбірних приміщень та високопродуктивних доїльних установок. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Сільськогосподарські науки, 2018. 20. № 84. С. 166–170.
4. Луценко М. Зволейко Д. Ефективність використання роботизованих систем доїння. Техніка і технології АПК. 2013. № 5. С. 13–16.
5. Науменко А.А., Чигрин А.А., Палий А.П. Роботизовані системи в молочному тваринництві. Вісник Харківського ГТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2014. Вип. 144. 92–96.
6. Науменко О.А., Чигрин А.А., Палий А.П. Застосування роботизованих систем у молочному скотарстві. Вісник Харківського ГТУСГ ім. П. Василенка. Технічні системи і технології тваринництва. Харків, 2015. Вип. 157. С. 32–38.
7. Палий А.П., Чигрин А.А. Доїльні роботи. The Ukrainian Farmer. 2016. № 8 (80). С. 166–167.
8. Корівник щасливих корів «Журнал «Молоко і ферма». 2017. № 4 (41). URL:<http://magazinemilkua.info/inolexukr.phpid=254>
9. Куян А. Сучасні технології в тваринництві та їх адаптація до світових вимог. Ефективне тваринництво. 2011. № 3. С. 9–12.
10. Панічев Р. Роботи-дояри на молочній фермі Пропозиція. 2011. № 1. С. 122–123.
11. Керсанюк Ю. Роботизоване доїння корів: окупність інвестицій. Агробізнес сьогодні. 2015. № 17 (312). С. 48–52.
12. Гвоздик О. «Не віриш – поїдь подивися». Як працює на Сумщині одна з трьох в Україні повністю роботизованих молоко ферм. «Ділові новини». 2018. URL:<http://xpress.sumy.ua/articles/economy/205416/>
13. Луценко М., Зволейко Д. Ефективність використання роботизованих систем доїння. Науково-виробничий журнал: Техніка і технології. АПК, 2013. 5. С. 13–15.
14. Венгяжи К., Крупінські Е. Технологія виробництва молока у корівниках відкритого типу в Польщі на прикладі ферми молочних корів дослідної станції Інституту зоотехнії Гродзецького. Науково-технічний бюлетень. Харків, 2006. № 94. С. 460–462.
15. Чепур С.С. Біометрія: метод. посіб. Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2015. 40 с. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/3184>
16. Луценко М.М., Зволейко Д.В. Дослідження процесу молоковіддачі у корів на різних доїльних установках. Науково-технічний бюлетень НААН, Ін-т тваринництва. Харків, 2011. № 104. С. 70–80.
17. Hogeveen, H., Ouweltjes, W., de Koning C.J.A.M., Stelwagen K. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system, Livestock Production Science. 2002. Vol. 72. Issues 1–2. P. 157–167. ISSN 0301-6226, DOI:10.1016/S0301-6226(0n)00276-7.
18. Increased take-off level in automatic milking systems - effects on milk flow, milk yield and milking efficiency at the quarter level / S. Femeborg et al. Journal of Dairy Research. 2019. 86 (1). P. 85–87. DOI:10.1017/S002202991800078X
19. Wieland M., ten Have H. The Association of Delayed Milk Ejection and Milk Production in Dairy Cows Milked by an Automated Milking System. Animals. 2025. 15 (1). 1011 p. DOI:10.3390/ani5071011
20. Effects of automatic cluster removal and feeding during milking on milking efficiency, milk yield and milk fat quality / S. Femeborg et al. Journal of Dairy Research. 2016. 83. P. 180–187.
21. Milking time and risk of over-milking can be decreased with early teat cup removal based on udder quarter milk flow without loss in milk yield /

P. Krawczel et al. *Journal of Dairy Science*. 2017. 100. P. 6640–6647.

22. Vacuum Dynamics as an Alternative Method for Detection of Bimodal Milk Ejection in Dairy Cows / M. Wieland et al. *Animals*, 2021. 11. 1860 p.

23. Herd-level variables associated with delayed milk ejection in Michigan dairy herds / R. Moore-Foster et al. *J. Dairy Sci.* 2019. 102. P. 696–705.

24. Wieland M., Watters R.D., Virkler P.D., Sipka, A.S. Risk factors for delayed milk ejection in Holstein dairy cows milked 3 times per day. *J. Dairy Sci.* 2022. 105. P. 6936–6946.

REFERENCES

1. Zvolejko, D. (2013). Udokonalennja system doi'nnja v Ukraïni [Improving milking systems in Ukraine]. *Tvarynnystvo Ukraïny* [Livestock farming in Ukraine], no. 11, pp. 39–43. (in Ukrainian).

2. Kudlaj, I. (2010). Tehnologichne vdoskonalennja molochnyh ferm [Technological improvement of dairy farms]. *Tvarynnystvo Ukraïny* [Livestock breeding of Ukraine], no. 9, pp. 14–18. (in Ukrainian).

3. Lucenko, M.M., Galaj, O.Ju. (2018). Resursozberigajuchi tehnologii' vyrobnyctva moloka z vykorystannjam legkozbirnyh prymishhen' ta vysokoproduktyvnyh doi'lnykh ustanovok [Resource-saving technologies of milk production using easily assembled premises and high-performance milking units]. *Naukovyj visnyk L'viv'skogo nacional'nogo universytetu veterynarnoi' medycyny ta bioteknologij imeni SZ G'zhyck'ogo* [Scientific Bulletin of the S.Z. Gzhytsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology]. *Sil'skogospodars'ki nauky* [Agricultural Sciences], no. 84, pp. 166–170. (in Ukrainian).

4. Lucenko, M., Zvolejko, D. (2013). Efektyvnist' vykorystannja robotyzovanyh system doi'nnja [Efficiency of using robotic milking systems]. *Tehnika i tehnologii' APK* [Agricultural machinery and technologies], no. 5, pp. 13–16. (in Ukrainian).

5. Naumenko, A.A., Chygryn, A.A., Palyj, A.P. (2014). Robotyzovani systemy v molochnomu tvarynnystvi [Robotic systems in dairy farming]. *Visnyk Harkivs'kogo GTUSG im. P. Vasylenka* [Bulletin of the Kharkiv State University of Agricultural Sciences named after P. Vasylenko]. Kharkiv, Issue 144, pp. 92–96. (in Ukrainian).

6. Naumenko, O.A., Chygryn, A.A., Palyj, A.P. (2015). Zastosuvannja robotyzovanyh system u molochnomu skotarstvi [Application of robotic systems in dairy cattle breeding]. *Visnyk Harkivs'kogo NTUSG im. P. Vasylenka* [Bulletin of the Kharkiv National University of Agricultural Sciences named after P. Vasylenko]. *Tekhnichni systemy i tehnologii' tvarynnystva* [Technical systems and technologies of animal husbandry]. Kharkiv, Issue 157, pp. 32–38. (in Ukrainian).

7. Palij, A.P., Chygryn, A.A. (2016). Doi'lni roboty [Milking works]. *The Ukrainian Farmer*, no. 8 (80), pp. 166–167. (in Ukrainian).

8. Korivnyk shhaslyvyh koriv "Zhurnal" Moloko i ferma" [Cowshed of Happy Cows "Milk and Farm

Magazine"]. 2017, no. 4 (41). Available at: <http://magazinemilkua.info/inolexukr.php?id=254> (in Ukrainian).

9. Kujan, A. (2011). Suchasni tehnologii' v tvarynnystvi ta i'h adaptacija do svitovyh vymog [Modern technologies in animal husbandry and their adaptation to global requirements]. *Efektivne tvarynnystvo* [Effective animal husbandry], no. 3, pp. 9–12. (in Ukrainian).

10. Panichev, R. (2011). Roboty-dojary na molochnij fermi Propozycja [Robot milkers on a dairy farm Offer], no. 1, pp. 122–123. (in Ukrainian).

11. Kersanjuk, Ju. (2015). Robotyzovane doi'nnja koriv: okupnist' investycij [Robotic milking of cows: return on investment]. *Agrobiznes s'ogodni* [Agribusiness today], no. 17 (312), pp. 48–52. (in Ukrainian).

12. Gvozdyk, O. (2018). «Ne virysh – poi'd' podyvysja» [«If you don't believe me, go and see»]. Jak pracjuje na Sumshyni odna z tr'oh v Ukraïni povnistju robotyzovanyh moloko ferm [How one of the three fully robotic dairy farms in Ukraine works in Sumy Oblast]. «Business News». Available at: <http://xpress.sumy.ua/articles/economy/205416/> (in Ukrainian).

13. Lucenko M., Zvolejko D. (2013). Efektyvnist' vykorystannja robotyzovanyh system doi'nnja [Efficiency of using robotic milking systems]. *Naukovo-vyrobnychyj zhurnal: Tehnika i tehnologii'* [Scientific and production journal: Technology and technologies]. *APK*, 5, pp. 13–15. (in Ukrainian).

14. Vengljazhy, K., Krupins'ki, E. (2006). Tehnologija vyrobnyctva moloka u korivnykah vidkrytogo typu v Pol'shhi na prykladi fermi molochnyh koriv doslidnoi' stancii' Instytutu zootehnii' Grodzecshl'oneki [Technology of milk production in open-type cowsheds in Poland using the example of a dairy cow farm at the Grodzieszczłonek Institute of Animal Science Research Station]. *Naukovo-tehnichnyj bjuleten'* [Scientific and Technical Bulletin]. Kharkiv, no. 94, pp. 460–462. (in Ukrainian).

15. Chepur, S.S. (2015). Biometrija: metod. posib. [Biometrics: methodological manual]. Uzhhorod: Publishing House of UzhNU «Hoverla», 40 p. Available at: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/3184> (in Ukrainian).

16. Lucenko, M.M., Zvolejko, D.V. (2011). Doslidzhennja procesu molokoviddachi u koriv na riznyh doi'lnykh ustanovkah [Research on the process of milk ejection in cows on different milking machines]. *Naukovo-tehnichnyj bjuleten' NAAN, In-t tvarynnystva* [Scientific and technical bulletin of the NAAS, Institute of Animal Husbandry]. Kharkiv, no. 104, pp. 70–80. (in Ukrainian).

17. Hogeveen, H., Ouweltjes, W., de Koning, C.J.A.M., Stelwagen, K. (2001). Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. *Livestock Production Science*, Vol. 72, Issues 1–2, pp. 157–167. ISSN 0301-6226, DOI:10.1016/S0301-6226(00)00276-7.

18. Femeborg, S., Thulin, M., Agenas, S., Svennersten-Sjaunja, K., Krawczel, P., Temman, E. (2019). Increased take-off level in automatic milking systems – effects on milk flow, milk yield and milking efficiency

at the quarter level. *Journal of Dairy Research*, 86 (1), pp. 85–87. DOI:10.1017/S002202991800078X

19. Wieland, M., ten Have, H. (2025). The Association of Delayed Milk Ejection and Milk Production in Dairy Cows Milked by an Automated Milking System. *Animals*, 15 (1), 1011 p. DOI:10.3390/ani15071011

20. Ferneborg, S., Stadtmüller, L., Pickova, J., Wiking, L., Svennersten-Sjaunja, K. (2016) Effects of automatic cluster removal and feeding during milking on milking efficiency, milk yield and milk fat quality. *Journal of Dairy Research*, 83, pp. 180–187.

21. Krawczel, P., Ferneborg, S., Wiking, L., Dalsgaard, T.K., Gregersen, S., Black, R., Larsen, T., Agenas, S., Svennersten-Sjaunja, K., Temman, E. (2017). Milking time and risk of over-milking can be decreased with early teat cup removal based on udder quarter milk flow without loss in milk yield. *Journal of Dairy Science*, 100, pp. 6640–6647.

22. Wieland, M., Geary, C.M., Gioia, G., Case, K.L., Moroni, P., Sipka, A. (2021). Vacuum dynamics as an alternative method for detection of bimodal milk ejection in dairy cows. *Animals*, 11, 1860 p.

23. Moore-Foster, R., Norby, B., Schewe, R.L., Thomson, R., Bartlett, P.C., Erskine, R.J. (2019). Herd-level variables associated with delayed milk ejection in Michigan dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 102, pp. 696–705.

24. Wieland, M., Watters, R.D., Virkler, P.D., Sipka, A.S. (2022). Risk factors for delayed milk ejection in Holstein dairy cows milked 3 times per day. *J. Dairy Sci.*, 105, pp. 6936–6946.

The process of milk yield in highly productive cows under robotic milking conditions

Lutsenko M., Popkov V.

Scientific research was conducted at the Terezine Agricultural Enterprise in the Bila Tserkva district of the Kyiv region, where Ukraine's first dairy farm with 500 cows and robotic milking systems was established. This farm has new spatial planning and

technological solutions for the premises, in particular, a width of 36 m and a height of 10.5 m. In this premises, 8 robotic milking systems from De Laval are located in the center. Given that such a farm was created for the first time in Ukraine, it was appropriate to study the process of milking cows that come to be milked of their own free will. The article highlights the results of research on the process of milk yield in high-yielding cows under conditions of robotic milking depending on age, lactation period, productivity of cows, and an assessment of the quality of milk obtained under these conditions.

It was established that the rate of milk ejection in cows of different lactations depends on their productivity and the period of lactation activity. It increases with the age of the animals and is the lowest in primiparous cows and the highest in cows of the IV lactation. A similar situation is observed with the average and maximum rate of milk ejection. Studies have also shown that both the average and maximum rate of milk ejection in cows depend on the daily productivity of the animals. At any productivity in cows of the second, third and fourth lactations, the average rate of milk ejection increases compared to the first by 3.4 % and 11.38 %, respectively. It has been established that robotic milking technology ensures the full manifestation of the milk ejection reflex, since regardless of productivity and stage of lactation, the maximum intensity of milk yield in all groups of cows is observed in the first minute of milking. It has been found that the lactation activity of animals under conditions of “motivational milking” is characterized by a slightly longer duration. The highest mass fraction of fat in milk was found in cows in their second lactation (4.25%), and the lowest (4.12%) in cows in their fourth lactation. The ratio of fat to protein mass is within the physiological norms for animals at 1.24–1.28 to 1.0.

Key words: motivational milking, milk yield, milk quality, spatial planning and technological solutions for premises, robotic milking systems.



Copyright: Луценко М.М., Попков 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:

Луценко М.М.

Попков В.В.

<https://orcid.org/0000-0001-9548-0825>

<https://orcid.org/0009-0002-1626-9816>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.4.082.2:636.082.4

Відтворювальні та продуктивні якості свиноматок
різного генетичного поєднанняВощенко І.Б. 

Сумський національний аграрний університет



Вощенко І.Б. E-mail: Voshchenkov@ukr.net



Вощенко І.Б. Відтворювальні та продуктивні якості свиноматок різного генетичного поєднання. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 1. С. 32–46.

Voshchenko I. Reproductive and productive qualities of sows of different genetic combinations. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 1. PP. 32–46.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 16.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-32-46

Метою статті було порівняння продуктивності свиноматок англійського та данського походження в умовах одного господарства за промислового виробництва свинини в північносхідній зоні України. Для цього за принципом пар аналогів було відібрано по 120 помісних свиноматок великої білої та ландрас порід: 120 з них походили від генетичної компанії Bridgers, а інші 120 – від генетичної компанії Pig Improvement Company (PIC). Усі свиноматки були осіменені міксованою спермою шести кнурів PIC–337 генетичної компанії PIC. Встановлено, що свиноматки як англійського, так і данського походження мали однаковий відсоток запліднення під час першого еструсу. Однак свиноматки данського походження мали гіршу на 0,8 % заплідненість під час другої та третьої статевої охоти, на 0,9 % більшу частку тварин, вибракуваних через безпліддя, гірший на 1,7 % коефіцієнт опоросу, на 1,3 % довшу тривалість відтворювального циклу та меншу на 1,7 % середньорічну кількість опоросів. Проте вони мали більшу на 5,9 % кількість народжених поросят на свиноматку в рік і на 4,9 % більшу кількість поросят при відлученні порівняно з тваринами англійського походження.

Доведено, що у свиноматок данського походження загальна кількість народжених поросят була більшою на 7,8 %, маса всіх народжених поросят – на 3,8 %, багатоплідність – на 7,8 %, маса живонароджених поросят – на 3,9 %, а кількість поросят при відлученні – на 6,8 % вищою. Оцінювальні індекси відтворювальної продуктивності також були вищими на 3,5–6,6 % порівняно з тваринами англійського походження. Водночас свиноматки данського походження мали на 1,2 % більшу частку мертвонароджених поросят, нижчу на 3,6 % великоплідність, на 0,9 % збереженість, на 8,5 % гіршу інтенсивність росту в підсисний період, на 8,1 % нижчі абсолютні прирости та на 7,3 % меншу масу одного поросяти при відлученні. Однак за масою гнізда поросят при відлученні суттєвих відмінностей між свиноматками данського та англійського походження не встановлено.

Ключові слова: свиноматки, відтворювальна здатність, продуктивність, генетичне походження, промислове свинарство.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Свинарство є однією з найважливіших галузей тваринництва, забезпечуючи населення цінними м'ясними продуктами. Ефективне ведення свинарства залежить від багатьох факторів, серед яких одним із ключових є генетичне походження тварин. Вибір свиноматок із різним генетич-

ним потенціалом має прямий вплив на показники відтворення, продуктивність та економічну ефективність виробництва [1, 2]. Зокрема, серед свиней, які використовуються у промисловому свинарстві, зацікавленість викликають породи англійського та данського походження як найбільш поширені в Україні і в світі. Данські породи відомі високим рівнем

продуктивності та адаптивності до інтенсивних умов утримання [3], тоді як англійські породи мають унікальні особливості, що можуть бути корисними в селекційних програмах [4].

Генетичне походження свиней відіграє визначальну роль у формуванні їх продуктивних та відтворювальних характеристик. Відбір свиноматок для промислового використання залежить від багатьох факторів, зокрема від здатності передавати нащадкам високі показники продуктивності, стійкості до захворювань, стресостійкості та адаптацію до умов утримання [5]. Англійські породи свиней, такі як велика біла, ландрас та дюрок, історично використовувалися у селекційних програмах завдяки своїм відмінним відтворювальним та м'ясним якостям [6]. Велика біла порода свиней характеризується високою багатоплідністю, гарними материнськими якостями та пристосованістю до різних кліматичних умов. Ландрас славиться відмінною якістю м'яса, високою кормовою конверсією та високим рівнем відтворення. Дюрок, своєю чергою, відомий високою продуктивністю, стійкістю до захворювань та чудовою якістю м'яса [7].

Данські породи свиней, зокрема данський ландрас та данський йоркшир, за останні десятиліття здобули велику популярність у Європі завдяки своїй високій продуктивності. Данський ландрас демонструє чудові показники відтворення, відзначається високою багатоплідністю та стійкістю до стресових факторів. Данський йоркшир, своєю чергою, поєднує в собі високу якість м'яса, хороші репродуктивні характеристики та швидкий ріст [8, 9].

Порівняння англійських та данських порід свиноматок показує, що кожна з них має свої переваги та недоліки. Англійські породи традиційно використовуються у багатьох країнах завдяки стабільним продуктивним характеристикам [10], тоді як данські породи відзначаються високим рівнем відтворювальних якостей, що дозволяє досягати кращих результатів у промислових умовах [11].

Англійські породи зазнали селекційного впливу на основі м'ясних якостей, тоді як Данія орієнтувалася на багатоплідність та виживаність поросят [12]. Наприклад, данський ландрас був основною породою у розведенні в Данії ще з початку XX століття, а згодом був інтегрований у різні міжпородні схрещування для покращення продуктивних характеристик [13] і на сьогодні у Данії селекційні програми його вдосконалення спрямовані на підвищення багатоплідності. Відомо, що у свиноматок данського походження середня

кількість поросят при народженні може перевищувати 14–16 голів, що впродовж довгого часу було одним із найвищих показників у світі [14]. За повідомленнями вчених [15], у данських порід материнського напрямку продуктивності селекція на покращення кількості поросят на п'ятий день життя в період з 2004 по 2010 рік посприяла збільшенню кількості живих поросят на п'ятий день після народження на 1,4 голови на опорос, на 0,3 поросяти для загальної кількості народжених поросят і 7,9 % для збереженості поросят до п'ятої доби життя у ландраса, та 2,1 поросля та 1,3 поросяти на послід і 7,6 % у йоркшира.

Відмінності між англійськими та данськими породами свиноматок обумовлені їхнім селекційним напрямком. Англійські та данські породи свиней мають певні відмінності у селекційних характеристиках, що визначають їхню продуктивність та адаптацію до різних умов вирощування. Англійські породи орієнтовані на покращення м'ясних якостей та вгодованості, що забезпечує високий вихід м'яса, який становить 60–65 % [16, 17]. Данські породи, навпаки, селекціонуються з акцентом на багатоплідність і стійкість до захворювань, що робить їх більш адаптованими до інтенсивних умов утримання. У той час, як кількість поросят у приплоді в англійських порід становить 10–12 [18], данські породи демонструють значно вищу багатоплідність – 14–16 поросят [19]. Інші дослідження також свідчать, що свиноматки данського ландрасу здатні народжувати більше поросят порівняно з англійськими породами [20]. Незважаючи на ці відмінності, швидкість росту поросят в обох групах залишається високою, що дозволяє отримувати високі результати у виробництві свинини. Проте вихід м'яса у данських порід дещо нижчий і становить 58–62 %, що пояснюється їх загальним генетичним спрямуванням на багатоплідність, а не винятково на м'ясні якості [14].

Данські свині, зокрема данський ландрас, мають високий рівень м'ясності. Дослідження рівня мармуровості м'яса довели, що м'ясо свиней данського походження має дещо вищий рівень внутрішньом'язового жиру, що сприяє покращенню його смакових характеристик [21, 22]. Однак основний акцент робиться на здатності до відтворення.

Водночас англійські породи, зокрема велика біла, мають вищий рівень виживаності поросят у перші тижні життя. Причиною цього є кращі материнські якості англійських свиноматок, що було підтверджено дослідженнями, проведеними у Великій Британії [23, 24].

Генетичне походження має значний вплив на стійкість свиноматок до захворювань. Відомо, що селекційні програми в Данії зосереджені на створенні ліній із підвищеною стійкістю до інфекційних захворювань. Данські свиноматки демонструють вищий рівень стійкості до респіраторних захворювань завдяки генетичним програмам селекції, які включають тестування на такі захворювання, як PRRS (репродуктивно-респіраторний синдром свиней) та цирковірусні інфекції [25, 26]. Відомо, що свиноматки данського походження відзначаються кращою адаптацією до різних умов утримання, включаючи великі промислові комплекси. Вони більш стійкі до стресу, що впливає на їх продуктивність у великих свинокомплексах [27, 28]. Англійські породи краще підходять для менших ферм, або систем вирощування із вільним вигулом. Наприклад, у дослідженнях англійських свиноматок встановлено, що вони мають кращу витривалість за умов вирощування на фермах із вільним доступом до вигулу [29].

Відтворювальні якості свиноматок визначаються їх заплідненістю, тривалістю репродуктивних циклів, часткою вибракуваних тварин і загальною продуктивністю за рік [30]. Генетичне походження впливає на ці параметри, оскільки різні породи та лінії мають різні репродуктивні особливості, рівень стресостійкості, стійкість до захворювань і навіть поведінкові аспекти, що впливають на здатність до осіменіння та вигодовування поросят [31]. Заплідненість свиноматок є одним із ключових показників ефективності відтворення у промислових свинокомплексах. Вона залежить від низки факторів: генетики, якості сперми, методу осіменіння, стану здоров'я тварин і навіть умов утримання. Дослідження показують, що свиноматки різних порід мають різний рівень заплідненості. Наприклад, англійські породи мають середній рівень заплідненості – до 85–90 % після першого осіменіння, тоді як данські породи, особливо данський ландрас, демонструють вищу заплідненість – до 92–95 % [32]. Встановлено, що свиноматки першого опоросу мають на 5–7 % нижчу заплідненість, ніж ті, що проходять осіменіння після другого чи третього опоросу [33]. Дослідження [34, 35] заплідненості свиноматок англійського та данського походження показують, що данські лінії мають вищий рівень заплідненості після першого осіменіння. Це пов'язано з багаторічною селекцією, спрямованою на покращення відтворних якостей.

Кількість опоросів на свиноматку є ключовим показником ефективності її використання

у промисловому свинарстві. Оптимальним значенням вважається 2,2–2,4 опороси на рік, що залежить від тривалості сервіс-періоду, лактації та поросності [36]. Англійські породи демонструють середній показник 2,1–2,2 опороси на рік, що пов'язано з довшим сервіс-періодом та тривалішим періодом лактації [37, 38]. Водночас данські породи мають вищу репродуктивну ефективність, що дозволяє їм досягати показника 2,3–2,5 опороси на рік. Це пов'язано з коротшим сервіс-періодом, швидким поверненням до осіменіння та ефективним використанням репродуктивного потенціалу [39, 40].

Данські породи є оптимальним вибором для господарств, орієнтованих на максимальну віддачу від свиноматок [41]. З іншого боку, англійські породи характеризуються здатністю до довшої лактації та кращими материнськими якостями, що позитивно впливає на збереженість поросят [10].

Маса поросят при народженні є важливим показником, що впливає на їх збереженість, рівень імунітету та подальші темпи росту. Генетичні особливості свиноматок визначають середню масу новонароджених поросят. Англійські свиноматки народжують поросят із середньою масою 1,4–1,6 кг [42], тоді як у данських порід цей показник дещо нижчий – 1,2–1,4 кг [43]. Менша маса новонароджених поросят у данських свиноматок пов'язана з їх вищою багатоплідністю, оскільки наявність більшої кількості ембріонів у матці обмежує можливості розвитку кожного окремого поросяти [44, 45].

Англійські свиноматки демонструють вищий рівень збереженості поросят – приблизно 93–94 %, що пояснюється кращими материнськими якостями та довшою на тиждень лактацією [46]. Так, за спостереженнями [47], під час розведення свиней англійського походження генетичної компанії PIC в умовах промислового виробництва України отримано високі показники відтворювальної продуктивності, зокрема 16,6–18,5 всього народжених поросят на опорос, з яких 15,7–17,0 були живими та до відлучення збереглося 13,2–14,3 голови з середньою масою при відлученні на 21 добу від 6,7 до 7,1 кг за різних варіантів схрещування та гібридизації. Водночас за повідомленнями [48] в період з 2014 по 2021 рік багатоплідність свиноматок англійського походження в Новому Уельсі (Австралія) становила 12,2 поросяти, з яких до відлучення зберігалось 10,2 голови. Водночас було виявлено [49] середній показник багатоплідності у тварин цієї селекції

11,1 поросят за опорос, за маси поросят при відлученні у 30 діб 7,3 кг.

У всіх господарствах Данії середня загальна кількість народжених поросят на опорос становила у 2022 році 18,2 голів, а в кращих господарствах вона становила 19,7 поросят, багатоплідність, відповідно, склала 16,3 та 18,0 голови, з яких за збереженості 93,7 та 91,4 % при відлученні було 15,4 та 16,4 голів, відповідно, за маси одного відлученого поросяти 6,26 та 6,10 кг [11]. Водночас в умовах центрального регіону України свиноматки данського походження народжували 15,56 поросят на опорос, з яких живими були 14,78 голови з середньою масою 1,24 кг. До відлучення в їх гніздах збереглося 90,51 % живонароджених тварин, що становило на момент відлучення в 28-денному віці 13,71 голови з масою кожного поросяти 6,88 кг [50]. Водночас В. В. Волошинов повідомив, що в умовах промислової технології півдня України свиноматки данського походження народжували всього на опорос 16,4 голови, з яких 15,1 голови були живими і до відлучення, з яких залишилося 13,3 голови поросят з середньої масою 6,7 кг при збереженості всіх поросят на рівні 88,2 % [51].

Свиноматки данського походження, зважаючи на свою високу багатоплідність, мають нижчий рівень збереженості (80–85 %), що пов'язано з більшою конкуренцією серед поросят за молоко та вищою часткою слабких новонароджених [52].

Рівень середньодобових приростів у підсисний період є ключовим показником ефективності свиноматки. Він залежить від молочності матері, якості догляду та кормової бази [53]. У англійських свиноматок середньодобові прирости поросят становлять 230–250 г, що є високим показником завдяки довшому періоду лактації та високій поживній цінності молока [54]. Данські свиноматки, з огляду на коротший період лактації та більшу кількість поросят, забезпечують середньодобові прирости на рівні 200–220 г [55].

Абсолютні прирости маси поросят за період підсисного утримання також свідчать про різницю між породами. Так, у поросят англійських свиноматок маса приросту до моменту відлучення становить 5–6 кг [54, 56], водночас у данських порід – 4–5,5 кг [55, 57]. Це впливає на подальші темпи росту в післявідлучний період дорощування і може мати значення для загальної ефективності виробництва.

Серед промислових виробників свинини в Україні переважає використання свиноматок іноземних генетичних компаній [58]. Зокрема, 40 % свиноматок мають генетику з Данії,

21,8 % – французьку селекцію, 21,2 % – англійську. Гібридизація у свинарстві є ефективним засобом досягнення гетерозисного ефекту [59], проте її здійснення вимагає наявності спеціалізованих материнських і батьківських порід або ліній свиней, перевірених на сумісність [20, 60, 61]. Генетичні компанії під час селекційної роботи постійно тестують ці лінії на поєднуваність з метою відбору найоптимальніших комбінацій. Приблизно 5,5 % генетичних компаній використовують для вирощування свинини міжгенетичні гібриди різних компаній, які не перевірено на поєднуваність. Тому, враховуючи, що відтворювальна продуктивність свиней при поєднанні свиноматок однієї генетичної компанії з кнурами іншої є маловивченою, ми провели дослідження залежності цих ознак продуктивності від поєднання свиней двох найбільш представлених в Україні генетичних компаній.

У зв'язку з використанням частиною виробників свинини в Україні поєднань свиней різних генетичних компаній та недостатнім вивченням результатів таких поєднань дослідження продуктивних якостей свиноматок за таких варіантів підбору в умовах однакових паратипових факторів є важливим та актуальним для підвищення ефективності сучасного свинарства.

Метою дослідження було встановити та порівняти відтворювальні й продуктивні якості свиноматок данського походження у разі осіменіння їх спермою кнурів синтетичної лінії PIC–337 в умовах сучасного промислового свинарського господарства.

Матеріал і методи досліджень. Для проведення порівняння продуктивності свиноматок англійського та данського походження в умовах промислового виробництва північно-східної зони України було проведено дослідження на фермі товариства з обмеженою відповідальністю «Рябушківський бекон» Сумської області.

З цієї метою за принципом пар аналогів було відібрано по 120 помісних свиноматок великої білої та ландрас порід, 120 з яких походили від генетичної компанії Bridgers, а інші 120 – від генетичної компанії Pig Improvement Company (PIC). Усі свиноматки були запліднені міксованою спермою шести кнурів PIC–337 генетичної компанії Pig Improvement Company.

Після відлучення поросят відібраних в групи свиноматок переводили до відділення холостих і умовно порослих свиноматок, де розміщували в індивідуальні станки-бокси на частково щільній підлозі. Усі дослідні

тварини в цей період перебували в однакових умовах утримання та годівлі. Годівлю всіх тварин здійснювали спеціалізованим комбікормом для холостих і поросних свиноматок. Дозування комбікорму проводили з допомогою об'ємних дозаторів, напування – за допомогою ніпельних автопоїлок. Підтримання мікроклімату забезпечувалося вентиляційною системою з негативним тиском.

Після розміщення в станках для осіменіння двічі на добу проводили виявлення охоти у свиноматок за допомогою кнурів-пробників. Після встановлення рефлексу нерухомості свиноматок осіменяли двічі з інтервалом 12 годин, фіксуючи дату і час осіменіння.

Через 18 діб після початку осіменіння протягом тижня проводили виявлення охоти у свиноматок обох дослідних груп за допомогою кнурів-пробників. Тварини, у яких було виявлено повторну охоту, знову осіменяли спермою тих самих кнурів згідно з методикою, прийнятою в господарстві. На 28 добу після початку осіменіння всім свиноматкам як контрольної, так і дослідної групи було проведено ультразвукове сканування (УЗД). Свиноматок, у яких було встановлено поросність, переводили в групові станки для утримання до моменту опоросу. Тут їх утримували по 20 голів у кожному з дозованою годівлею за допомогою об'ємних кормових дозаторів. Підтримання мікроклімату, напування та видалення гною здійснювали так, як і в іншій групі.

Свиноматки з обох дослідних груп, у яких було виявлено повторну охоту, або не підтверджено поросність за допомогою УЗД-сканування, залишалися в цеху холостих і поросних свиноматок. Процедура осіменіння та перевірки повторювали до виявлення третього еструсу та третього осіменіння. Після негативного результату третього осіменіння свиноматок обох груп вибраковували як нездатних до відтворення.

На 110-й день поросності всіх дослідних тварин переводили в корпус для опоросу, де їх розміщували в індивідуальних станках з фіксацією посередині. Їх годівлю здійснювали спеціалізованими кормами для лактуючих свиноматок, дозування яких відбувалося за допомогою об'ємних дозаторів. Умови напування, підтримання мікроклімату та видалення гною були аналогічними до попередніх корпусів та ідентичними для свиноматок обох груп.

Після початку опоросу у свиноматок обох дослідних груп враховували загальну кількість народжених порослят, проводили зважування гнізда, окремо фіксуючи показники

живих, мертвих і муміфікованих порослят у журналі досліджень.

По завершенню опоросу, згідно з методикою проведення вирощування підсисних порослят, на третій день життя порослятам проводили кастрацію, купіювання хвостів та вводили залізовмісні препарати і кокцидіостатики. Починаючи з 14-го дня, порослят підгодовували престартерним комбікормом за рецептом 0–9. Упродовж підсисного періоду у свиноматок обох дослідних груп враховували кількість вибулих порослят, їх масу та причину вибуття. На четвертому тижні лактації проводили відлучення порослят. Під час цього відлучення як у контрольній, так і у дослідній групах здійснювали зважування гнізд порослят від кожної свиноматки.

На основі обліку тривалості сервіс-періоду, періоду поросності та тривалості лактації для кожної свиноматки було розраховано тривалість репродуктивного циклу для тварин обох дослідних груп. Відповідно до цих даних визначено середньорічну кількість опоросів для тварин контрольної та дослідної груп. З урахуванням багатоплідності та кількості порослят за відлучення розраховано середньорічну чисельність народжених і відлучених порослят на одну свиноматку.

Для забезпечення об'єктивного порівняння репродуктивних характеристик свиноматок обох груп було обчислено відповідні оцінювальні індекси: індекс репродуктивних якостей свиноматок (ІВЯ) за Лашом і Мольмом у модифікації М. Д. Березовського, селекційний індекс репродуктивних якостей свиноматок (СІВЯС) [62], комплексний продуктивний індекс репродуктивної та вирощувальної діяльності свиноматки SZFTV [63] згідно з методами, наведеними в посібнику [64].

$$ІВЯ = A + 2B + 35\sigma$$

де А – кількість порослят при народженні, гол.;

В – кількість порослят при відлученні, гол.;

σ – середньодобовий приріст від народження до відлучення, кг.

$$СІВЯС = 6X_1 + 9,34 (X_2/X_3),$$

де СІВЯС – селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок;

X_1 – багатоплідність, гол.;

X_2 – маса гнізда порослят при відлученні, кг;

X_3 – тривалість підсисного періоду, діб;

6 та 9,34 – коефіцієнти.

$$SZFTV = 100 + 5 (n_0 + n_f + (W_f/10) - i)$$

де n_0 – багатоплідність, гол.

n_f – кількість порослят при відлученні, гол.;

W_f – маса порослят при відлученні, кг;

i – скореговане середнє значення по породі (стандарт).

Експериментальні дані опрацьовано за допомогою методу варіаційної статистики згідно з методиками [64], із використанням комп'ютерних технологій та програмного забезпечення MS Excel 2016 і Statistica V.5.5.

Результати дослідження. За результатами дослідження встановлено, що з 120 інсеминованих свиноматок після першого осіменіння в обох групах було запліднено по 112 голів, що становило 93,3 % (табл. 1).

Серед свиноматок, які не запліднилися після першого осіменіння, повторне та третє осіменіння дало позитивний результат у чотирьох голів у контрольній групі (3,3 %) та у трьох голів у дослідній групі (2,5 %). У дослідній групі було зафіксовано більшу кількість вибракуваних свиноматок після третього невадлого осіменіння – на 0,8 % більше, ніж у контрольній групі.

Отже, за результатами УЗД-сканування, у контрольній групі було підтверджено поросність у 116 запліднених свиноматок, а в дослідній – у 115. Тобто коефіцієнт запліднення

виявився на 0,8 % вищим у контрольній групі порівняно з дослідною.

Після ехосканування серед тварин данського походження було вибракувано шість голів, тоді як у групі тварин англійського походження їх було п'ять, що становило відповідно 4,31 та 5,22 %. У контрольній групі із 120 свиноматок опоросилось 111, тоді як в дослідній лише 109, тобто коефіцієнт опоросу у тварин дослідної групи виявився на 1,7 % гіршим, ніж у контрольній.

У свиноматок дослідної групи встановлено дещо більшу (на 0,5 доби, 9,6 %) тривалість періоду від відлучення поросят до опоросу, та на 1,20 доби (1,0 %) тривалість поросності й на 0,3 доби (1,1 %) тривалість лактації. За рахунок цього тривалість репродуктивного циклу виявилась у них на 2,8 доби довшою ($p < 0,05$) порівняно з тваринами англійського походження, що й спричинило меншу середньорічну кількість опоросів у тварин данського походження порівняно з аналогами англійського походження (табл. 2).

Таблиця 1 – Відтворювальна продуктивність свиноматок англійського і данського походження

Показник	Група свиноматок	
	I	II
Походження свиноматок	англійського	данського
Походження кнурів	РІС	РІС
Кількість запліднених свиноматок у досліді, гол.	120	120
Коефіцієнт заплідненості свиноматок від першого осіменіння, %	93,3	93,3
Коефіцієнт заплідненості основних свиноматок від другого та третього осіменіння, %	3,33	2,50
Частка вибракуваних основних свиноматок з причин нездатності до запліднення, %	3,33	4,17
Коефіцієнт заплідненості свиноматок після всіх осіменінь, %	96,67	95,83
Відсоток вибракуваних свиноматок після діагностики поросності, %	4,31	5,22
Коефіцієнт опоросу свиноматок від всіх осіменінь, %	92,50	90,83

Таблиця 2 – Продуктивні якості свиноматок англійського і данського походження

Показник	Група свиноматок	
	I	II
Походження свиноматок	англійського	данського
Середня тривалість сервіс періоду, діб	5,20	5,70
Середня тривалість поросності, діб	116,0	117,2
Середня тривалість лактації свиноматок, діб	27,90	28,20
Тривалість відтворного циклу, діб	149,10±0,67	151,10±0,84*
Кількість опоросів на одну основну свиноматку в рік	2,29±0,056	2,25±0,071
Кількість народжених поросят на свиноматку в рік, гол.	34,39±0,271	36,41±0,333***
Середня кількість відлучених поросят на одну основну свиноматку в рік, гол.	33,16±0,23	34,80±0,23***

Незважаючи на меншу середньорічну кількість опоросів, за рахунок вищої багатоплідності у свиноматок дослідної групи було отримано на 2,0 поросяти більше ($p<0,001$) при опоросі й на 1,6 голови ($p<0,001$) при відлученні, що, відповідно, становило 5,9 і 4,9%.

Під час порівняння продуктивних якостей свиноматок англійського та данського походження виявлено суттєві відмінності (табл. 3). Так, за загальною кількістю народжених поросят свиноматки дослідної групи перевершували аналогів контрольної групи на 1,2 голови ($p<0,01$). Водночас за середньою масою народжених поросят вони поступалися їм на 0,05 кг. Однак, завдяки більшій кількості поросят у гнізді, загальна маса приплоду у тварин данського походження перевищувала цей показник у свиноматок англійського походження на 0,8 кг ($p<0,05$).

Тим часом у дослідній групі було зафіксовано на 0,03 поросяти більше мертвнонароджених, що може бути пов'язано з підвищеною багатоплідністю свиноматок данського походження.

Попри більшу кількість мертвнонароджених поросят свиноматки дослідної групи мали достовірно ($p<0,01$) вищу на 1,17 голови багатоплідність. Водночас маса одного живонародженого поросяти була у них нижчою на 0,05 кг.

Незважаючи на меншу великоплідність, загальна маса живонароджених поросят у гніздах свиноматок данського походження перевищувала аналогічний показник у свиноматок англійського походження на 0,82 кг ($p<0,05$).

Оскільки збереженість поросят має обернену кореляцію з багатоплідністю та загальною кількістю народжених поросят, закономірним є те, що у свиноматок дослідної групи збереженість поросят до відлучення була на 0,82 % нижчою порівняно з контрольною групою.

Попри гіршу збереженість поросят у гніздах тварин дослідної групи завдяки вищій багатоплідності до відлучення було на 0,99 голови більше ($p<0,001$) поросят порівняно з тваринами англійського походження.

Таблиця 3 – Продуктивні якості свиноматок англійського і данського походження

Показник	Група свиноматок	
	I	II
Походження свиноматок	англійського	данського
Походження кнурів	РІС-337	РІС-337
Народилось поросят на опорос всього, гол.	15,40±0,27	16,60±0,36**
Середня маса одного поросяти при народженні, кг	1,37±0,043	1,32±0,036
Маса всіх народжених поросят на опорос, кг	21,09±0,29	21,90±0,23*
Кількість мертвнонароджених поросят на опорос, гол.	0,38	0,41
Частка мертвнонароджених від всього народжених, %	2,46	2,49
Багатоплідність, гол.	15,02±0,25	16,18±0,32**
Середня маса одного живонародженого поросяти, кг	1,40±0,032	1,35±0,036
Маса гнізда живих поросят при народженні, кг	21,03±0,23	21,85±0,21**
Збереженість поросят до відлучення, %	96,40±0,86	95,58±1,01
Падіж до відлучення, гол	0,54	0,72
Падіж до відлучення, %	3,60	4,42
Відлученно поросят на 1 опорос, гол	14,48±0,14	15,47±0,21***
Маса однієї голови при відлученні, кг	7,41±0,073***	6,89±0,092
Маса гнізда поросят при відлученні, кг	107,1±1,54	106,7±1,32
Середня тривалість підсисного періоду, діб	27,90	28,20
Вік відлучення поросят, діб	27,90	28,20
Абсолютний приріст поросят в підсисний період, кг	6,00±0,069***	5,55±0,087
Середньодобовий приріст поросят в підсисний період, г	216,1±5,06**	197,9±3,98
ІВЯ	38,9±0,36	40,4±0,42**
СІВЯС	125,8±2,06	132,7±1,93*
SZFTV	162,8±2,97	173,6±2,03**

Водночас свиноматки дослідної групи, через більшу кількість поросят у гнізді та, як наслідок, гіршу доступність до молока матері в підсисний період, мали на 18,3 г нижчі ($p < 0,01$) середньодобові приростів на 0,49 кг ($p < 0,001$), а також, незважаючи на дещо тривалішу лактацію, до меншої на 0,54 кг ($p < 0,001$) маси одного поросяти при відлученні. Однак, незважаючи на меншу масу одного поросяти при відлученні, завдяки їх більшій кількості в гнізді загальна маса гнізда поросят при відлученні практично не різнилася між свиноматками дослідних груп.

Зважаючи на різні рівні окремих показників відтворювальної продуктивності свиноматок дослідних груп, більш об'єктивним є їх оцінювання за комплексними індексами відтворювальних якостей. Як видно з таблиці 3, за всіма індексами відтворювальної продуктивності свиноматки дослідної групи переважали аналогів контрольної групи. Так, за індексом відтворювальних якостей свиноматок з обмеженою кількістю ознак ця перевага становила 1,4 бала ($p < 0,01$), за селекційним індексом відтворювальних якостей – 6,9 бала ($p < 0,05$), а за показником відтворювальних та продуктивних якостей свиноматок ця різниця сягнула 10,8 бала ($p < 0,01$).

Підсумовуючи результати проведених досліджень, нами встановлено, що у свиноматок дослідної групи загальна кількість народжених поросят була більшою на 7,8 %, маса всіх народжених поросят – на 3,8 %, багатоплідність – на 7,8 %, маса живонароджених поросят – на 3,9 %, а кількість поросят при відлученні – на 6,8 % вищою порівняно з контрольною групою. У свиноматок дослідної групи всі оціночні індекси відтворювальної продуктивності також були вищими на 3,5–6,6 %.

Водночас свиноматки данського походження мали на 1,2 % більшу частку мертвонароджених поросят, на 3,6 % гіршу великоплідність та на 0,9 % нижчу збереженість. Інтенсивність росту в підсисний період у них була нижчою на 8,5 %, що призвело до зменшення абсолютних приростів на 8,1 % та зменшення маси одного поросяти при відлученні на 7,3 %. За масою гнізда поросят при відлученні суттєвих відмінностей між свиноматками данського та англійського походження не встановлено.

Обговорення. Отримані результати підтверджують, що генетичне походження свиноматок має істотний вплив на їх продуктивність і відтворювальні якості, що узгоджується з даними наукової літератури [1, 3].

У нашому дослідженні коефіцієнт заплідненості після першого осіменіння становив 93,3 % у свиноматок обох груп, тоді як після всіх осіменінь він становив 96,67 % у свиноматок англійського походження та 95,83 % данського. За даними [33], для англійських порід він становить 85–90 %, а для данських порід за іншою інформацією [32] – 92–95 %, що узгоджується з літературними даними щодо ефективності данських репродуктивних ліній [34, 35]. Тривалість поросності була дещо довшою у свиноматок данського походження – 117,2 діб проти 116,0 в однолітків англійського. Це узгоджується даними, де англійські породи демонструють схильність до трохи довшого періоду поросності [17].

Середньорічна кількість опоросів на свиноматку за результатами наших досліджень становила 2,29 у поголів'я англійського походження та 2,25 у аналогів данського, що не збігається з результатами інших авторів [39], які зазначають середні значення для данських порід 2,3–2,5 опоросів, а також з повідомленнями про 2,1–2,2 опороси в рік для свиней англійського походження [37, 38].

Кількість народжених поросят на свиноматку в рік була вищою у тварин данського походження – 36,41 голови, а середня кількість відлучених поросят склала 34,80, що узгоджується з даними [14], проти 34,39 для англійських тварин у групі данського походження – також підтверджує високий рівень виживаності поросят, що, на думку інших вчених [52], для данських порід часто є складнішим через вищу багатоплідність.

Отримані в наших дослідженнях результати, які вказують на високий рівень багатоплідності свиноматок данського походження, збігаються з інформацією [11, 14, 43, 45, 50]. Щодо рівня багатоплідності свиноматок англійського походження наші дані узгоджуються з даними [47], які спостерігали в своїх дослідженнях багатоплідність свиноматок англійського походження на рівні 15,7–17,0 голів, але суперечать висновкам [48, 49], які вказують на суттєво нижчі рівні багатоплідності свиноматок англійського походження в різних регіонах планети.

Водночас за опублікованими повідомленнями [42, 43], англійські свиноматки мали вищу середню масу новонароджених поросят, що відповідає результатам наших досліджень, де також більшу великоплідність виявлено у свиноматок англійського походження. Наші висновки щодо кращої збереженості підсисних поросят у свиноматок англійського походження порівняно з аналогами данського узгоджуються з повідомленнями [23, 24],

які вказують на вищі рівні збереженості молодняка тварин, що мають англійське походження. Однак рівень збереженості поросят до відлучення, який для свиноматок англійського походження в наших дослідженнях становив 96,4 % суперечить даним [47, 48] та близький до показників отриманих в більш ранніх дослідженнях [46]. Водночас наші дані щодо гіршої збереженості поросят данського походження хоча і співзвучні з повідомленнями [23, 24], проте не узгоджуються з даними інших науковців [11, 50, 51], які повідомляють про збереженість поросят у підсисний період у свиноматок данського походження на рівні 88,2–93,7 % (в нашому досліді він становив 95,58 %). Отримані нами результати щодо вищої на 0,52 кг маси поросят при відлученні у свиноматок англійського походження відповідають даним [47, 49], згідно з якими свиноматки англійського походження мали масу при відлученні 7,1–7,4 кг. За іншими даними, маса при відлученні поросят данського походження вар'ювала від 6 до 7 кг [2, 11, 45].

Середньодобовий приріст поросят у підсисний період, згідно з отриманими даними, становив 216,1 г (свині англійського походження) та 197,9 г (свині данського походження), що при порівнянні збігається з оглядовими даними про середні прирости у поросят від англійських свиноматок (230–250 г/добу) [54] та не повністю узгоджується з даними [47], зазначається про 185–215 г приросту у свиней англійського походження, а також нижче від показників для данських свиней – 200–220 г/добу [55].

Висновки. Встановлено, що свиноматки данського походження мали вищу частку тварин, вибракуваних через безпліддя, нижчий коефіцієнт опоросу, триваліший відтворювальний цикл і меншу середньорічну кількість опоросів. Водночас вони характеризувалися більшою кількістю народжених поросят та вищою кількістю поросят при відлученні на одну свиноматку за рік порівняно з тваринами англійського походження.

Доведено, що у свиноматок данського походження більша загальна кількість народжених поросят, маса всіх народжених поросят, багатоплідність, маса живонароджених поросят, кількість поросят при відлученні та оцінювальні індекси відтворювальної продуктивності.

Свиноматки англійського походження мали меншу частку мертвонароджених поросят, тому вони відзначалися вищою великоплідністю та збереженістю, їхні поросята демонстрували кращу інтенсивність росту, вищі абсолютні прирости в підсисний період і більшу масу при відлученні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лихач В., Лихач А., Фаустов Р., Кучер О. Сучасний стан та тенденції розвитку вітчизняного свинарства. Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво. 2021. Вип. 1 (44). С. 69–79. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2021.1.10
2. Михалко О.Г. Сучасний стан та шляхи розвитку свинарства в світі та Україні. Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво. 2021. Вип. 3 (46). С. 61–78. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2021.3.9
3. Василевич І. Кращий досвід данської селекції – Roenshaug A/S. 2016. URL: <https://pigua.info/uk/post/krasij-dosvid-danskoi-selekcii-roenshaug-as-uk> (дата звернення 10.04.2025)
4. Чернецький Г. PIC Camborough® - неймовірна продуктивність та ефективність. 2021. URL: <https://pigua.info/uk/post/technologies/pic-camborough-nejmovirna-produktivnist-ta-efektivnist> (дата звернення 10.04.2025)
5. Бабань А.О. Генетичний фактор у вирощуванні свиней. 2017. URL: <https://pig.tekro.ua/viroshchennya/item/29-genetichnij-faktor-u-viroshhuvanni-svinej.html> (дата звернення 10.04.2025)
6. Чернецький Г. PIC337 забезпечує найбільший прибуток по всьому ланцюжку вироблення свинини. 2021. URL: <https://www.pigua.info/uk/post/technologies/pic337-zabezpecue-najbilsij-prybutok-po-vsomu-lancuzku-viroblenna-svinini> (дата звернення 10.04.2025)
7. Ващенко О.В. Ефективність використання свиней зарубіжної селекції у схрещуванні з вітчизняними породами і типами: дис. ... канд. с.-г. наук. с. Чубинське, Київська обл. 2021. 171 с. URL: <https://uacademic.info/download/file/0421U103952/dis.docx>
8. Василевич О. Опорос по-данськи. Agrotimes. 2021. URL: <https://agrotimes.ua/article/danska-genetyka-svynej-oporos-po-dansky/> (дата звернення 10.04.2025)
9. Лембке-Єнсен Я. Breeders of Denmark A/S. 2024. URL: <https://kurkul.com/kompanii/2827-breeders-of-denmark-a-s> (дата звернення 10.04.2025)
10. Comparison of growth performance and meat quality traits of commercial cross-bred pigs versus the Large Black pig breed / Y. Wang et al. Animals. 2021. Vol. 11 (1). 200 p. DOI:10.3390/ani11010200
11. Vinther J. Brancheanalyse for produktivitet i udsnit af DanBred-besætninger 2022. Notat nr. 2322, SEGES Innovation. 2023. URL: https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/5/c/8/besatninger_danbred_genetik_notat_2410.pdf (дата звернення 10.04.2025)
12. PIC. Maximised productivity with increased practicality. 2025. URL: <https://gb.pic.com/products/picx54/> (дата звернення 10.04.2025)
13. Christensen A.M. Renaissance of the Danish 'Bacon Pig'. Department of Molecular Biology and Genetics. 2012. URL: <https://mbg.au.dk/en/news-and-events/news-item/artikel/bacon-svinet-har-faaet-blodfornyelse-1-1> (дата звернення 10.04.2025)

14. Lopez B.I.M., Song C., Seo K. Genetic parameters and trends for production traits and their relationship with litter traits in Landrace and Yorkshire pigs. *Animal Science Journal*. 2018. Vol. 89 (10). P. 1381–1388. DOI:10.1111/asj.13090
15. Nielsen G., Su G., Lund M.S., Madsen P. Selection for increased number of piglets at day 5 after farrowing has increased litter size and reduced piglet mortality. *Journal of Animal Science*. 2013. Vol. 91 (6). P. 2575–2582. DOI:10.2527/jas.2012-5990
16. Genetic and phenotypic characteristics of belted pig breeds: A review / S. Giovannini et al. *Animals*. 2023. Vol. 13 (19). 3072 p. DOI:10.3390/ani13193072
17. Kasprzyk A., Walenia A. Native pig breeds as a source of biodiversity - Breeding and economic aspects. *Agriculture*. 2023. Vol. 13 (8). 1528 p. DOI:10.3390/agriculture13081528
18. PIC. X54 Sell Sheet A4 Europe ENG-UK 2021–07. 2021. URL: <https://www.gb.pic.com>
19. Hyttel H.L. Brancheanalyse for produktivitet i 2023 i et udsnit af besætninger som anvendte DanBred-genetik. Notat nr. 2410, SEGES Innovation. 2024. URL: https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/5/c/8/besatninger_danbred_genetik_notat_2410.pdf (дата звернення 10.04.2025)
20. Zhang J.H., Xiong Y.Z., Deng C.Y. Correlations of genic heterozygosity and variances with heterosis in a pig population revealed by microsatellite DNA marker. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2005. Vol. 18 (5). P. 620–625. DOI:10.5713/ajas.2005.620
21. Paura L. Genetic parameters and genetic gain for the reproduction traits in Latvian Landrace and Yorkshire sows populations. *Animal and Veterinary Sciences*. 2014. Vol. 2 (6). P. 184–188. DOI:10.11648/j.av.s.20140206.15
22. Identification of breed-specific SNPs of Danish Large White pig in comparison with four Chinese local pig breed genomes / X. Wu et al. *Genes*. 2024. Vol. 15 (5). 623 p. DOI:10.3390/genes15050623
23. Briggs H.M. International pig breed encyclopedia. 1983. URL: <https://www.elanco.com/> (дата звернення 10.04.2025)
24. Nowak B., Mucha A., Moska M., Kruszyński W. Reproduction indicators related to litter size and reproduction cycle length among sows of breeds considered maternal and paternal components kept on medium-size farms. *Animals*. 2020. Vol. 10 (7). 1164 p. DOI:10.3390/ani10071164
25. Bred D. DanBred Landrace. 2025. URL: <https://danbred.com/our-dna/landrace/> (дата звернення 10.04.2025)
26. Growth, blood, carcass and meat quality traits from local pig breeds and their crosses / J.M. Martins et al. *Animal*, 2020. Vol. 14 (3). P. 636–647. DOI:10.1017/S1751731119002222
27. Genetic parameters for different measures of feed efficiency and related traits in boars of three pig breeds / D.N. Do et al. *Journal of Animal Science*. 2013. Vol. 91 (9). P. 4069–4079. DOI:10.2527/jas.2012-6197
28. Pig333. The Danish pig breeding industry now has a new significant global player: Danish Genetics. 2018. URL: https://www.pig333.com/company_news/the-danish-pig-breeding-industry-has-a-new-player-danish-genetics_14036/ (дата звернення 10.04.2025)
29. Analytical review of productive performance of local pig breeds. In *European local pig breeds – Diversity and performance* / M. Čandek-Potokar et al. A study of project TREASURE. 2019. DOI:10.5772/intechopen.84214
30. Knox R.V. Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology*. 2016. Vol. 85 (1). P. 83–93. DOI:10.1016/j.theriogenology.2015.07.009
31. Multidimensional sustainability assessment of pig production systems at herd level – The case of Denmark / J.V. Olsen et al. *Livestock Science*. 2023. Vol. 270. DOI:10.1016/j.livsci.2023.105208
32. Danish Genetics. Danish pig genetics takes a unique approach to developing its updated breeding program. 2020. URL: <https://danishgenetics.dk/en/news/danish-pig-genetics-takes-a-unique-approach-to-developing-its-updated-breeding-program> (дата звернення 10.04.2025)
33. Ronald B.S.M., Jawahar T.P., Gnanaraj P.T., Sivakumar T. Artificial insemination in swine in an organized farm – A pilot study. *Veterinary World*. 2013. Vol. 6 (9). P. 651–654. URL: <https://www.veterinaryworld.org/Vol.6/Sept-2013/13.pdf>
34. Antunes A.C.L., Jensen V.F. Close to a decade of decrease in antimicrobial usage in Danish pig production - Evaluating the effect of the Yellow Card Scheme updated. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020. Vol. 7. 109 p. DOI:10.3389/fvets.2020.00109
35. Poza V. Stimulation during insemination: The Danish perspective. 2011. URL: https://www.pig333.com/articles/stimulation-during-insemination-the-danish-perspective_4812/ (дата звернення 10.04.2025)
36. Artificial insemination and optimization of the use of seminal doses in swine / F.P. Bortolozzo et al. *Animal Reproduction Science*. 2024. Vol. 269. DOI:10.1016/j.anireprosci.2024.107501
37. Prediction of sow farrowing onset time using activity time series extracted by optical flow estimation / K. Liu et al. *Animals*. 2025. Vol. 15 (7). 998 p. DOI:10.3390/ani15070998
38. Skovbo D.K.F., Hales J., Kristensen A.R., Moustsen V.A. Comparison of management strategies for confinement of sows around farrowing in Sow Welfare And Piglet protection pens. *Livestock Science*. 2022. Vol. 263. DOI:10.1016/j.livsci.2022.105026
39. Kobek-Kjeldager C., Larsen M.L.V., Pedersen L.J. Changes in piglet and litter characteristics across parities in two highly prolific sow hybrids in an outdoor organic herd. *Animal Science Journal*. 2023. Vol. 94 (1). DOI:10.1111/asj.13840
40. Вощенко І.Б. Ефективність селекції та зв'язок відтворювальних якостей свиноматок в умовах промислових ферм західної частини півострова Ютландія. Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво. 2024. Вип. (3). С. 10–18. DOI:10.32782/bsnau.lvst.2024.3.2

41. The quantitative effect of antimicrobial usage in Danish pig farms on the abundance of antimicrobial resistance genes in slaughter pigs / V.D. Andersen et al. *Preventive Veterinary Medicine*. 2023. Vol. 214. DOI:10.1016/j.prevetmed.2023.105899
42. Schild S.-L.A., Foldager L., Rangstrup-Christensen L., Pedersen L.J. Characteristics of piglets born by two highly prolific sow hybrids. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020. Vol. 7. 355 p. DOI:10.3389/fvets.2020.00355
43. Kobek-Kjeldager C., Moustsen V.A., Pedersen L.J., Theil P.K. Impact of litter size, supplementary milk replacer and housing on the body composition of piglets from hyper-prolific sows at weaning. *Animal*. 2021. Vol. 15 (1). DOI:10.1016/j.animal.2020.100007
44. Bump feeding improves sow reproductive performance, milk yield, piglet birth weight, and farrowing behavior / K.M.B. Ampode et al. *Animals*. 2023. Vol. 13 (19). 3148 p. DOI:10.3390/ani13193148
45. Волошинов В.В., Повод М.Г. Продуктивні якості свиноматок данської і канадської селекції в умовах промислової технології. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво*. 2023. Вип. (4). С. 3–9. DOI:10.32782/bsnau.lvst.2023.4.1
46. Бублик О. Збереженість поросят англійської генетики – у межах 93–94%. *Agrotimes*. 2021. URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/zberezenist-porosyat-anglijskoyi-genetyky-u-mezhah-93-94/> (дата звернення 10.04.2025)
47. Відтворювальні якості та прояв різних форм гетерозису у свиноматок англійського походження різного селекційного спрямування за чистопородного розведення, схрещування та гібридизації / М.І. Кремезь та ін. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Сільськогосподарські науки*. 2024. Вип. 26 (101). С. 319–325. DOI:10.32718/nvlvet-a10151
48. Vargovic L., Harper J.A., Bunter K.L. Traits Defining Sow Lifetime Maternal Performance. *Animals (Basel)*. 2022. Vol. 16. 2451 p. DOI:10.3390/ani12182451
49. Халак В.І. Репродуктивні якості свиноматок різних типів адаптації та рівень їх закріплення фенотипу. Розведення тварин і генетика. 2022. Вип. 64. С. 164–172. DOI:10.310 73/abg.64.15.
50. Михалко О., Повод М. Відтворні якості свиноматок датського та французького походження в умовах промислового комплексу. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво*. 2019. Вип. 1–2 (36–37). С. 27–37. DOI:10.32845/bsnau.lvst. 2019.1-2.4
51. Волошинов В.В., Повод М.Г. Продуктивні якості свиноматок данської і канадської селекції в умовах промислової технології. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво*. 2023. Вип. (4). С. 3–9. DOI:10.32782/bsnau.lvst.2023.4.1
52. Бублик О. Данські свиноматки швидше окупувються завдяки багатоплідності та відмінним приростам. *Agrotimes*. 2021. URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/danski-svynomatky-shvydshe-okupovuyutsya-zavdyaky-bagatoplidnosti-ta-vidminnym-pyryrostatam/> (дата звернення 10.04.2025)
53. Management and feeding strategies in early life to increase piglet performance and welfare around weaning: A review / L. Blavi et al. *Animals*. 2021. Vol. 11 (2). 302 p. DOI:10.3390/ani11020302
54. Davis H.E. Sow nutrition and piglet viability. Doctoral dissertation, University of Leeds. White Rose eTheses Online. 2019. URL: https://etheses.whiterose.ac.uk/id/eprint/26803/1/Davis_HE_Biology_PhD_2019.pdf (дата звернення 10.04.2025)
55. Hojgaard C.K., Bruun T.S., Theil P.K. Impact of milk and nutrient intake of piglets and sow milk composition on piglet growth and body composition at weaning. *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98 (3). DOI:10.1093/jas/skaa060
56. Declerck I. Sows' colostrum yield and piglets' colostrum intake: A challenge in high-prolific pig production. Doctoral dissertation, Ghent University. 2020. URL: <https://hdl.handle.net/1854/LU-8504049>
57. Ad libitum feeding systems for lactating sows: Effects on productivity and welfare of sows and piglets / S.C. Gorr et al. *Animal*. 2024. Vol. 18 (3). DOI:10.1016/j.animal.2024.101093
58. Delo.ua. Свиначство в Україні поступово відроджується. *UkrAgroConsult*. 2024. URL: <https://ukragroconsult.com/news/svynarstvo-v-ukrayini-postupovo-vidrozhuyetsya/> (дата звернення 10.04.2025)
59. Оглобля В., Повод М. Відтворювальні якості свиноматок ірландського походження за чистопородного розведення та схрещування в умовах промислового комплексу. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво*. 2020. Вип. 1 (40). С. 103–107. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2020.1.15
60. Храмова О.М. (2020). Господарсько-біологічні особливості, адаптаційні властивості свиней ірландського походження та їх використання за різних методів розведення: дис. ... канд. с.-г. наук. Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Дніпро, 2020. 199 с. URL: https://www.mnau.edu.ua/files/spec_vchen_rad/d_38_806_02/hramkova/dis_hramkova.pdf
61. Відтворювальні ознаки свиней ірландської селекції та прояв різних форм гетерозису за різних методів розведення в сучасних умовах промислового виробництва свинини. *НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій / М. Кремезь та ін. Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 24 (96). С. 78–88. DOI:10.32718/nvlvet-a9610
62. Церенюк О. Гетерозис за різних поєднань свиней. *Сучасне тваринництво*. 2014. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnystvo/item/8091-heterozys-za-riznykh-poiednan-svynei.html> (дата звернення 10.04.2025)
63. Ertés teljesítményvizsgáló kódex / L. Radnóczy et al. Budapest, 2017. Vol. 39. URL: https://www.mfse.eu/modul/files/k_dex_8_2017.pdf (дата звернення 10.04.2025)
64. Ладика В.І., Хмельницький Л.М., Повод М.Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: Навчальний посібник для аспірантів. Одеса: Олді+, 2023. 244 с.

REFERENCES

1. Lykhach, V., Lykhach, A., Faustov, R., Kucher, O. (2021). Suchasnyi stan ta tendentsii rozvytku vitchyznianoho svynarstva [Current state and trends in the development of domestic pig farming]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu* [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. *Tvarynnystvo* [Livestock], Vol. 1 (44), pp. 69–79. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2021.1.10 (in Ukrainian).
2. Mykhalko, O.G. (2021). Suchasnyi stan ta shliakhy rozvytku svynarstva v sviti ta Ukraini [The current state and ways of development of pig farming in the world and in Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu* [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. *Tvarynnystvo* [Livestock], Vol. 3, pp. 60–77. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2021.3.9 (in Ukrainian).
3. Vasylevich, I. (2016). Krashchyi dosvid danskoi selektsii - Roenshaug A/S [The best experience of Danish breeding - Roenshaug A/S]. Available at: <https://pigua.info/uk/post/krasij-dosvid-danskoi-selektsii-roenshaug-as-uk> (request date 10.04.2025) (in Ukrainian).
4. Chernetskyi, G. (2021). PIC Camborough® - neimovirna produktyvnist ta efektyvnist [PIC Camborough® - incredible productivity and efficiency]. Available at: <https://pigua.info/uk/post/technologies/pic-camboroughr-neimovirna-produktivnist-ta-efektivnist> (request date 10.04.2025) (in Ukrainian).
5. Baban, A.O. (2017). Henetychnyi faktor u vyroshchuvanni svynei [Genetic factor in pig breeding]. Available at: <https://pig.tekro.ua/viroshchennya/item/29-genetichnij-faktor-u-viroshchuvanni-svinei.html> (request date 10.04.2025) (in Ukrainian).
6. Chernetskyi, G. (2021). PIC337 zabezpechuje najbil'shyj prybutok po vs'omu lancuzhku vyroblennja svynyny [PIC337 provides the highest profit throughout the pork production chain]. Available at: <https://www.pigua.info/uk/post/technologies/pic337-zabezpechue-najbilsij-prybutok-po-vsomu-lancuzku-vyroblenna-svinini> (request date 10.04.2025) (in Ukrainian).
7. Vashchenko, O.V. (2021). Efektyvnist vykorystannia svynei zarubizhnoi selektsii u skhreshchuvanni z vitchyznianymy porodamy i typamy: dys. ... kand. s.-h. nauk [The effectiveness of using pigs of foreign selection in crossing with domestic breeds and types: dissertation of the candidate of agricultural sciences], Chubynske, Kyiv region, 171 p. Available at: <https://uacademic.info/download/file/0421U103952/dis.docx> (in Ukrainian).
8. Vasylevich, O. (2021). Oporos po-dansky [Farrowing in Danish]. *Agrotimes*. URL: Available at: <https://agrotimes.ua/article/danska-genetyka-svynej-oporos-po-dansky/> (request date 10.04.2025) (in Ukrainian).
9. Lembke-Jensen, J. (2024). Breeders of Denmark A/S. Available at: <https://kurkul.com/kompanii/2827-breeders-of-denmark-a-s> (request date 10.04.2025)
10. Wang, Y., Thakali, K., Morse, P., Shelby, S., Chen, J., Apple, J., Huang, Y. (2021). Comparison of growth performance and meat quality traits of commercial cross-bred pigs versus the Large Black pig breed. *Animals*, Vol. 11 (1), 200 p. DOI:10.3390/ani11010200
11. Vinther, J. (2023). Brancheanalyse for produktivitet i udsnit af DanBred-besætninger 2022. Notat nr. 2322, SEGES Innovation. Available at: https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/5/c/8/besatninger_danbred_genetik_notat_2410.pdf (request date 10.04.2025)
12. PIC. (2025). Maximised productivity with increased practicality. Available at: <https://gb.pic.com/products/picx54/> (request date 10.04.2025)
13. Christensen, A.M. (2012). Renaissance of the Danish 'Bacon Pig'. Department of Molecular Biology and Genetics. Available at: <https://mbg.au.dk/en/news-and-events/news-item/artikel/baconsvinet-har-faaet-blodformelse-1-1> (request date 10.04.2025)
14. Lopez, B.I.M., Song, C., Seo, K. (2018). Genetic parameters and trends for production traits and their relationship with litter traits in Landrace and Yorkshire pigs. *Animal Science Journal*, Vol. 89 (10), pp. 1381–1388. DOI:10.1111/asj.13090
15. Nielsen, G., Su, G., Lund, M.S., Madsen, P. (2013). Selection for increased number of piglets at day 5 after farrowing has increased litter size and reduced piglet mortality. *Journal of Animal Science*, Vol. 91 (6), pp. 2575–2582. DOI:10.2527/jas.2012-5990
16. Giovannini, S., Strillacci, M.G., Bagnato, A., Albertini, E., Sarti, F.M. (2023). Genetic and phenotypic characteristics of belted pig breeds: A review. *Animals*, Vol. 13 (19), 3072 p. DOI:10.3390/ani13193072
17. Kasprzyk, A., Walenia, A. (2023). Native pig breeds as a source of biodiversity - Breeding and economic aspects. *Agriculture*, Vol. 13 (8), 1528 p. DOI:10.3390/agriculture13081528
18. PIC. (2021). X54 Sell Sheet A4 Europe ENG-UK 2021-07. Available at: <https://www.gb.pic.com>
19. Hyttel, H.L. (2024). Brancheanalyse for produktivitet i 2023 i et udsnit af besætninger som anvendte DanBred-genetik. Notat nr. 2410, SEGES Innovation. Available at: https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/5/c/8/besatninger_danbred_genetik_notat_2410.pdf (request date 10.04.2025)
20. Zhang, J.H., Xiong, Y.Z., Deng, C.Y. (2005). Correlations of genic heterozygosity and variances with heterosis in a pig population revealed by microsatellite DNA marker. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Vol. 18 (5), pp. 620–625. DOI:10.5713/ajas.2005.620
21. Paura, L. (2014). Genetic parameters and genetic gain for the reproduction traits in Latvian Landrace and Yorkshire sows populations. *Animal and Veterinary Sciences*, Vol. 2 (6), pp. 184–188. DOI:10.11648/j.av.20140206.15
22. Wu, X., Xiang, D., Zhang, W., Ma, Y., Zhao, G., Yin, Z. (2024). Identification of breed-specific SNPs

of Danish Large White pig in comparison with four Chinese local pig breed genomes. *Genes*, Vol. 15 (5), 623 p. DOI:10.3390/genes15050623

23. Briggs, H.M. (1983). International pig breed encyclopedia. Available at: <https://www.elanco.com/> (дата звернення 10.04.2025)

24. Nowak, B., Mucha, A., Moska, M., Kru-szyński, W. (2020). Reproduction indicators related to litter size and reproduction cycle length among sows of breeds considered maternal and paternal components kept on medium-size farms. *Animals*, Vol. 10 (7), 1164 p. DOI:10.3390/ani10071164

25. DanBred. (2025). DanBred Landrace. Avail-able at: <https://danbred.com/our-dna/landrace/> (re-quest date 10.04.2025)

26. Martins, J.M., Fialho, R., Albuquerque, A., Neves, J., Freitas, A., Nunes, J.T., Charneca, R. (2020). Growth, blood, carcass and meat qual-ity traits from local pig breeds and their crosses. *Animal*, Vol. 14 (3), pp. 636–647. DOI:10.1017/S1751731119002222

27. Do, D.N., Strathe, A.B., Jensen, J., Mark, T., Kadarmideen, H.N. (2013). Genetic parameters for different measures of feed efficiency and related traits in boars of three pig breeds. *Journal of Animal Science*, Vol. 91 (9), pp. 4069–4079. DOI:10.2527/jas.2012-6197

28. Pig 333. (2018). The Danish pig breeding industry now has a new significant global player: Danish Genetics. Available at: https://www.pig333.com/company_news/the-danish-pig-breeding-indus-try-has-a-new-player-danish-genetics_14036/ (re-quest date 10.04.2025)

29. Čandek-Potokar, M., Batorek Lukač, N., Tomažin, U., Škrlep, M., Nieto, R. (2019). Analyt-ical review of productive performance of local pig breeds. In *European local pig breeds – Diversity and performance. A study of project TREASURE*. DOI:10.5772/intechopen.84214

30. Knox, R.V. (2016). Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology*, Vol. 85 (1), pp. 83–93. DOI:10.1016/j.theriogenology.2015.07.009

31. Olsen, J.V., Andersen, H.M.-L., Kristensen, T., Schlægelberger, S.V., Udesen, F., Christensen, T., Sandøe, P. (2023). Multidimensional sustainability assessment of pig production systems at herd level – The case of Denmark. *Livestock Science*, Vol. 270. DOI:10.1016/j.livsci.2023.105208

32. Danish Genetics. (2020). Danish pig genet-ics takes a unique approach to developing its updated breeding program. Available at: <https://danishgenet-ics.dk/en/news/danish-pig-genetics-takes-a-unique-approach-to-developing-its-updated-breeding-pro-gram> (request date 10.04.2025)

33. Ronald, B.S.M., Jawahar, T.P., Gnanaraj, P.T., Sivakumar, T. (2013). Artificial insemination in swine in an organized farm – A pilot study. *Veterinary World*, Vol. 6 (9), pp. 651–654. Available at: <http://www.veterinaryworld.org/Vol.6/Sept-2013/13.pdf>

34. Antunes, A.C.L., Jensen, V.F. (2020). Close to a decade of decrease in antimicrobial usage in Dan-ish pig production - Evaluating the effect of the Yellow

Card Scheme updated. *Frontiers in Veterinary Sci-ence*, Vol. 7, 109 p. DOI:10.3389/fvets.2020.00109

35. Poza, V. (2011). Stimulation during insemin-ation: The Danish perspective. Available at: https://www.pig333.com/articles/stimulation-during-insem-ination-the-danish-perspective_4812/ (request date 10.04.2025)

36. Bortolozzo, F.P., Zanin, G.P., Christ, T.S., Rech, R.D., Ulguim, R.R., Mellagi, A.P.G. (2024). Artificial insemination and optimization of the use of seminal doses in swine. *Animal Reproduc-tion Science*, Vol. 269. DOI:10.1016/j.anirepros-ci.2024.107501

37. Liu, K., Huang, Y., Liu, J., Tan, Z., Xiao, D. (2025). Prediction of sow farrowing onset time us-ing activity time series extracted by optical flow es-timation. *Animals*, Vol. 15 (7), 998 p. DOI:10.3390/ani15070998

38. Skovbo, D.K.F., Hales, J., Kristensen, A.R., Moustsen, V.A. (2022). Comparison of management strategies for confinement of sows around farrowing in Sow Welfare And Piglet protection pens. *Livestock Science*, Vol. 263. DOI:10.1016/j.livsci.2022.105026

39. Kobek-Kjeldager, C., Larsen, M.L.V., Ped-ersen, L.J. (2023). Changes in piglet and litter char-acteristics across parities in two highly prolific sow hybrids in an outdoor organic herd. *Animal Science Journal*, Vol. 94 (1). DOI:10.1111/asj.13840

40. Voshchenko, I.B. (2024). Efektyvnist selekt-sii ta zviazok vidtvoriuvalnykh yakosti svynomatok v umovakh promyslovykh ferm zakhidnoi chastyny pivostrova Yutlandiia [The effectiveness of selection and the relationship between reproductive qualities of sows in industrial farms in the western part of the Jutland Peninsula]. *Visnyk Sums'koho natsional-noho ahrarnoho universytetu* [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. *Tvarynnystvo* [Live-stock], Vol. (3), pp. 10–18. DOI:10.32782/bsnau.lvst.2024.3.2 (in Ukrainian).

41. Andersen, V.D., Møller, F.D., Jensen, M.S., Aarestrup, F.M., Vigre, H. (2023). The quantitative effect of antimicrobial usage in Danish pig farms on the abundance of antimicrobial resistance genes in slaughter pigs. *Preventive Veterinary Medicine*, Vol. 214. DOI:10.1016/j.prevetmed.2023.105899

42. Schild, S.-L.A., Foldager, L., Rang-strup-Christensen, L., Pedersen, L.J. (2020). Char-acteristics of piglets born by two highly prolific sow hybrids. *Frontiers in Veterinary Science*, Vol. 7, 355 p. DOI:10.3389/fvets.2020.00355

43. Kobek-Kjeldager, C., Moustsen, V.A., Ped-ersen, L.J., Theil, P.K. (2021). Impact of litter size, supplementary milk replacer and housing on the body composition of piglets from hyper-prolific sows at weaning. *Animal*, Vol. 15 (1). DOI:10.1016/j.an-imal.2020.100007

44. Ampode, K.M.B., Mun, H.S., Lagua, E.B., Chem, V., Park, H.R., Kim, Y.H., Yang, C.J. (2023). Bump feeding improves sow reproductive perfor-mance, milk yield, piglet birth weight, and farrowing behavior. *Animals*, Vol. 13 (19), 3148 p. DOI:10.3390/ani13193148

45. Voloshynov, V.V., Povod, M.G. (2023). Produktivni yakosti svynomatok danskoi i kanadskoi selektsii v umovakh promyslovoi tekhnolohii [Productive qualities of sows of Danish and Canadian selections in conditions of industrial technology]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. Tvarynnytstvo [Livestock], Vol. (4), pp. 3–9. DOI:10.32782/bsnau.lvst.2023.4.1 (in Ukrainian).
46. Bublyk, O. (2021a). Zberezhenist porosiat anhliiskoi henetyky – u mezhakh 93–94% [Survival of piglets of English genetics is within 93–94%]. Available at: <https://agrotimes.ua/tvarinnistvo/zberezhenist-porosyat-anglijskoyi-genetyky-u-mezhah-93-94/> (request date 10.04.2025) (in Ukrainian).
47. Kremez, M. I., Povod, M. G., Guty, B. V., Shpetny, M. B., Mykhalko, O. G., Nechmilov, V. M., Zhyzhka, S. Moisey, I. S. & Orishchuk, O. S. (2024). Vidtvoriuvalni yakosti ta proiav riznykh form heterozyosu u svynomatok anhliiskoho pokhodzhennia riznoho selektsiinoho spriamuvannia za chystoporodnoho rozvedennia, skhreshchuvannia ta hibrizatsii [Reproductive qualities and manifestation of different forms of heterosis in sows of English origin of different breeding directions during purebred breeding, crossing and hybridization]. Naukovyi visnyk LNU-VMB imeni S.Z. Gzhytskoho [Scientific Bulletin of the S.Z. Gzhytskyi Lviv National University of Veterinary and Animal Husbandry]. Silskohospodarski nauky [Agricultural Sciences]. Vol. 26 (101), pp. 319–325. DOI:10.32718/nvlvet-a10151 (in Ukrainian).
48. Vargovic, L., Harper, J.A., Bunter, K. L. (2022). Traits Defining Sow Lifetime Maternal Performance. *Animals* (Basel), Vol. 16, 2451 p. DOI:10.3390/ani12182451.
49. Khalak, V.I. (2022). Reproduktyvni yakosti svynomatok riznykh typiv adaptatsii ta riven yikh zakriplennia fenotypu [Reproductive qualities of sows of different types of adaptation and the level of their phenotype consolidation]. Rozvedennia tvaryn i henetyka [Animal Breeding and Genetics]. Vol. 64, pp. 164–172. DOI:10.31073/abg.64.15. (in Ukrainian).
50. Mykhalko, O., Povod, M. (2019). Vidtvorni yakosti svynomatok datskoho ta frantsuzkoho pokhodzhennia v umovakh promyslovoho kompleksu [Reproductive qualities of sows of Danish and French origin in the conditions of the industrial complex]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. Tvarynnytstvo [Livestock]. Vol. 1-2 (36-37), pp. 27–37. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2019.1-2.4 (in Ukrainian).
51. Voloshynov, V.V., Povod, M.G. (2023). Productive qualities of sows of Danish and Canadian selection in conditions of industrial technology [Productive qualities of sows of Danish and Canadian selections in conditions of industrial technology]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of Sumy National Agrarian University]. Tvarynnytstvo [Livestock]. Vol. (4), pp. 3–9. DOI:10.32782/bsnau.lvst.2023.4.1 (in Ukrainian).
52. Bublyk, O. (2021b). Danski svynomatky shvydshe okupovuiutsia zavdiaky bahatoplidnosti ta vidminnym pryrostam [Danish sows pay off faster thanks to multiparity and excellent growth]. Available at: <https://agrotimes.ua/tvarinnistvo/danski-svynomatky-shvydshe-okupovuyutsya-zavdyaky-bahatoplidnosti-ta-vidminnym-pryrostam/> (request date 10.04.2025) (in Ukrainian).
53. Blavi, L., Solà-Oriol, D., Llonch, P., López-Vergé, S., Martín-Orúe, S.M., Pérez, J.F. (2021). Management and feeding strategies in early life to increase piglet performance and welfare around weaning: A review. *Animals*, Vol. 11 (2), 302 p. DOI:10.3390/ani11020302
54. Davis, H.E. (2019). Sow nutrition and piglet viability. Doctoral dissertation, University of Leeds. White Rose eTheses Online. Available at: https://etheses.whiterose.ac.uk/id/eprint/26803/1/Davis_HE_Biology_PhD_2019.pdf (request date 10.04.2025)
55. Hojgaard, C.K., Bruun, T.S., Theil, P.K. (2020). Impact of milk and nutrient intake of piglets and sow milk composition on piglet growth and body composition at weaning. *Journal of Animal Science*, Vol. 98 (3). DOI:10.1093/jas/skaa060
56. Declerck, I. (2020). Sows' colostrum yield and piglets' colostrum intake: A challenge in high-prolific pig production. Doctoral dissertation, Ghent University. Available at: <http://hdl.handle.net/1854/LU-8504049>
57. Gorr, S.C., Leeb, C., Zollitsch, W., Winckler, C., Parsons, T.D. (2024). Ad libitum feeding systems for lactating sows: Effects on productivity and welfare of sows and piglets. *Animal*, Vol. 18 (3). DOI:10.1016/j.animal.2024.101093
58. Delo.ua. (2024). Svynarstvo v Ukraini postupovo vidrodzhuetsia [Pig farming in Ukraine is gradually reviving]. Available at: <https://ukragroconsult.com/news/svynarstvo-v-ukrayini-postupovo-vidrodzhuyetsya/> (request date 10.04.2025)
59. Ohloblya, V., Povod, M. (2020). Vidtvoriuvalni yakosti svynomatok irlandskoho pokhodzhennia za chystoporodnoho rozvedennia ta skhreshchuvannia v umovakh promyslovoho kompleksu [Reproductive qualities of sows of Irish origin during purebred breeding and crossing in the conditions of an industrial complex]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. Tvarynnytstvo [Livestock]. Vol. 1 (40), pp. 103–107. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2020.1.15
60. Khramkova, O.M. (2020). Gospodars'ko-biologichni osoblyvosti, adaptacijni vlastyvoli synej irlands'kogo pohodzhennja ta i'h vykorystannja za riznykh metodiv rozvedennja: dys. ... kand. s.-g. nauk [Economic and biological features, adaptive properties of pigs of Irish origin and their use in different breeding methods: dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Dniprovs'kyj derzhavnyj agrarno-ekonomichnyj universytet [Dnipro State

Agrarian and Economic University]. Dnipro, 199 p. Available at: https://www.mnau.edu.ua/files/spec_vchen_rad/d_38_806_02/hramkova/dis_hramkova.pdf (in Ukrainian).

61. Kremez, M., Povod, M., Mykhalko, O., Susol, R., Trybrat, R., Onyshchenko, L., Kravchenko, O., Verbelchuk, T., Sherbyna, O. (2022). Vidtvoriuvalni oznaky svynei irlandskoi selektsii ta proiav riznykh form heterozysu za riznykh metodiv rozvedennia v suchasnykh umovakh promyslovo-ho vyrobnytstva svynyny [Reproductive traits of Irish breeding pigs and manifestation of different forms of heterosis under different breeding methods in modern conditions of industrial pork production]. NV LNU veterinary medicine and biotechnology [NV LNU Veterinary Medicine and Biotechnology]. Silskohospodarski nauky [Agricultural Sciences]. Vol. 24 (96), pp. 78–88. DOI:10.32718/nvlvet-a9610 (in Ukrainian).

62. Tsereniuk, O. (2014). Heterozys za riznykh poiednan svynei [Heterosis in different combinations of pigs]. Suchasne tvarynnytstvo [Modern animal husbandry]. Available at: <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/8091-heterozys-za-riznykh-poiednan-svynei.html> (request date 10.04.2025) (in Ukrainian).

63. Radnóczy, L., Novozánszky, G., Baltay, M., Csóka, L., Eicher, J. & Fekete, B. (2017). Értés teljesítményvizsgáló kódex [Strength Performance Testing Code] (Vol. 39). Budapest. Available at: http://www.mfse.eu/modul/_files/k_dex_8_2017.pdf (request date 10.04.2025)

64. Ladyka, V.I., Khmelnychyy, L.M., Povod, M.G. (2023). Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktii tvarynnytstva: Navchalnyi posibnyk dlia aspirantiv [Technology of production and processing of livestock products: Textbook for postgraduate students]. Odesa: Oldi+, 244 p. (in Ukrainian).

Reproductive and productive qualities of sows of different genetic combinations

Voshchenko I.

The article aimed to compare the productivity of sows of English and Danish origin in the conditions of one farm in industrial pork production in the northeastern zone of Ukraine. For this purpose, 120 crossbred sows of the Large White and Landrace breeds were selected according to the principle of pairs of analogs: 120 came from the genetic company Bridgers, and the other 120 came from the genetic company Pig Improvement Company (PIC). All sows were inseminated with mixed sperm of six boars PIC-337 of gene company PIC. It was established that sows of both English and Danish origin had the same percentage of fertilization during the first estrus. However, sows of Danish origin had a 0.8% lower fertility rate during the second and third heats, a 0.9% higher proportion of animals culled due to infertility, a 1.7% lower farrowing rate, a 1.3% longer reproductive cycle and a 1.7% lower average annual number of farrowing. However, they had a 5.9% higher number of piglets born per sow per year and a 4.9% higher number at weaning than animals of English origin. It was shown that in sows of Danish origin, the total number of piglets born was 7.8% higher, the weight of all piglets born was 3.8% higher, the multiparity was 7.8% higher, the weight of live piglets was 3.9% higher, and the number of piglets at weaning was 6.8% higher. Estimated reproductive performance indices were also 3.5–6.6% higher than animals of English origin. At the same time, sows of Danish origin had a 1.2% higher proportion of stillborn piglets, a 3.6% lower fertility, a 0.9% lower survival rate, an 8.5% lower growth rate during the suckling period, an 8.1% lower absolute gain and a 7.3% lower weight of one piglet at weaning. However, no significant differences were found between sows of Danish and English origin regarding the weight of piglets at weaning.

Key words: sows, reproductive capacity, productivity, genetic origin, industrial pig farming.



Copyright: Вошенко І.Б. © 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:

Вошенко І.Б.

<https://orcid.org/0009-0005-2745-3900>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.087.7:633.88: 636.59

Вплив рослинного екстракту *Macleaya cordatas* на перетравність поживних речовин корму перепелівЛебідь Я.Г. , Чудак Р.А. , Побережець Ю.М. 

Вінницький національний аграрний університет

 E-mail: julia.po8@ukr.net

Лебідь Я.Г., Чудак Р.А., Побережець Ю.М.
Вплив рослинного екстракту *Macleaya cordatas* на перетравність поживних речовин корму перепелів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 1. С. 47–54.

Lebid Y., Chudak R., Poberezhets J. The effect of *Macleaya cordatas* plant extract on the digestibility of nutrients in quail feed. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 1. PP. 47–54.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 17.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-47-54

Актуальною проблемою в промисловому птахівництві є розроблення кормових добавок як альтернативи кормовим антибіотикам у боротьбі з резистентністю та заборонаю кормових антибіотиків у птахівництві. Метою дослідження було вивчити вплив фітобіотичної добавки на перетравність поживних речовин та ретенцію мінеральних елементів корму в перепілок-несучок. Використання у годівлі перепелів фітобіотичної добавки збільшує перетравність сухої речовини у перепілок 2-ї групи на 9,6 % ($p<0,01$), у 3-ї – на 6,3 % ($p<0,01$) та у 4-ї – на 5,0 % ($p<0,05$) проти контрольних аналогів. За застосування фітобіотика перетравність сирого протеїну та жиру у птиці 2-ї групи, відповідно, на 7,2 % та 8,1 % ($p<0,001$), у 3-ї – на 10,1 % та 12,2 % ($p<0,001$) та у 4-ї – на 9,3 % та 10,0 % ($p<0,001$) більша, ніж у контрольному значенні. Додаткове згодовування перепілкам фітобіотичної кормової добавки підвищує перетравність сирого клітковини у 3-ї групі на 6,2 % ($p<0,05$) проти контрольного зразка. За дії рослинної добавки перетравність БЕР у 2-ї групі перепелів була вищою на 5,3 % ($p<0,01$) у 3-ї – на 12,1 % ($p<0,001$) та у 4-ї – на 9,7 % ($p<0,001$) порівняно з контрольною групою. Додаткове споживання фітобіотика підвищує ретенцію Кальцію у 3-ї групі на 9,2 % ($p<0,001$) та у 4-ї – на 4,3 % ($p<0,05$) та Фосфору, Цинку і Міді в перепілок 3-ї групи, відповідно, на 3,1 %, 8,9 % і 6,6 % ($p<0,05$). За згодовування рослинної добавки рівень засвоєння Заліза та Марганцю збільшується у 2-ї групі, відповідно, на 10,1 % ($p<0,01$) та 5,8 % ($p<0,05$), у 3-ї – на 12,8 % ($p<0,001$) та 14,0 % ($p<0,01$) та у 4-ї – на 11,1 % ($p<0,001$) та 9,1 % ($p<0,01$) порівняно з контрольними зразками. Зафіксовано, що найвищий коефіцієнт засвоєння Нітрогену за дії середньої дози фітобіотика, що на 19,4 % більше щодо контрольного показника. Виявлено, що за дії фітобіотичної добавки збільшується коефіцієнт перетравності Кальцію у 2-ї групі на 4,4 %, 3-ї – на 5,1 % та 4-ї – на 3,4 % ($p<0,05$) щодо контрольних показників.

Ключові слова: перепели, годівля, фітобіотик, перетравність, ретенція, мінеральні елементи, засвоєння Нітрогену.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Останнім часом фітогенні кормові добавки становлять дедалі більший інтерес для кормової промисловості. Фітогеніка є абсолютно новою категорією кормових добавок природного походження. Фітогенні компоненти традиційно використовуються

як ароматизатори та спеції в харчуванні та медицині людини, а також під час консервації корму. Проте цілком очевидно, що ця категорія кормових добавок охоплює велику кількість речовин із ще більшою кількістю активних інгредієнтів, включаючи карвакрол, тимол, альдегід і анетол – і це лише

деякі найважливіші приклади. Ці агенти можуть здійснювати антиокиснювальну, анти-мікробну, фунгіцидну, седативну або психологічну дію різного ступеня [13, 20].

Фітобіотики мають потенціал природних аналогів антибіотиків. Вони мають схожі з антибіотиками функції та дію, але на відміну від останніх не чинять негативного впливу на організм [1, 9]. Рослинна добавка не викликає резистентності до антибіотиків і не залишає слідів у кінцевому продукті. Отже, вона не впливає на здоров'я тварин і людей, які вживають продукти тваринництва у їжу. Фітобіотики – натуральні екологічно чисті продукти, які поліпшують роботу кишківника птиці [11, 18].

Під терміном «фітогенні речовини», або фітобіотики мають на увазі сполуки рослинного походження, які включають до складу кормів для тварин з метою підвищення продуктивності за допомогою покращення властивостей кормів та стимуляції росту тварин. До фітогенних кормових добавок входить широкий спектр рослинних препаратів [3, 16]. Ці рослинні матеріали зазвичай містять суміш із речовин різної природи (наприклад, евгенол, циннамальдегід, карвакрол або тимол), зі специфічним запахом, що дає можливість використовувати їх для підвищення апетитності комбікормів. Саме специфічні запахи відносять до найвідоміших властивостей фітогенних речовин. З іншого боку, фітогенні речовини характеризуються широким спектром біологічної активності, завдяки чому можливе їх застосування для поліпшення стану травного тракту і, зрештою, продуктивності тварин [2, 21].

Використання у птахівництві натуральних кормових фітобіотичних добавок позитивно впливає не лише на травлення, а й на загальне здоров'я поголів'я птиці. Фітобіотики мають високу засвоюваність, вони

нетоксичні та не мають побічних ефектів. На відміну від синтетичних антибіотиків, їх виробляють з більш доступної та екологічно чистої натуральної сировини. Використовувати фітобіотики у птахівництві можна з лікувальною та профілактичною метою [7, 24].

Чимало сучасних вчених у своїх дослідках встановили позитивний вплив фітобіотичних кормових добавок на продуктивність та обмін речовин у птиці [4, 17]. Рослинні кормові добавки стимулюють споживання та засвоюваність корму, підтримують позитивну мікрофлору та витісняють патогенні мікроби кишківника [14, 23].

Метою дослідження було вивчити вплив фітобіотичної добавки на перетравність поживних речовин та ретенцію мінеральних елементів корму в перепілок-несучок.

Матеріал і методи дослідження. В умовах підприємства ТОВ «ОРГАНІК ПЛЮС» (м. Вінниця) проводили експеримент на перепілках-несучках Маньчжурської золотистої породи. Для фізіологічного дослідження було відібрано у 4 групах по 4 голови з кожної за методом груп-аналогів [5].

Фізіологічний дослід тривав 5 діб. До комбікорму перепелів дослідної групи додатково згодовували фітобіотичну добавку в різних дозах. Фітобіотик «Сангровіт Екстра» – це червоно-коричневий дрібнозернистий гранульований сипучий порошок, який містить натуральні екстракти рослини маклея серцеподібна (*Macleaya cordatas*). Досліджувана рослинна кормова добавка має протизапальну дію, поліпшує травлення тварин і птиці та забезпечує всмоктування необхідних поживних речовин корму.

Цифрові дані обраховували біометрично та використовували дисперсійний аналіз (ANOVA). Рівні статистичної значущості ($p < 0,05$, $p < 0,01$) та $p < 0,001$ визначали за критерієм Стюдента [8].

Таблиця 1 – Схема фізіологічного дослідження

Група	Кількість тварин у групі, гол	Тривалість фізіологічного дослідження, діб	Особливості годівлі
1-контрольна	4	5	ОР (повнораціонний комбікорм)
2-дослідна	4	5	ОР + «Сангровіт Екстра» (75 г/т корму)
3-дослідна	4	5	ОР + «Сангровіт Екстра» (150 г/т корму)
4-дослідна	4	5	ОР + «Сангровіт Екстра» (300 г/т корму)

У кінці експерименту було проведено фізіологічні дослідження з метою вивчення обміну речовин та перетравності поживних речовин корму в організмі перепелів. Рівень перетравності поживних речовин корму, засвоєння азоту та кальцію, ретенцію мінеральних елементів визначали як різницю між надходженням поживних речовин з кормом та виділених з послідом і яйцями, згідно із загальноприйнятими методиками [5]. Під час годівлі відбирали зразки комбікорму для аналізу. Послід зважували на вагах ВЛТК-500 з точністю до 1,0 г та збирали двічі на добу вранці та ввечері.

У лабораторії інституту кормів та сільськогосподарства Поділля НААН (м. Вінниця), згідно з методикою зоотехнічного аналізу, досліджували відібрані зразки комбікорму та посліду.

Результати дослідження та обговорення. Фітобіотики стимулюють вироблення ендогенних ферментів, покращуючи перетравність та засвоєння поживних речовин кормів. Багато з них є природними ароматизаторами, які стимулюють споживання корму, що позитивно позначається на продуктивності тварин [1, 16].

У ході дослідження вивчали вплив фітобіотичної добавки на перетравність поживних речовин корму перепілками (табл. 2).

Встановлено, що використання рослинної добавки «Сангровіт Екстра» сприяє збільшенню перетравності сухої речовини у перепілок 2-ї групи на 9,6 % ($p < 0,01$), у 3-ї – на 6,3 % ($p < 0,01$) та у 4-ї – на 5,0 % ($p < 0,05$) порівняно з аналогами контрольної групи.

Слід відзначити, що додаткове споживання фітобіотики у годівлі перепелів сприяє підвищенню рівня перетравності сирого протеїну та жиру у птиці 2-ї групи, відповідно, на 7,2 % та 8,1 % ($p < 0,001$), у 3-ї на 10,1 %

та 12,2 % ($p < 0,001$) та у 4-ї на 9,3 % та 10,0 % ($p < 0,001$) порівняно з контрольним показником.

Додаткове застосування у годівлі перепілок фітобіотичної кормової добавки сприяє вищій перетравності сирової клітковини у 3-й групі птиці на 6,2 % ($p < 0,05$), ніж у контрольному зразку.

Крім того, за дії фітобіотичної добавки рівень перетравності БЕР у 2-й групі перепелів був вищий на 5,3 % ($p < 0,01$) у 3-й – на 12,1 % ($p < 0,001$) та у 4-й – на 9,7 % ($p < 0,001$) порівняно з контрольною групою.

Отримані результати дослідження узгоджуються з даними Kanbur, G. та ін. (2023) та Tensingh, P. та ін. (2023), які використовували у раціонах перепелів-несучок рослинні екстракти та зафіксували позитивний вплив на перетравність поживних речовин корму, несучість, якість яєць та показники крові.

Важливими компонентами у складі раціону для перепелів є мінеральні речовини. У організмі птиці макро- та мікроелементи входять до складу різних біологічно активних сполук – ферментів, вітамінів, гормонів, беруть участь в обміні води та органічних речовин, у процесах всмоктування поживних речовин із шлунково-кишкового тракту та їх засвоєння, створюють нормальні умови для роботи серця, мускулатури та нервової системи. Вміст цих елементів в організмі залежить від інтенсивності процесів обміну речовин. Для птиці важливе значення має вміст Кальцію, Фосфору та Магнію, а також їх динаміка залежно від годівлі, ретенції та продуктивності [10, 16].

Виявлено, що згодовування фітобіотичної добавки «Сангровіт Екстра» сприяє збільшенню ретенції Кальцію у 3-й групі на 9,2 % ($p < 0,001$) та у 4-й – на 4,3 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольним значенням (табл. 3).

Таблиця 2 – Коефіцієнти перетравності поживних речовин корму перепілками-несучками, %
($\bar{x} \pm SD$, $n=4$)

Показник	Група			
	1–контрольна	2–дослідна	3–дослідна	4–дослідна
Суша речовина	55,2 $\pm$ 1,14	64,8 $\pm$ 2,04**	61,5 $\pm$ 1,28**	60,2 $\pm$ 1,14*
Сирий протеїн	67,2 $\pm$ 0,92	75,4 $\pm$ 0,89***	77,3 $\pm$ 1,05***	76,5 $\pm$ 0,62***
Сирий жир	60,4 $\pm$ 1,06	68,5 $\pm$ 0,98***	72,6 $\pm$ 0,94***	70,4 $\pm$ 1,09***
Сира клітковина	6,2 $\pm$ 2,34	10,6 $\pm$ 1,75	12,4 $\pm$ 1,27*	8,3 $\pm$ 2,06
БЕР	80,5 $\pm$ 0,85	85,8 $\pm$ 0,67**	92,6 $\pm$ 0,45***	90,2 $\pm$ 0,57***

Таблиця 3 – Ретенція мінеральних елементів корму, % ($\bar{x} \pm SD$, n=4)

Мінеральний елемент	Група			
	1–контрольна	2–дослідна	3–дослідна	4–дослідна
Кальцій	57,2 $\pm$ 1,02	58,5 $\pm$ 0,98	66,4 $\pm$ 1,14***	61,5 $\pm$ 1,27*
Фосфор	14,3 $\pm$ 0,97	15,6 $\pm$ 1,12	17,4 $\pm$ 1,05*	16,8 $\pm$ 1,32
Залізо	62,4 $\pm$ 1,26	72,5 $\pm$ 1,12**	75,2 $\pm$ 1,25***	73,5 $\pm$ 1,04***
Цинк	48,6 $\pm$ 2,52	52,4 $\pm$ 2,18	57,5 $\pm$ 2,32*	53,2 $\pm$ 1,48
Мідь	29,8 $\pm$ 2,18	34,2 $\pm$ 3,24	36,4 $\pm$ 2,48*	33,7 $\pm$ 2,25
Марганець	39,5 $\pm$ 2,04	45,3 $\pm$ 1,72*	53,5 $\pm$ 2,54**	48,6 $\pm$ 1,28**

Додаткове споживання фітобіотики сприяє підвищенню ретенції Фосфору Цинку та Міді в перепілок 3-ї групи, відповідно, на 3,1 %, 8,9 % і 6,6 % ($p < 0,05$) порівняно з контролем.

За дії рослинної добавки «Сангровіт Екстра» рівень засвоєння Заліза та Марганцю збільшується у 2-й групі, відповідно, на 10,1 % ($p < 0,01$) та 5,8 % ($p < 0,05$), у 3-ї – на 12,8 % ($p < 0,001$) та 14,0 % ($p < 0,01$) та у 4-ї – на 11,1 % ($p < 0,001$) та 9,1 % ($p < 0,01$) порівняно з контрольним показником.

Під час дослідів вивчали середньодобовий баланс Нітрогену і Кальцію в організмі перепілок (табл. 4, 5).

Зафіксовано, що кількість виділеного Нітрогену з послідом зменшується у птиці 3-ї

та 4-ї групи, відповідно, на 14,2 % та 16,6 % ($p < 0,05$) щодо контролю.

Необхідно відзначити, що найвищий рівень засвоєння Нітрогену – за дії середньої дози фітобіотики, що на 19,4 % більше ніж контрольне значення.

За використання рослинної добавки у годівлі перепілок-несучок рівень утриманого в організмі Кальцію у 2-й групі перепілок збільшується на 62,5 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольним показником (табл. 5).

Встановлено, що застосування у раціоні перепілок фітобіотичної добавки збільшується коефіцієнт перетравності Кальцію у 2-й групі на 4,4 %, 3-й на 5,1 % та 4-й на 3,4 % ($p < 0,05$), порівняно з контрольними показниками.

Таблиця 4 – Середньодобовий баланс Нітрогену в організмі перепілок, $\bar{x} \pm SD$, n=4

Група	Прийнято з кормом, г	Виділено, г		Утримано в організмі, г	Утримано до прийнятого, %
		у посліді	у яйцях		
1–контрольна	0,86 $\pm$ 0,002	0,42 $\pm$ 0,010	0,25 $\pm$ 0,010	0,19 $\pm$ 0,010	22,1 $\pm$ 1,52
2–дослідна	0,84 $\pm$ 0,010	0,38 $\pm$ 0,030	0,26 $\pm$ 0,020	0,20 $\pm$ 0,010	23,8 $\pm$ 2,16
3–дослідна	0,87 $\pm$ 0,004	0,36 $\pm$ 0,010**	0,28 $\pm$ 0,020	0,23 $\pm$ 0,020	26,4 $\pm$ 1,15*
4–дослідна	0,85 $\pm$ 0,009	0,35 $\pm$ 0,020*	0,29 $\pm$ 0,030	0,21 $\pm$ 0,010	24,7 $\pm$ 1,84

Таблиця 5 – Баланс Кальцію в організмі перепілок, $\bar{x} \pm SD$, n=4

Група	Прийнято з кормом, г	Виділено, г		Утримано в організмі, г	Коефіцієнт засвоєння в організмі, %
		у посліді	у яйцях		
1–контрольна	1,06 $\pm$ 0,080	0,45 $\pm$ 0,050	0,53 $\pm$ 0,020	0,08 $\pm$ 0,020	7,5 $\pm$ 1,14
2–дослідна	1,09 $\pm$ 0,040	0,42 $\pm$ 0,010	0,54 $\pm$ 0,0080	0,13 $\pm$ 0,010*	11,9 $\pm$ 0,95*
3–дослідна	1,11 $\pm$ 0,020	0,41 $\pm$ 0,030	0,56 $\pm$ 0,010	0,14 $\pm$ 0,030	12,6 $\pm$ 1,64*
4–дослідна	1,10 $\pm$ 0,050	0,43 $\pm$ 0,020	0,55 $\pm$ 0,030	0,12 $\pm$ 0,010	10,9 $\pm$ 1,05*

Подібні дослідження проводило чимало науковців. Вони зазначають, що фітобіотики (фітогенні кормові добавки або рослинні препарати) – це натуральні добавки рослинного походження, які здійснюють різноманітну дію на організм (антимікробну, протівірусну, імуномодулювальну, протигрибкову, протизапальну) і використовуються в годівлі тварин та птиці з метою підвищення їх продуктивності, перетравності поживних речовин корму та поліпшення якості продукції тваринного походження [22, 26].

Зокрема, G. Su, та ін. (2021) та Yu. Balji, та ін. (2024) у результаті досліджень виявили, що додавання до комбікорму фітобіотика позитивно впливає на приріст маси тіла, коефіцієнт конверсії та перетравності корму, масу тушки, обмін речовин та імунний статус птиці.

З метою збільшення продуктивності птиці виробники використовують певні стратегії годівлі, які можуть опосередковано впливати на метаболічні процеси. На думку D. Kosti та ін. (2020), згодовування куркуми позитивно вплинуло на споживання корму, коефіцієнт конверсії корму, засвоюваність поживних речовин, біохімічні параметри крові, несучість, якість яєць та мікрофлору кишківника.

У своїх дослідках Abd Elzaher та ін. (2023) зробили висновок, що на ефективність росту, критерії туші, обмін речовин у вирощуваних перепелів суттєво вплинуло додавання до комбікорму рослинної добавки *Arthrospira platensis*.

Аналогічні експерименти проводили й інші вчені. Наприклад, Т.Ю. Михайленко та М.Ю. Сичов (2022) у своїх дослідках встановили, що згодовування перепелам сухого порошку часнику підвищило яєчну продуктивність перепілок та їх несучість.

Одержані результати дослідів демонструють значні переваги додавання до раціону птиці натуральних рослинних екстрактів та інгредієнтів задля підвищення показників продуктивності, засвоєння поживних речовин корму, поліпшення обміну речовин та підтримання сталих фізіологічних параметрів. Отже, використання у годівлі перепілок фітобіотичної кормової добавки «Сангровіт Екстра» позитивно впливає на перетравність поживних речовин, ретенцію мінеральних елементів корму та метаболізм в організмі птиці.

Висновок. Застосування у годівлі перепелів фітобіотичної добавки «Сангровіт Екстра» збільшує перетравність сухої речовини на 9,6 % ($p<0,01$), сирого протеїну – на 10,1 %

($p<0,001$), жиру – на 12,2 % ($p<0,001$), клітковини – на 6,2 %, та БЕР – на 12,1% ($p<0,001$). Додаткове споживання фітобіотика підвищує ретенцію Кальцію на 9,2 % ($p<0,001$), Фосфору – на 3,1 % ($p<0,05$), Цинку – на 8,9 % ($p<0,05$), Міді – 6,6 % ($p<0,05$), Заліза – на 12,8 % ($p<0,001$) та Марганцю – на 14,0 % ($p<0,01$). Виявлено, що за дії рослинної добавки у птиці збільшується засвоєння Нітрогену – на 19,4 % ($p<0,05$) та Кальцію – на 5,1 % ($p<0,05$) порівняно з показниками для контрольної групи.

Пропоновано використовувати у годівлі перепілок-несучок фітобіотичну добавку «Сангровіт Екстра» у дозі 150 г/т комбікорму для підвищення яєчної продуктивності та поліпшення перетравності поживних речовин та ретенції мінеральних елементів корму.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вугляр В.С. Використання лікарських рослин, які містять ефірні олії у годівлі сільськогосподарських тварин. *Slovak international scientific journal*. 2020. Т. 2. № 41. С. 3–8.
2. Гродзинський А.М. Лікарські рослини: енциклопедичний довідник. Київ.: Видавництво «Українська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, Український виробничо – комерційний довідник центр «Олімп», 1992. 544 с.
3. Гунчак А.В., Гунчак В.М., Ратич І.Б. Біологічний ефект рослинних екстрактів в організмі птиці. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Жицького*. 2015. Том 17. № 3 (63). С. 19–31.
4. Influence of Feeding Wormwood (*Artemisia Capillaris*) on Quail Meat Productivity / I. Ibatullin et al. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2022. Vol. 70 (4–5), P. 307–316. DOI:10.11118/actaun.2022.023
5. Ібатуллін І.І., Жукорський О.М. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві. Київ: Аграрна наука, 2017. 328 с.
6. Михайленко Т.Ю., Сичов М.Ю. Ефективність використання часнику (*Allium sativum*) в годівлі молодяку перепелів м'ясного напрямку продуктивності. *Сучасне птахівництво. Науково-виробничий журнал*. 2021. № 11–12 (228–229). С. 6–11. DOI:10.31 548/poultry2021.11-12.006
7. Михайленко Т.Ю., Сичов М.Ю. Вплив різного рівня часнику (*Allium sativum*) в комбікормі на перепілок несучок. *Таврійський науковий вісник. Серія: сільськогосподарські науки*. 2022. № 124. С. 167–173. DOI:10.32851/2226-0099.2022.124.23
8. Руденко В.М. Математична статистика. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 304 с.
9. Чижанська Н., Кузьменко Л., Поліщук А. Наукові основи застосування фітогенних добавок для відгодівлі свиней. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 3. С. 157–161. DOI:10.31210/visnyk2021. 03.19.

10. Чудак Р.А., Побережець Ю.М., Купчук І.М., Вугляр В.С. Використання кормових добавок і комбикормів нового покоління у годівлі свиней та птиці: монографія. Вінниця: Твори, 2022. 248 с.

11. Чудак Р.А., Побережець Ю.М., Вознюк О.І. Ефективність використання фітобіотики з ехінацеї блідої у годівлі перепелів: монографія. Вінниця, 2020. 199 с.

12. Growth, carcass criteria, and blood biochemical parameters of growing quails fed *Arthrospira platensis* as a feed additive / H.A. Abd Elzaher et al. *Poultry Science*, 2023. No. 102 (12). DOI:10.1016/j.psj.2023.103205.

13. Azouz H.M. Effects of dietary turmeric and fenugreek powder supplementation on productive performance of local laying hens. *Poultry Science*. 2020. No. 40 (1). P. 243–258. DOI:10.21608/epsj.2020.81028

14. Effect of feed with extruded components and phytobiotics on quail / Yu. Balji et al. *Scientific Horizons*, 2024. No. 27 (9). P. 32–41. DOI:10.48077/sci-hor9.2024.32

15. Productivity and mineral exchange in the body of young pigs when feeding probiotics / O. Cherniavskiy et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9 (1). P. 220–225.

16. Effect of *Echinacea pallida* supplementation on the amino acid and fatty acid composition of Pharaoh Quail meat / R.A. Chudak et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. No. 10 (2). P. 302–307. DOI:10.15421/2020_101.

17. Diaz-Sanchez S., D'Souza D., Biswas D., Hanning I. Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. *Poultry Science*. 2015. No. 94. P. 1419–1430.

18. Hidayat R., Yunianto V.D., Sukanto B., Sugiharto S. Effect of dietary supplementation of probiotic, phytobiotics or their combination on performance, blood indices and jejunal morphology of laying hens during post peak production". *Online Journal of Animal and Feed Research*. 2021. No 11 (1). P. 8–12. DOI:10.51227/ojafr.2021.2.

19. Kanbur G., Göçmen R., Cufadar Y. Effect of dietary banana leaves (*Musa acuminata*) with multienzyme complex supplementation on intestinal content, serum biochemicals, egg production, and egg quality in laying quail. *Livestock Science*. 2023. No. 277. DOI:10.1016/j.livsci.2023.105249.

20. Utilization of lemongrass essential oil supplementation on growth performance, meat quality, blood traits and caecum microflora of growing quails / A.M. Khalifah et al. *Annals of Agricultural Sciences*. 2021. No. 66 (2). P. 169–175. DOI:10.1016/j.aas.2021.12.001.

21. Role of turmeric supplementation on production, physical and biochemical parameters in laying hens / D. Kosti et al. *World's Poultry Science Journal*. 2020. No. 76 (3). P. 625–637. DOI:10.1080/00439339.2020.1764460

22. Marwi F., Sjöfjan O., Muttaqin A., Natsir H. The Effect of Phytobiotics Supplementation and

Magnetized Drinking Water on Production Performance and Egg Quality of Laying Hens. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*. 2021. No. 16. P. 95–104. DOI:10.21776/ub.jitek.2021.016.02.3.

23. Effects of olive oil-treated diet and key lime juice-treated drinking water on intake and growth performance of quail / M.M. Rahman et al. *Veterinary Integrative Sciences*. 2024. No. 23 (1). DOI:10.12982/VIS.2025.022.

24. Effects of essential oil on growth performance, digestibility, immunity, and intestinal health in broilers / G. Su et al. *Poultry Science*. 2021. No. 100 (8). DOI:10.1016/j.psj.2021.10124

25. Tensingh P., Gnanaraj S., Ezhil Valavan A., Arun Bharathi Effect of Phytogenic Feed Additives on Growth Performance of Japanese Quail. *Biological Forum – An International Journal*. 2023. No. 15 (4). P. 575–579.

26. Effects of ginger extract on laying performance, egg quality, and antioxidant status of laying hens / C. Wen et al. *Animals*. 2019. No. 9 (11). 857 p. DOI:10.3390/ani9110857.

REFERENCES

1. Vuhliar, V.S. (2020). Vykorystannia likarskykh roslyn, yaki mistiat efirni olii u hovidli silskohospodarskykh tvaryn [The use of medicinal plants containing essential oils in feeding farm animals]. *Slovak international scientific journal*, Vol. 2, no. 41, pp. 3–8. (in Ukrainian).

2. Grodzinsky, A.M. (1992). Likarski roslynny: entsyklopedychnyi dovidnyk. [Medicinal plants: Encyclopedic guide]. Kyiv: Publishing House «Ukrainian Encyclopedia» named after M.P. Bazhan, Ukrainian Production and Commercial Directory Center «Olympus», 544 p. (in Ukrainian).

3. Hunchak, A.V., Hunchak, V.M., Ratych, I.B. (2015). Biologichnyi efekt roslynnykh ekstraktiv v orhanizmi ptytsi [Biological effect of plant extracts in bird organisms]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho* [Scientific Bulletin of the S.Z. Gzhytskyi Lviv National University of Mechanical Engineering and Technology], Vol. 17, no. 3 (63), pp.19–31. (in Ukrainian).

4. Ibatullin, I., Sychoy, M., Umanets, D., Ilchuk, I., Balanchuk, I., Umanets, R., Holubieva, T., Andrienko, L., Otchenashko, V., Makhno, K., Tytariova, O., Kuzmenko, O. (2022). Influence of Feeding Wormwood (*Artemisia Capillaris*) on Quail Meat Productivity. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Vol. 70 (4–5), pp. 307–316. DOI:10.11118/ actaun.2022.023

5. Ibatullin, I.I., Zhukorskyi, O.M., Bashchenko, I. (2017). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzen u tvarynnystvi [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry]. Kyiv, Agrarian Science, 328 p. (in Ukrainian).

6. Mykhailenko, T.Iu., Sychoy, M.Iu. (2021). Efektyvnist vykorystannia chasnyku (*Allium sativum*) v hovidli molodniaku perepeliv miasnoho napriamu produktyvnosti [The effectiveness of using garlic (*Allium sativum*) in the breeding of young meat

quails directly affects productivity]. Suchasne ptakhivnytstvo [Modern poultry farming]. Naukovo-vyrobnychi zhurnal [Scientific and production journal], no. 11–12 (228–229), pp. 6–11. DOI:10.31548/poultry2021.11-12.006 (in Ukrainian).

7. Mykhailenko, T.Iu., Sychoy, M.Iu. (2022). Vplyv riznogo rivnia chasnyku (*Allium sativum*) v kombikormi na perepilok nesuchok [The effect of different levels of garlic (*Allium sativum*) in compound feed on the litter size of laying hens]. Tavriiskyi naukovi visnyk [Tavria Scientific Bulletin]. Seriya: silskohospodarski nauky [Series: Agricultural Sciences], no. 124, pp. 167–173. DOI:10.32851/2226-0099.2022.124.23 (in Ukrainian).

8. Rudenko, V.M. (2012). Matematychna statystyka [Mathematical statistics]. Kyiv: Center for Educational Literature, 304 p. (in Ukrainian).

9. Chyzhanska, N.V., Kuzmenko, L.M., Polishchuk, A.A. (2021). Naukovi osnovy zastosuvannya fitohennykh dobavok dlia vidhodivli svynei [Scientific basis of the phytogetic additives use in fattening pigs]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii [Bulletin of the Poltava state agrarian academy], no. 3, pp. 157–161. DOI:10.31210/visnyk2021.03.19 (in Ukrainian).

10. Chudak, R.A., Poberezhets, Yu.M., Kupchuk, I.M., Vuhliar, V.S. (2022). Vykorystannia kormovykh dobavok i kombikormiv novoho pokolinnia u hodivli svynei ta pytysi: monohrafiia [The use of feed additives and new generation compound feed in feeding pigs and poultry: monograph]. Vinnytsia: Works, 248 p. (in Ukrainian).

11. Chudak, R.A., Poberezhets, Yu.M., Vozniuk, O.I. (2020). Efektyvnist vykorystannia fitobiotyky z ekhinatsei blidoi u hodivli perepeliv: monohrafiia [The effectiveness of using phytobiotics from *Echinacea purpurea* in feeding quails: monograph]. Vinnytsia, 199 p. (in Ukrainian).

12. AbdElzaher, H.A., Ibrahim, Z.A., Ahmed, S.A., Salah, A.S., Osman, A., Swelum, A.A., Suliman, G.M., Tellez-Isaias, G., Alagawany, M., Abd El-Hack, M.E. (2023). Growth, carcass criteria, and blood biochemical parameters of growing quails fed *Arthrospira platensis* as a feed additive. *Poultry Science*, no. 102 (12). DOI:10.1016/j.psj.2023.103205.

13. Azouz, H.M. (2020). Effects of dietary turmeric and fenugreek powder supplementation on productive performance of local laying hens. *Poultry Science*, no. 40 (1), pp. 243–258. DOI:10.21608/epsj.2020.81028

14. Balji, Yu., Zhanabayeva, D., Sultanayeva, L., Yeszhanova, G., Mussagiyeva, D. (2024). Effect of feed with extruded components and phytobiotics on quail. *Scientific Horizons*, no. 27 (9), pp. 32–41. DOI:10.48077/scihor9.2024.32

15. Cherniavskiy, O., Babenko, S., Bomko, V., Dyachenko, L., Slomchynskiy, M., Chernyuk, S., Kuzmenko, O., Tytariova, O., Horchanok, A., Polishchuk, V., Bilkevych, V., Polishchuk, S., Ponomarenko, N. (2019). Productivity and mineral exchange in the body of young pigs when feeding probiotics. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (1), pp. 220–225.

16. Chudak, R.A., Ushakov, V.M., Poberezhets, Y.M., Lotka, H.I., Polishchuk, T.V., Kazmiruk, L.V. (2020). Effect of *Echinacea pallida* supplementation on the amino acid and fatty acid composition of Pharaoh Quail meat. *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 10 (2), pp. 302–307. DOI:10.15421/2020_101.

17. Diaz-Sanchez, S., D'Souza, D., Biswas, D., Hanning, I. (2015). Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. *Poultry Science*, no. 94, pp. 1419–1430.

18. Hidayat, R., Yunianto, V.D., Sukanto, B., Sugiharto, S. (2021). Effect of dietary supplementation of probiotic, phytobiotics or their combination on performance, blood indices and jejunal morphology of laying hens during post peak production. *Online Journal of Animal and Feed Research*, no. 11 (1), pp. 8–12. DOI:10.51227/ojaf.2021.2.

19. Kanbur, G., Göçmen, R., Cufadar, Y. (2023). Effect of dietary banana leaves (*Musa acuminata*) with multienzyme complex supplementation on intestinal content, serum biochemicals, egg production, and egg quality in laying quail. *Livestock Science*, no. 277. DOI:10.1016/j.livsci.2023.105249.

20. Khalifah, A.M., Abdalla, S.A., Dosoky, W.M., Shehata, M.G., Khalifah, M.M. (2021). Utilization of lemongrass essential oil supplementation on growth performance, meat quality, blood traits and caecum microflora of growing quails. *Annals of Agricultural Sciences*, no. 66 (2), pp. 169–175. DOI:10.1016/j.aas.2021.12.001.

21. Kosti, D., Dahiya, D.S., Dalal, R., Tewatia, B.S., Vijayalakshmy, K. (2020). Role of turmeric supplementation on production, physical and biochemical parameters in laying hens. *World's Poultry Science Journal*, no. 76 (3), pp. 625–637. DOI:10.1080/00439339.2020.1764460

22. Marwi, F., Sjöfjan, O., Muttaqin, A., Natsir, H. (2021). The Effect of Phytobiotics Supplementation and Magnetized Drinking Water on Production Performance and Egg Quality of Laying Hens. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, no. 16, pp. 95–104. DOI:10.21776/ub.jitek.2021.016.02.3.

23. Rahman, M.M., Sukor, S.A., Umami, N., Sukri, S.A.M. (2024). Effects of olive oil-treated diet and key lime juicetreated drinking water on intake and growth performance of quail. *Veterinary Integrative Sciences*, no. 23 (1). DOI:10.12982/VIS.2025.022.

24. Su, G., Wang, L., Zhou, X., Wu, X., Chen, D., Yu, B., Huang, Z., Luo, Y., Mao, X., Zheng, P., Yu, J., Luo, J., He J. (2021). Effects of essential oil on growth performance, digestibility, immunity, and intestinal health in broilers. *Poultry Science*, no. 100 (8). DOI:10.1016/j.psj.2021.10124

25. Tensingh, P., Gnanaraj, S., Ezhil Valavan, A. (2023). Arun Bharathi Effect of Phytogetic Feed Additives on Growth Performance of Japanese Quail. *Biological Forum – An International Journal*, no. 15 (4), pp. 575–579.

26. Wen, C., Gu, Y., Tao, Z., Cheng, Z., Wang, T., Zhou, Y. (2019). Effects of ginger extract on laying performance, egg quality, and antioxidant status of laying hens. *Animals*, no. 9 (11), 857 p. DOI:10.3390/ani9110857.

The effect of *Macleaya cordatas* plant extract on the digestibility of nutrients in quail feed**Lebid Y., Chudak R., Poberezhets J.**

Currently, a pressing problem in industrial poultry farming is the development of feed additives as an alternative to feed antibiotics in connection with the fight against resistance and the ban on feed antibiotics in poultry farming. The aim of the study was to investigate the effect of a phytobiotic additive on the digestibility of nutrients and the retention of mineral elements of feed in laying quails. The use of a phytobiotic additive in quail feed increases the digestibility of dry matter in quails of the 2nd group by 9.6 % ($p<0.01$), in the 3rd by 6.3 % ($p<0.01$) and in the 4th by 5.0 % ($p<0.05$), compared to control analogues. With the use of phytobiotics, the digestibility of crude protein and fat in poultry of the 2nd group was 7.2 % and 8.1 % ($p<0.001$), in the 3rd by 10.1 % and 12.2 % ($p<0.001$), and in the 4th by 9.3 % and 10.0 % ($p<0.001$) higher than in the control group. Additional feeding of quails with phytobiotic feed additive increases the digestibility of crude fiber in the 3rd group by 6.2 % ($p<0.05$), compared to the control sample. Under the influence of the herbal additive, the digestibility of BER in the

2nd group of quails was higher by 5.3 % ($p<0.01$), in the 3rd by 12.1 % ($p<0.001$) and in the 4th by 9.7 % ($p<0.001$), compared to the control group. Additional consumption of phytobiotics increases the retention of Calcium in the 3rd group by 9.2 % ($p<0.001$) and in the 4th by 4.3 % ($p<0.05$) and Phosphorus, Zinc and Copper in quails of the 3rd group by 3.1 %, 8.9% and 6.6 % ($p<0.05$), respectively, relative to the control. The feeding of the plant-based additive increased the absorption of iron and manganese in the second group. by 10.1 % ($p<0.01$) and 5.8 % ($p<0.05$), respectively, in the 3rd by 12.8 % ($p<0.001$) and 14.0 % ($p<0.01$), and in the 4th by 11.1 % ($p<0.001$) and 9.1 % ($p<0.01$) compared to the control samples. It was found that the highest Nitrogen absorption coefficient was observed under the action of the average dose of phytobiotic, which is 19.4 % higher than the control indicator. It was detected that under the influence of the phytobiotic additive, the Calcium digestibility coefficient increased in the 2nd group by 4.4 %, in the 3rd by 5.1 % and in the 4th by 3.4 % ($p<0.05$), compared to the control indicators.

Key words: quails, feeding, phytobiotic, digestibility, retention, mineral elements, nitrogen balance.



Copyright: Лебідь Я.Г., Чудак Р.А., Побережець Ю.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:

Лебідь Я.Г.

Чудак Р.А.

Побережець Ю.М.

<https://orcid.org/0009-0008-8067-764X><https://orcid.org/0000-0003-4318-6979><https://orcid.org/0000-0002-1727-6105>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 638.124.255

Забезпечення бджіл медозбором як спосіб запобігання
ройовому стану бджолиних сімейМіщенко О.А.¹ , Литвиненко О.М.¹ , Боднарчук Г.Л.¹ ,
Романенко Л.І.¹ , Криворучко Д.І.² , Афара К.Д.¹ ¹ ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича»² Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: Міщенко О.А. honey72@i.ua; Литвиненко О.М. alesyasandra@ukr.net



Міщенко О.А., Литвиненко О.М., Боднарчук Г.Л., Романенко Л.І., Криворучко Д.І., Афара К.Д. Забезпечення бджіл медозбором як спосіб запобігання ройовому стану бджолиних сімей. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 1. С. 55–61.

Mishchenko O., Lytvynenko O., Bodnar-chuk G., Romanenko L., Kryvoruchko D., Afara K. Providing bees with honey collection as a way to prevent the swarm state of bee colonies. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 1. PP. 55–61.

Рукопис отримано: 15.01.2025 р.

Прийнято: 29.01.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-55-61

З огляду на біологічні особливості медоносних бджіл жоден із його індивідів неспроможний самостійно утворювати нову сім'ю. У процесі еволюції медоносні бджоли пристосувалися до збільшення чисельності та розселення у просторі шляхом складного, багатоетапного природного процесу – роїння.

Більшість протиройових прийомів, які використовуються у практичному бджільництві, лише частково вирішують проблеми роїння сімей, цілком не усуваючи його. Недостатньо вивчені процеси, які відбуваються в організмі робочих бджіл при підготовці до роїння.

У роботі наведено дані експериментальних досліджень механізму впливу трофічних зв'язків бджіл з медоносними рослинами на роїння та продуктивність сімей.

Мета роботи полягала у дослідженні впливу медозбору з акації білої на ройовий стан, медову та воскову продуктивність бджолиних сімей.

Методи дослідження – зоотехнічні (підбір груп аналогів, облік меду та воску), біологічні (розвиток жирового тіла, жива вага) аналітичні (аналіз даних літератури й результатів досліджень) та статистичні (біометрична обробка експериментальних даних). Біометричне оброблення даних здійснювали за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням вбудованих статистичних функцій.

Середня жива вага бджіл з ознаками ройового стану була більшою на 5,6 % порівняно з контролем. За кількістю синтезованого воску різниця за групами бджолиних сімей не була статистично значущою. Бджоли контрольної групи відбудували на 11,7 стільника менше, ніж у дослідній групі сімей. Результати медопроductивності сімей дослідної групи були вищими на 12,8 кг порівняно з контрольною групою. Забезпечення сімей в ройовому стані продуктивним медозбором сприяє переходу до робочого стану.

Отже, підготовку бджолиної сім'ї до роїння, ґрунтуючись на дослідженні фізіологічних показників бджіл, можна помітити задовго до виходу рою – за 15–20 діб. У робочих бджіл, які готуються до роїння, збільшується ступінь розвитку жирового тіла та їх жива вага. Збільшення розвитку жирового тіла у бджіл, які становлять основу рою, насамперед, пов'язане з великими енергетичними витратами під час створення нового гнізда та заготівлі корму.

Контроль фізіологічних показників робочих бджіл може слугувати біотестом підготовки бджолиної сім'ї до роїння задовго до виходу рою.

Ключові слова: роїння, українська степова порода, жирове тіло, медозбір, медова продуктивність, трофічні зв'язки.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Роїння – це складний, природний спосіб розмноження медоносних бджіл. У сучасному бджільництві проблема запобігання неконтрольованому роїнню, як і раніше, залишається актуальною. Прояв роївого інстинкту у медоносних бджіл на великих пасіках і господарствах є серйозною проблемою, оскільки водночас різко знижується продуктивність сімей, підвищуються затрати праці бджоляра та собівартість продукції [1]. Готуючись до роїння, бджолина сім'я зменшує вироснування розплоду, припиняє відбудовувати вошину, різко знижується льотна активність, медова продуктивність бджолиної сім'ї зменшується на 45–50 %. З погляду племінної роботи роїння теж небажане, бо відбувається негативний відбір на рійливість і низьку продуктивність, адже роються зазвичай менш продуктивні сім'ї [2, 3].

Бджолина матка виділяє маточну речовину, яка об'єднує бджіл у цілісну біологічно повноцінну сім'ю та пригнічує розвиток яєчників у робочих бджіл, які водночас не виявляють бажання роїтися. З віком у маток рівень виділення маточної речовини стає нижчим, і наприкінці другого року життя матки виділення маточної речовини зменшується на 25 %. Настає період зростання схильності бджолиної сім'ї до природного роїння через нестачу маточної речовини [4, 5, 6].

Дослідження показують, що в бджолиних сім'ях, готових роїтися, майже 50 % робочих бджіл стають анатомічними трутівками. Ці бджоли починають будівництво роївих маточників та становлять більшу частину бджіл рою [7, 8, 9].

Роїння зазвичай відбувається після швидкого зростання сили бджолиної сім'ї. Біологи встановили, що для вироснування розплоду з яєць, відкладених маткою за найінтенсивнішої її роботи, необхідно не більш як 2,5–3,0 кг бджіл. Отже, якщо за відсутності доброго медозбору сила сім'ї в процесі її розвитку починає перевищувати 10–12 рамок розміром 435x300 мм, а це і є 2,5–3,0 кг бджіл, то настає межа переходу звичайного стану сім'ї до потенційно роївої [10, 11]. Молоді бджоли синтезують надлишок маточного молочка і починають годувати ним одна одну. Потужний в енергетичному сенсі та біологічно активний корм сприяє розвитку у робочих бджіл яйцевих трубочок, зростанню жирового тіла та накопиченню надлишку енергії. Ці бджоли поступово перестають літати за кормом, будувати стільники та виховувати розплід, і сім'я переходить у фазу роївого стану [12, 13, 14].

Наявність у природі невеликого, але тривалого підтримувального медозбору створює найбільш сприятливі умови для роїння. Бджолина сім'я весь принесений корм витрачає на годівлю розплоду і не може забезпечити себе кормом про запас [15].

Більшість протиroyових прийомів, які використовуються у практичному бджільництві, лише частково вирішують проблеми роїння сімей, цілком не усуваючи його [16]. Недостатньо вивчено процеси, що відбуваються в організмі робочих бджіл за підготовки до роїння.

Поряд з пошуком оптимального поєднання відомих методів запобігання роїнню слід вести дослідження нових протиroyових прийомів, які використовують новітні досягнення у біології бджолиної сім'ї, зокрема трофічні зв'язки медоносних бджіл з біологічним розмаїттям ентомофільних рослин. Коли відновлюються трофічні зв'язки бджіл з медоносними рослинами і в природі наявний бурхливий (2–2,5 кг нектару на добу і більше) медозбір, бджоли розгризають закладені маточники і всю сконцентровану енергію використовують на збирання нектару та перероблення його в мед.

Мета дослідження – дослідити вплив трофічних зв'язків бджіл із медоносними рослинами на роїння та продуктивність сімей за медозбору з акації білої.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили на базі експериментальної пасіки ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича». Об'єктом дослідження слугували медоносні бджоли української степової породи, жирове тіло бджіл, відбудовані стільники, мед. Дослідження проводили згідно з положеннями «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики [17] та «Європейської конвенції про захист тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» [18].

Для досліду за 15 діб до медозбору з акації білої за методом груп-аналогів було сформовано 16 бджолиних сімей однакової сили, з рівними запасами корму, які розділили на дві групи – дослідну і контрольну. До контрольної групи увійшли сім'ї в робочому фізіологічному стані, а в дослідну – з ознаками роївого стану. Бджолині сім'ї утримувались у багатокорпусних вуликах. Догляд за ними проводили однаково, згідно із загальноприйнятими методиками [19].

Дослідження стану розвитку жирового тіла бджіл проводили за методикою А. Мауріціо [20]. Проби бджіл услипляли холодом за

температури 1 °C та фіксували в 70 °C етиловому спирті. Для дослідження використовували жирове тіло черевця медоносних бджіл. Щоб відокремити стерильну частину черевця, використовували фіксацію за допомогою розплавленого воску. Водночас проводили занурення дорзальної частини черевця у рідкий віск. Після його застигання за допомогою ножиць проводили два паралельні розрізи плеуральних мембран, лінією з'єднання тергітів зі стернітами. Пінцетом видаляли травний тракт. Після препарування бджіл за допомогою мікроскопа МБС-10 оцінювали ступінь розвитку їх жирового тіла за 5-бальною шкалою. Для визначення показника живої маси проводили відбір робочих бджіл з різних зон гнізда, знерухомлювали їх шляхом охолодження та зважували на вагах Pocket Scale MH-Series.

Кількість товарного та валового меду визначали візуально та зважуванням. Визначаючи кількість товарного меду, проводили відбір з бджолиних гнізд кожної сім'ї контрольної та дослідної груп стільників з медом, запечатаних восковими кришечками не менш як на 75 %. Стільники розпечатували та відкачували на центрифугі. Масу товарного меду визначали зважуванням після відкачування стільників окремо з кожної сім'ї. Кількість меду, що залишався в гнізді як корм, визначали розрахунковим методом, виходячи з того, що заповнений медом стільник розміром 435 x 300 мм містить 3,5 кг меду. Результати воскопродуктивності бджолиних сімей визначали за кількістю відбудованих стільників розміром 435x145 мм.

Біометричне оброблення отриманих даних виконували за допомогою програми

Microsoft Excel та STATISTICA 6.0 з наступною перевіркою статистично значущої різниці між групами за допомогою критерію Стюдента. Результати середніх значень вважали статистично значущими за $p \leq 0,05$ та $p \leq 0,01$.

Результати дослідження та обговорення. Дослідження проводили на пасіці, розташованій в умовах продуктивного медозбору. Жирове тіло є одним із найголовніших елементів у ході обміну речовин в організмі бджіл і має вплив на активність всіх фізіологічних процесів життєдіяльності. Тому ступінь розвитку жирового тіла є показником, який розкриває фізіологічний стан організму бджоли, зокрема перехід до ройового стану (табл. 1).

Аналіз даних таблиці 1 показує, що розвиток жирового тіла бджіл дослідної групи з ознаками ройового стану переважав стан жирового тіла бджіл контрольної групи на 28,5 %. Жирове тіло бджіл дослідної групи було достовірно краще розвинене порівняно з таким у бджіл без ознак ройового стану. Отже, є підстави стверджувати, що збільшення розвитку жирового тіла у бджіл, які складуть основу рою, пов'язане передусім з великими енергетичними витратами під час створення нового гнізда та заготівлі корму. Водночас з'ясувалось, що середня жива вага бджіл сімей з ознаками ройового стану була більшою на 5,6 % порівняно з бджолами групи контролю.

Перед початком цвітіння білої акації бджолині сім'ї контрольної та дослідної груп мали достатню силу і чисельність робочих бджіл для забезпечення виховання великої кількості розплоду (табл. 2).

Таблиця 1 – Фізіологічні показники бджіл перед роїнням, $M \pm m$, $n=16$

Групи бджолиних сімей	Жива вага бджіл		Розвиток жирового тіла бджіл	
	мг	% до контролю	бали	% до контролю
Контрольна	106,0 $\pm$ 0,5	100	2,80 $\pm$ 0,02	100
Дослідна	112,0 $\pm$ 0,2	105,6	3,60 $\pm$ 0,04	128,5

Таблиця 2 – Середньодобова яйценосність бджолиних маток перед медозбором з акації білої, яєць за добу, $n=5$

Показник	Середня добова яйценосність, яєць/добу	
	контроль	дослідна
$M \pm m$	1548,0 $\pm$ 29,12	1735,0 $\pm$ 14,55***
Lim	854–1996	1385–1877
Cv, %	19,22	3,68
Перевищення, % до контролю	–	12,1

Примітка: ***– $P > 0,999$.

Відкладання яєць матками становило в контрольній групі сімей $1548,0 \pm 29,12$, в дослідній – $1735,0 \pm 14,55$ яєць за добу, що є досить високим показником для цього періоду. Наведені дані вказують на перевищення яйценосності маток у сім'ях дослідної групи порівняно з сім'ями контрольної.

Для нормалізації фізіологічного стану сімей дослідної групи від ройового до робочого і раціонального використання їх продуктивного потенціалу бджолині сім'ї дослідної групи були перевезені до Канівського заповідника на медозбір з акації білої, який уже розпочався.

Аналізом результатів впливу медозбору на нормалізацію стану сімей виявлено досить цікаві з погляду біології відмінності за групами. Сім'ї з восьми бджолиних сімей контрольної групи увійшли до ройового стану, і до них довелося застосувати штучне роїння, відділяючи бездіяльних ройових бджіл від робочих. Щодо сімей дослідної групи з ознаками ройового стану, то всі вісім сімей відновили льотно-збиральну активність і включилися у роботу із заготівлі корму. Напередодні медозбору бджолині сім'ї з ознаками ройового стану мали велику кількість молодих бджіл та печатного розплоду і незначну кількість відкритого розплоду. Поступове зростання надходження нектару з 2,8 кг за добу до 7,5 кг нормалізували їх стан, зокрема повернення з ройового до робочого, на відміну від сімей контрольної групи. Експериментально нами доведено позитивний вплив на медову та воскову продуктивність ройових бджолиних сімей шляхом забезпечення їх продуктивним медозбором (табл. 3).

Наведені у таблиці 3 дані валового виробництва меду свідчать про високий рівень інтенсивності використання медозбірних умов групою дослідних бджолиних сімей та їх вплив на ройове збудження. Різниця між порівнюваною масою облікованого у гніздах меду є статистично значущою ($p < 0,95$).

Вищими за кількісний показник меду, зібраного бджолиними сім'ями контрольної групи, були результати медопродуктивності сімей дослідної групи, зокрема на 12,8 кг. За кількістю синтезованого воску різниця по групах бджолиних сімей також була статистично незначущою. Бджоли контрольної групи відбудували на 11,7 стільника менше, ніж у дослідній групі сімей.

Підготовка бджолиної сім'ї до роїння починається задовго до виходу рою, і цей процес охоплює кілька етапів, що залежить від багатьох факторів. Вихід рою відбувається з 65-ї по 75-у добу після весняного обльоту. Це обумовлюється тим, що бджолиним сім'ям необхідно позбутися бджіл, які перезимували, наростити багато молодих фізіологічно розвинених бджіл, виростити статевозрілих трутнів. Причинами переходу до ройового стану є вік бджолиної матки і зниження рівня синтезу маточної речовини, недостатня вентиляція, перегрівання гнізда, тривала перерва у медозборі, зростання сили сімей, зміна кількісного складу різновікових груп бджіл, надлишок виробництва маточного молочка, фізіологічні зміни в організмі бджіл.

Сім'ї дослідної та контрольної груп в умовах підтримувального медозбору наростили достатню силу та велику кількість молодих бджіл. Відсутність продуктивного медозбору і завантаженості роботою посприяли переходу бджолиних сімей до ройового стану. Молоді бджоли, синтезуючи маточне молочко, виробляють його надлишок і починають годувати ним одна одну. Потужний в енергетичному сенсі та біологічно активний корм сприяє зростанню у робочих бджіл жирового тіла та збільшенню живої ваги. Середня жива вага бджіл з ознаками ройового стану була більшою на 5,6 % порівняно з контролем. Згідно з даними інших дослідників [21, 22], підвищення середньої живої ваги бджіл може бути індикатором стану бджолиних сімей перед роїнням чи інших періодів їх життєдіяльності.

Таблиця 3 – Продуктивність бджолиних сімей

Групи бджолиних сімей	Мед валовий, кг			Відбудовано стільників розміром 435x145 мм		
	M±m	lim	Cv	M±m	lim	Cv
Контрольна	17,7±8,5	9–19	3,12*	4,4±1,1	2–6	0,83*
Дослідна	30,5±1,12	21–34	5,37**	16,1±0,55	13–20	2,95**

Примітка: • – слабка мінливість ознаки, ** – середня мінливість ознаки щодо бджолиних сімей контролю, які перейшли до ройового стану).

Жирове тіло бджіл дослідної групи було достовірно краще розвинене порівняно з контрольною на 28,5 %. Значний розвиток жирового тіла у бджіл пов'язаний зі збільшенням енергетичних ресурсів і є показником підготовки сім'ї до роїння [23, 24]. Наші дослідження підтверджують дані цих авторів та свідчать про адаптивну реакцію на підвищенні енергетичних витрат під час створення нового гнізда та заготівлі корму.

Сім'ї дослідної групи з ознаками роєвого стану, які були перевезені до масивів акації білої, відновили льотно-збиральну активність і включились в роботу із заготівлі корму. Інші автори також відзначають, що переміщення бджолиних сімей до багатих на нектар ресурсів зменшує ймовірність роїння і сприяє поверненню сімей до робочого стану [25, 26]. Зміна місця розташування й збільшення доступності корму позитивно впливають на продуктивність бджолої сім'ї. Значне надходження нектару обмежило відкладання яєць бджолою маткою, завантажило бджіл будівництвом стільників, і найголовніше – збором і переробленням нектару в мед. Поступове зростання надходження кількості нектару у вулики посприяло поверненню бджолосімей із роєвого стану до робочого на відміну від сімей контрольної групи, які зроїлися. Експериментально нами доведено позитивний вплив на медову й воскову продуктивність роєвих бджолиних сімей шляхом забезпечення їх продуктивним медозбором. Вчасне і продуктивне забезпечення бджолої сім'ї нектаром допомагають знизити шанси на роїння і підвищити медову продуктивність, підтримуючи оптимальний фізіологічний стан бджіл.

Висновки. Отже, підготовку бджолої сім'ї до роїння, ґрунтуючись на дослідженні фізіологічних показників бджіл, можна помітити задовго до виходу рою – за 15–20 діб. У робочих бджіл, які готуються до роїння, зростає ступінь розвитку жирового тіла та їх жива вага.

Збільшення розвитку жирового тіла у бджіл, які становитимуть основу рою, пов'язане передусім з великими енергетичними втратами під час створення нового гнізда та заготівлі корму.

Контроль фізіологічних показників робочих бджіл може слугувати біотестом підготовки бджолої сім'ї до роїння задовго до виходу рою.

Забезпечення роєвих бджолосімей продуктивним медозбором посприяло поверненню їх із роєвого стану до робочого і позитивно вплинуло на показники продуктивності.

Дослідження показують, що медозбір є потужним чинником, який впливає на поведінку та фізіологічний стан бджіл.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Caron D. Swarming – Its prevention and control. Mid-Atlantic Apicultural Research & Extension Consortium Publication. 2000. URL: <http://www.maarec.cas.psu.edu>
2. Основи бджільництва: навч. посібн. (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 201 – Агрономія) / уклад. М.В. Лозінський, В.І. Глеваський, О.М. Яковенко, Г.Л. Устинова. Біла Церква, 2021. 148 с.
3. Villa J.D. Swarming behavior of honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) in southeastern Louisiana. Annals of the Entomological Society of America. Vol. 97. Issue 1. 2004. P. 111–116. DOI:10.1603/0013-8746(2004)097[0111:SBONBH]2.0.CO;2.
4. Production and transmission of honey bee queen (*Apis mellifera* L.) mandibular gland pheromone / K. Naumann et al. Behav. Ecol. Sociobiol. 1991. DOI:10.1007/BF00165956
5. Gilley D.C., Tarry D.R. Three mechanisms of queen elimination in swarming honey bee colonies. Apidologie. Vol. 36. No. 3. 2005. P. 461–474. DOI:10.1051/apido:2005033
6. Watmough J. A general model of pheromone transmission within honey bee hives. Journal of Theoretical Biology. 1997. Vol. 189 (2). P. 159–170. DOI:10.1006/jtbi.1997.050.
7. Egg marking pheromones of anarchistic worker honeybees (*Apis mellifera*) / S.J. Martin et al. Behavioral Ecology. Vol. 15. Issue 5. 2004. P. 839–844. DOI:10.1093/beheco/arh089
8. Fefferman N.H., Starks P.T. A modeling approach to swarming in honey bees (*Apis mellifera*) Birkhäuser Verlag, Basel. Vol. 53 (1). 2006. P. 37–45. DOI:10.1007/s00040-005-0833-x
9. Роїння і статус бджолосімей. URL: <https://gornich.com.ua/post/roinnia-i-status-bdzholosim-i>
10. Безпалій І.Ф., Постоєнко В.О., Поліщук А.А. Біотехнологічні чинники етології бджіл під час збирання нектару. Вісник ПДАА. Полтава: 5 ПДАА. 2021. Вип. 2. С. 188–193. DOI:10.31210/visnyk2021.02.23
11. Удосконалення технології утримання бджолиних сімей: зб. наук. праць Житомирського національного агроекологічного університету / Д.В. Лісогурська та ін. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2018. Вип. 8. С. 33–36.
12. Arrese E., Soulages J. Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. Annu Rev Entomol. 2010. Vol. 55. P. 207–225. DOI:10.1146/annurev-ento-112408-085356.
13. Strachecka A., Olszewski K. Segmentation of the subcuticular fat body in *Apis mellifera* females with different reproductive potentials Scientific Reports. 2021. Vol. 11. P. 1–11. DOI:10.1038/s41598-021-93357-8.
14. Bogdanov Lazarov, I. Vanka Zhelyazkova Hygienic behavior and fat body development in worker bees (*Apis mellifera* L.). Agricultural Science and Technology. 2022. Vol. 14 (1). P. 71–76. DOI:10.15547/ast.2022.01.010.

15. Clara E. Castaños . Lipidomic features of honey bee and colony health during limited supplementary feeding. *Insect Molecular Biology*. 2023. Vol. 32 (6). P. 658–675. DOI:10.1111/imb.12864.
16. Wenning C. The Consequences of Swarming. *Am Bee Journal*. 2000. Vol. 140 (3). P. 205–209.
17. Резніков О.Г. Загальні етичні принципи експериментів на тваринах. Перший національний конгрес з біоетики. Ендокринологія. 2003. Т. 8. № 1. С. 142–145.
18. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Council of Europe, Strasbourg, 1986. 53 p.
19. Броварський В.Д., Бріндза Я., Отченашко В.В. Методика дослідної справи у бджільництві. К.: Видавничий дім «Вінніченко», 2017. 166 с.
20. Maurizio A. Pollernernahrung und Lebensvorgänge bei der Honigbiene (*Apis Mellifera*). *Landwirtschaft. Jahrb. Schweiz*. 1954. Vol. 68. P. 115–182.
21. Seeley T.D. Adaptive significance of the age polyethism schedule in honeybee colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. Vol. 11 (4). 1982. P. 287–293. DOI:10.1007/BF00302942.
22. Winston M.L. The Biology of the Honey Bee. Harvard University Press. 1987. 304 p.
23. Brodschneider R., Crailsheim K. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*. Vol. 41 (3). 2010. P. 278–294. DOI:10.1051/apido/2010013.
24. Grozinger C.M., Richards J., Mattila H.R. From molecules to societies: mechanisms regulating swarming behavior in honey bees (*Apis spp.*) *Apidologie*. 2014. Vol. 45. P. 327–346. DOI:10.1007/s13592-013-0253-2
25. Seeley T.D., Morse, R.A. The Wisdom of the Hive: The Social Physiology of Honey Bee Colonies. Harvard University Press. 2015. 318 p.
26. Swarming, defensive and hygienic behaviour in honey bee colonies of different genetic origin in a pan-European experiment / A. Uzunov et al. *Journal of Apicultural Research*. 2014. Vol. 53 (2). P. 248–260. DOI:10.3896/IBRA.1.53.2.06.
- DOI:10.1603/0013-8746(2004)097[0111:S-BOHBH]2.0.CO;2.
4. Naumann, K., Winston, M., Slessor, K., Prestwich, G., Webster, F. (1991). Production and transmission of honey bee queen (*Apis mellifera L.*) mandibular gland pheromone. *Behav. Ecol. Sociobiol.* DOI:10.1007/BF00165956
5. Gilley, D.C., Tarry, D.R. (2005). Three mechanisms of queen elimination in swarming honey bee colonies. *Apidologie*. Vol. 36, no. 3, pp. 461–474. DOI:10.1051/apido:2005033
6. Watmough, J. (1997). A general model of pheromone transmission within honey bee hives. *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 189 (2), pp. 159–170. DOI:10.1006/jtbi.1997.050.
7. Martin, S.J., Chaline, N., Oldroyd, B.P., Jones, G.R., Ratnieks, F.L.W. (2004). Egg marking pheromones of anarchistic worker honeybees (*Apis mellifera*). *Behavioral Ecology*. Vol. 15, Issue 5, pp. 839–844. DOI:10.1093/beheco/arh089
8. Fefferman, N.H., Starks, P.T. (2006). A modeling approach to swarming in honey bees (*Apis mellifera*) Birkhäuser Verlag, Basel. Vol. 53 (1), pp. 37–45. DOI:10.1007/s00040-005-0833-x
9. Roinnia i status bdzholosim'i [Swarming and status of the bee colony]. Available at: <https://gor-nich.com.ua/post/roinnia-i-status-bdzholosim-i> (in Ukrainian).
10. Bezpalyy, I.F., Postoienko, V.O., Polishchuk, A.A. (2021). Biotehnologichni chynnyky etolohii bdzhil pid chas zbyrannia nektaru [Biotechnological factors of bees'ethology during nectar collection]. *Visnyk PDAA [Bulletin of the PDAA]*. Poltava: 5 PDAA, Issue 2, pp. 188–193. DOI:10.31210/visnyk2021.02.23 (in Ukrainian).
11. Lisohurska, D.V., Furman, S.V., Kryvyi, M.M. (2018). Udoskonalennja tehnologii' utrymannja bdzholynih simej: zb. nauk. prac' Zhytomyr's'kogo natsional'nogo agroekologichnogo universytetu [Improving the technology of keeping bee colonies: collection of scientific works of Zhytomyr National Agroecological University]. Issue 8, pp. 33–36. (in Ukrainian).
12. Arrese, E., Soulages, J. (2010). Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. *Annu Rev Entomol*. Vol. 55, pp. 207–225. DOI:10.1146/annurevento-112408-085356.
13. Strachecka, A., Olszewski, K. (2021). Segmentation of the subcuticular fat body in *Apis mellifera* females with different reproductive potentials *Scientific Reports*. Vol. 11, pp. 1–11. DOI:10.1038/s41598-021-93357-8.
14. Bogdanov, L., Zhelyazkova, I. (2022). Hygienic behavior and fat body development in worker bees (*Apis mellifera L.*). *Agricultural Science and Technology*. Vol. 14 (1), pp. 71–76. DOI:10.15547/ast.2022.01.010 .
15. Castaños, C.E. (2023). Lipidomic features of honey bee and colony health during limited supplementary feeding. *Insect Molecular Biology*. Vol. 32 (6), pp. 658–675. DOI:10.1111/imb. 12864 .
16. Wenning, C. (2000). The Consequences of Swarming. *Am Bee Journal*, Vol. 140 (3), pp. 205–209.

REFERENCES

1. Caron, D. (2000). Swarming – Its prevention and control. Mid-Atlantic Apicultural Research & Extension Consortium Publication. Available at: <http://www.maarec.cas.psu.edu>
2. Osnovy bdzhil'nyctva: navch. posibn. (dlja zdobuvachiv pershogo (bakalavrs'kogo) rivnja vyshhoi' osvity zi special'nosti 201 – Agronomija) / uklad. M.V. Lozins'kyj, V.I. Glevas'kyj, O.M. Jakovenko, G.L. Ustinova [Fundamentals of beekeeping: a manual (for applicants of the first (bachelor's) level of higher education in the specialty 201 - Agronomy) / compiled by M.V. Lozinsky, V.I. Hlevasky, O.M. Yakovenko, G.L. Ustinova]. Bila Tserkva, 2021, 148 p. (in Ukrainian)
3. Villa, J.D. (2004). Swarming behavior of honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) in southeastern Louisiana. *Annals of the Entomological Society of America*. Vol. 97, Issue 1, pp. 111–116.

17. Reznikov, O.H. (2003). Zagal'ni etychni pryncypy eksperymentiv na tvarynah [General ethical principles of animal experiments]. Pershyj nacional'nyj kongres z bioetyky [First National Congress on Bioethics]. Endokrynologija [Endocrinology]. Vol. 8, no. 1, pp. 142–145. (in Ukrainian).

18. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Council of Europe, Strasbourg, 1986, 53 p.

19. Brovaskyi, V., Brindza, Ya., Otchenashko, V. (2017). Metodyka doslidnoi' spravy u bdzhil'nyctvi [Methodology of research in beekeeping]. Kyiv: Vinnichenko Publishing House, 166 p. (in Ukrainian).

20. Maurizio, A. (1954). Pollernernahrung und Lebensvorgänge bei der Honigbiene (*Apis Mellifera*). Landwertsch. Jahrb. Schweiz. Vol. 68, pp. 115–182.

21. Seeley, T.D. (1982). Adaptive significance of the age polyethism schedule in honeybee colonies. Behavioral Ecology and Sociobiology. Vol. 11 (4), pp. 287–293. DOI:10.1007/BF0030 2942.

22. Winston, M.L. (1987). The Biology of the Honey Bee. Harvard University Press, 304 p.

23. Brodschneider, R., Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. Apidologie. Vol. 41 (3), pp. 278–294. DOI:10.1051/apido/2010013.

24. Grozinger, C.M., Richards, J., Mattila, H.R. (2014). From molecules to societies: mechanisms regulating swarming behavior in honey bees (*Apis spp.*). Apidologie. Vol. 45, pp. 327–346. DOI:10.1007/s13592-013-0253-2

25. Seeley, T.D., Morse, R.A. (2015). The Wisdom of the Hive: The Social Physiology of Honey Bee Colonies. Harvard University Press, 318 p.

26. Uzunov, A., Costa, C., Panasiuk, B. (2014). Swarming, defensive and hygienic behaviour in honey bee colonies of different genetic origin in a pan-European experiment. Journal of Apicultural Research, Vol. 53 (2), pp. 248–260. DOI:10.3896/IBRA.1.53.2.06.

Providing bees with honey collection as a way to prevent the swarm state of bee colonies

Mishchenko O., Lytvynenko O., Bodnarchuk G., Romanenko L., Kryvoruchko D., Afara K.

Given honey bees' biological characteristics, none of their individuals can form a new colony independently. In the process of evolution, honey bees have adapted to increase their numbers and spread

over space through a complex, multi-stage natural process, such as swarming.

Most anti-swarming techniques used in practical beekeeping only partially solve the problem of swarming colonies, not eliminating it. The processes happening in the body of worker bees in preparation for swarming are yet to be studied sufficiently.

This work presents data from experimental studies of the mechanism of influence of trophic relationships of bees with honey plants on swarming and productivity of colonies during heavy honey collection.

The goal of the work was to study the effect of honey collection from black locusts (*Robinia pseudo-acacia*) on the swarming state and honey and wax productivity of bees.

Methods of research. Zootechnical (selection of groups of analogs, accounting for honey and wax), biological (development of fat body, live weight) analytical (analysis of literature data and research results), and statistical (biometric data processing). Biometric data processing was performed using MS Excel software with built-in statistical functions.

The average live weight of bees with signs of swarming was 5,6 % higher than the control.

The difference in the amount of synthesized wax between the colonies' groups not statistically significant. The bees in the control group built 11,7 fewer combs than the experimental group of colonies.

The honey productivity results of the experimental group colonies were higher - by 12,8 kg, compared to the control group.

Providing colonies in swarming conditions with productive honey collection promotes the transition to working conditions.

The preparation of a bee colony for swarming, based on the study of the physiological characteristics of bees, can be noticed long before the swarm leaves – 15-20 days prior. In preparation for swarming, the degree of fat body development among the worker bees and their live weight increase.

The increased development of the fat body in bees that will form the basis of the swarm is primarily due to the high energy expenditure involved in creating a new nest and foraging.

Monitoring the physiological parameters of worker bees can serve as a bio test of the bee colony's readiness for swarming long before the swarm emerges.

Key words: swarming, Ukrainian steppe breed, fat body, honey collection, honey productivity, trophic relationships.



Copyright: Міщенко О.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:

Міщенко О.А.

<https://orcid.org/0000-0001-9970-8540>

Литвиненко О.М.

<https://orcid.org/0000-0001-6643-2285>

Боднарчук Г.Л.

<https://orcid.org/0000-0002-3555-0163>

Романенко Л.І.

<https://orcid.org/0000-0003-2720-6183>

Криворучко Д.І.

<https://orcid.org/0000-0003-1788-6090>

Афара К.Д.

<https://orcid.org/0000-0002-9180-2281>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 638.142/.147.7

Оцінювання температурного режиму бджолиного гнізда за удосконалення конструкції вуликового дна**Скрипник С.В.** , **Разанова О.П.** *Вінницький національний аграрний університет*E-mail: Скрипник С.В. serguk60@gmail.com; Разанова О.П. olenaop0205@ukr.net

Скрипник С.В., Разанова О.П. Оцінювання температурного режиму бджолиного гнізда за удосконалення конструкції вуликового дна. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 1. С. 62–71.

Skrypnyk S., Razanova O. Estimation of the bee nest temperature regime by improving the hive bottom construction. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 1. PP. 62–71.

Рукопис отримано: 01.04.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-62-71

Підтримання стабільної температури в гнізді медоносних бджіл є ключовим чинником, що визначає їх життєздатність, продуктивність та здатність до виживання. Сучасні вдосконалення конструкцій вуликів здебільшого орієнтовані на забезпечення сприятливого мікроклімату всередині гнізда, що особливо актуально для регіонів з мінливими кліматичними умовами. У статті висвітлено результати дослідження впливу конструктивних особливостей дна вулика (глухе або сітчасте) на температурний режим бджолиних сімей у період підготовки до кочівлі, під час транспортування, а також упродовж зимівлі. Мета дослідження полягала у проведенні порівняльного оцінювання температурного режиму бджолиного гнізда за умов використання у вулику класичного глухого та вдосконаленого сітчастого дна з додатковими функціональними властивостями. Встановлено, що вулики із сітчастим дном забезпечують кращу вентиляцію, сприяють зниженню температури в центрі гнізда та по його периферії, зменшують ризик перегріву влітку й сприяють ефективнішій терморегуляції під час зимового періоду. Використання подвійної сітки сітчастого дна забезпечує належний санітарно-гігієнічний стан у вулику, знижує тривожність бджіл у безвзятковий період і під час відкачування меду. Порівняння температурних показників у контрольній (глухе дно) та дослідній (сітчасте дно) групах вуликів засвідчило статистично достовірну різницю, особливо в центральній частині гнізда. У період зимівлі у вуликах із сітчастим дном відзначено кращий санітарний стан, відсутність плісняви та рівномірний розвиток розплоду навесні. Незважаючи на дещо більші витрати корму, бджолині сім'ї дослідної групи мали вищу силу навесні та кращий загальний стан. Результати дослідження підтверджують доцільність використання вуликів із сітчастим дном для покращення умов утримання бджіл.

Ключові слова: бджоли, вулик, мікроклімат, температура, зимівля, корм, розвиток.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Протягом останніх десятиріч зафіксовано істотне скорочення чисельності запилювачів у всіх регіонах світу, що в певній мірі зумовлено антропогенною діяльністю та змінами клімату [6].

Фізіологічне благополуччя бджолиних сімей суттєво залежить від здатності бджіл підтримувати стабільний внутрішній мікро-

клімат, зокрема температуру та вологість. Конструкція вулика є одним із критичних факторів, що впливає на продуктивність і фізіологічний стан сімей [10].

Оптимальний мікроклімат бджолиного гнізда визначається комплексом параметрів, зокрема температурою, вологістю та концентрацією вуглекислого газу, які забезпечують комфортне середовище для життєдіяльності

бджіл [2]. Ці показники змінюються залежно від сезону, ступеня активності бджіл, сили та фази розвитку бджолої сім'ї [4].

Сім'ї медоносних бджіл *Apis mellifera* здатні ефективно регулювати мікроклімат усередині гнізда завдяки складним соціальним механізмам терморегуляції. Особливо важливою ця здатність є у періоди вирощування розплоду, що припадають на весняно-літній сезон, коли бджоли підтримують стабільну температуру в зоні розплоду на рівні приблизно 35 °C [15, 16]. Такий температурний режим є оптимальним для нормального розвитку личинок і лялечок.

Терморегуляція у гніздах медоносних бджіл має вирішальне значення для їх життєздатності, продуктивності та виживання. Зниження температури у бджолоїному гнізді до 28–30 °C негативно впливає на розвиток розплоду, спричиняючи морфологічні аномалії та функціональні порушення. Водночас утримання розплоду за температури 38–40 °C асоціюється з високими рівнями смертності [13].

Температурний режим гнізда є найбільш вивченим компонентом мікроклімату й відіграє вирішальну роль у нормальному розвитку розплоду, підтриманні фізіологічного стану дорослих особин. Дослідження ряду науковців показують, що наявність розплоду є основним стимулом, який індукує терморегуляторну поведінку бджіл [18], зумовлює підвищену активність в підтриманні стабільної температури в центральних зонах гнізда, де зосереджені комірки з розплодом.

Особливо цікавими є результати досліджень щодо впливу субоптимальних температур на поведінкові характеристики дорослих бджіл. Так, розвиток лялечок за температури 32 °C (на 3 °C нижче за оптимальну) спричинює зменшення виконання танцювальної поведінки, порівняно з бджолами, вирощеними за 36 °C. Отримані Tautz et al. [22] та Becher et al. [8] дані свідчать про те, що навіть мінімальні коливання температури у період розвитку можуть мати довготривалий вплив на поведінку бджіл.

Контроль температурного режиму в зоні розплоду є важливою складовою поведінки медоносних бджіл, що безпосередньо впливає на нормальний розвиток потомства [19]. Температура повітря поблизу стільників із розплодом хоча й зазнає коливань, але зазвичай утримується в межах вузького діапазону 33–36 °C. Такий температурний режим не є постійним, однак характеризується високим ступенем стабільності, забезпеченим

комплексом соціально-терморегуляторних механізмів, які реалізуються на рівні всієї сім'ї.

Забезпечення стабільного мікроклімату супроводжується значними енергетичними витратами. Щоб мінімізувати втрати тепла, бджоли активно регулюють потік повітря у вулику шляхом закриття щілин, зменшення розміру льотка за допомогою воску чи прополісу. У холодну пору року робочі бджоли формують щільні скупчення у формі клубка. У випадку зниження температури нижче оптимального рівня бджоли здатні локально генерувати тепло шляхом скорочень грудних м'язів, за такої умови теплова енергія передається безпосередньо розплоду. Крім того, бджоли на периферії гнізда можуть виконувати роль ізоляційного шару, що захищає від втрати тепла та перегрівання. Підвищення зовнішньої температури, яке потенційно може загрожувати перегрівом розплоду, компенсується активним доставлянням води у вулик і її випаровуванням за допомогою розмахування крилами бджіл, що створює ефективне охолодження повітря. Ще однією поведінковою адаптацією є утворення «борода» – скупчення бджіл за межами вулика для збільшення внутрішнього простору і посилення вентиляції [3].

Температура гнізда відіграє ключову роль у розвитку личинок бджіл [9]. Giannoni-Guzmán et al. [12] стверджують, що температура у бджолоїному гнізді на рівні 33–35 °C має найбільший вплив на розвиток молодих робочих бджіл у перші 48 годин, ніж за нижчих температур (24–26 °C).

Тривале відхилення від температурного оптимуму в період розвитку личинки здатне спричинити значні морфологічні аномалії у розплоді. Варто зазначити, що температурні умови, в яких розвиваються окремі особини бджолоїної сім'ї на стільнику, є набагато динамічнішими й складнішими, аніж це можна припустити, аналізуючи лише усереднені температурні показники. Результати точкових вимірювань температури в окремих комірках із лялечками, проведені Kleinhenz et al. [17], показали коливання температури від 32,6 °C для найхолоднішої комірки до 35,9 °C для найтеплішої. Протягом тригодинного спостереження середня температура становила 33,7 °C і 35,0 °C відповідно, проте жодна з лялечок не перебувала в умовах абсолютно стабільної температури протягом усього періоду розвитку. Це свідчить про існування тонких градієнтів температури навіть у межах одного гнізда, що, ймовірно, має значення

для індивідуальної варіативності розвитку, включаючи потенційний вплив на фізіологічні та поведінкові характеристики дорослих бджіл.

Кількість бджіл у гнізді також має суттєвий вплив на температурну стабільність. Встановлено, що зі зменшенням чисельності бджіл терморегуляція порушується, що призводить до коливань температури, які можуть бути критичними для розплоду [19].

Більшість сучасних конструктивних модифікацій вуликів спрямована на підтримання оптимального мікроклімату всередині гнізда медоносних бджіл, особливо в регіонах з екстремальними кліматичними умовами. Терморегуляторна здатність бджіл дозволяє їм підтримувати температуру гнізда в межах оптимального діапазону [20], і цей процес регулюється шляхом активного охолодження або нагрівання середовища [18]. Однак ефективність терморегуляції в умовах сильного теплового або холодового навантаження часто супроводжується значним енергетичним виснаженням робочих бджіл. Ю.М. Сиромятников та ін. [5] рекомендують проводити зимівлю бджіл у вулику-лежку з 2 внутрішніми перегородками, що дозволяє отримувати економію кормів, більше наростити сім'ї бджіл та отримати більше товарної продукції. Взимку більше енергії витрачається на підігрів гнізда, тоді як влітку – на охолодження, особливо в поєднанні з низькою відносною вологістю. У посушливих регіонах ця задача ускладнюється необхідністю регуляції не лише температури, а й вологості, що має вирішальне значення для нормального розвитку розплоду [14], а також для процесу вилуплення личинок з яєць [11].

R. Kutby et al. [21] у дослідженнях порівнювали активність і життєздатність бджіл залежно від типу вуликів, які широко застосовуються у бджільництві. Спостереження проводились протягом п'яти місяців, з пізньої весни до ранньої осені, за найбільш активного періоду життєдіяльності бджіл, зокрема, періоду підвищених температур. Незалежно від типу вулика та пори року бджоли підтримували температуру та вологість у гнізді в надзвичайно вузькому діапазоні. Водночас конструктивні особливості вуликів впливали на добові коливання цих параметрів, зокрема, різні типи вуликів впливають на ключові зони гнізда, особливо на центральну частину, де розташовані комірочки з розплодом та маткою.

Підвищення середньорічних температур останнім часом вважається одним з головних ризиків для сучасного бджільництва. Числен-

ні регіони зазнають втрат бджолиних сімей та зниження продуктивності. Тому використання різних модифікацій вулика, адаптованих до особливостей кліматичних умов, є перспективною стратегією збереження бджолиних сімей та підвищення їх продуктивності.

Мета дослідження – провести порівняльне оцінювання температурного режиму бджолиного гнізда за умов використання у вулику класичного глухого та вдосконаленого сітчастого дна з додатковими функціональними властивостями.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили на пасіці ВСП «Чернятинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету» на 20 бджолиних сім'ях української степової породи. Для цього після весняного огляду бджолиних сімей сформували за принципом груп-аналогів: 2 групи сімей, по 10 у кожній. Формуючи групи, враховували вік матки, кількість меду та перги, силу сімей та кількість запечатаного розплоду [1]. Бджолині сім'ї формувалися з бджолиними матками-сестрами. Утримання та догляд за бджолиними сім'ями були однаковими, використовуючи багатокорпусні вулики на 10 стільників у кожному корпусі, з розміром рамок 435x145 мм. На час формування відводків (15.06.2022 р.) у кожному вулику було по 12–14 стільників різновікового розплоду, 5–6 стільників з медом та 10 пустих стільників.

У межах експериментального дослідження сім'ї медоносних бджіл були забезпечені безперервним джерелом води для стабільного функціонування бджолиних сімей.

Дослідження ефективності використання сітчастого дна проводили у літній період під час кочівлі на медозбір соняшника. Бджолині сім'ї контрольної групи утримувались у вуликах із вентиляційною решіткою у верхній частині та суцільним (невентильованим) дном. Дослідна група утримувалась у вуликах із забезпеченою вентиляцією у верхній частині та у дні. Усі сім'ї розміщувалися в завітці з метою мінімізації впливу від прямого сонячного нагрівання.

У сезон кочівлі, з 19.07.2023 р. по 12.08.2023 р., проводили спостереження за бджолиними сім'ями з вимірюванням температури у період підготовки до переїзду на кочівлю та одразу після прибуття на місце постійного перебування пасіки. Вимірювання температури проводились згідно з методичними рекомендаціями у центрі гнізда та біля стінок. Під час перевезення бджіл на медозбір із соняшника бджолині сім'ї мали по

3 корпуси. Варто зазначити, що за 4 дні перед поверненням на пасіку у бджолиних сім'ях обох груп було відібрано по корпусу запечатаного меду (з попереднім використанням роздільних решіток).

У дослідженні з кінця жовтня 2022 р. до кінця квітня 2023 р. були проведені заміри температури в трьох точках усередині вулика: біля внутрішньої стінки гнізда, у центральній частині та біля протилежної стінки.

Температуру у вулику вимірювали цифровим гігрометром – вимірювачем температури і вологості у вулику. Температуру навколишнього середовища та внутрішню вимірювали також у порожніх зонах вулика, які не регулюються безпосередньо бджолами, що дозволяло оцінити вплив сітчастого дна вулика на мікроклімат. Ці вимірювання проводили між 8:00 і 10:00 ранку у вибрані дні для уникнення впливу інтенсивного сонячного нагрівання після 10 години.

Статистичне оброблення одержаних цифрових даних проводили за допомогою програми MS Excel. Для порівняння досліджуваних показників та їх міжгрупових різниць використовували t-критерій Ст'юдента. Результати середніх значень вважали статистично значущими за $p < 0,05$.

Результати дослідження та обговорення. Попри ефективні механізми саморегуляції бджіл, значні втрати бджолиних сімей можливі під час періодів екстремально низьких або високих температур. У таких випадках пасічники часто вдаються до модифікацій вуликів, спрямованих на підтримання сприятливого мікроклімату та збереження життєздатності бджолиних сімей [7]. У зв'язку з цим було розроблено та протестовано модифікований вулик з сітчастим дном. Дно сітчасте виконано із з'єднаних між собою двох сіток на відстані 16,5 мм. Встановлювали його на дні вулика, він містить люк для доступу до дна. Основними елементами сітчастого дна є дві оцинковані металеві сітки: з отворами 2,5 мм (верхня, знімна) та 3,2 мм (нижня, стаціонарна). Використання подвійної сітки забезпечує належний санітарно-гігієнічний стан у вулику, знижує тривожність бджіл у безвзятковий період і під час відкачування меду.

Використання функціонального сітчастого дна у конструкції вулика забезпечує низку технологічних переваг, зокрема, скорочення витрат часу на обслуговування бджолиних сімей під час проведення санітарно-гігієнічних і профілактичних заходів, а також покращення умов мікроклімату в гнізді. Це сприяє підвищенню збереженості бджіл під час

кочівлі, зимівлі та ізоляції льотної активності, особливо у періоди застосування пестицидів на сільськогосподарських угіддях.

У 2022 році спостерігалися несприятливі погодні умови: затяжна холодна весна спричинила затримку цвітіння ранньовесняних медоносів, зокрема, дикорослих рослин та плодових дерев. Ці чинники негативно вплинули на загальний стан бджолиних сімей. Водночас обробіток сільськогосподарських культур пестицидами співпав із періодом масового цвітіння медоносів, що спричинило загибель значної кількості бджіл. Подібна ситуація повторилася і навесні 2023 року.

Під час хімічної обробки посівів кукурудзи (4–7 липня) сім'ї перебували в умовах примусової ізоляції з 5:00 до 21:00. Ізоляція була успішною, не спостерігалось втрат дорослих бджіл та загибелі розплоду. Проте у контрольній групі вулики не мали належної вентиляції, тому спостерігалось викучування бджіл, що свідчить про дискомфорт бджіл в умовах обмеженого повітрообміну. Варто зазначити, що дослідження проводилось на пізніх відводках. Для повноцінних бджолиних сімей така тривала ізоляція без належних вентиляційних заходів може мати негативні наслідки.

20 липня 2022 року здійснювали кочівлю бджолиних сімей на запилення посівів соняшнику, яка тривала 21 добу. Усі бджолині сім'ї перебували у багатокорпусних вуликах на чотири корпуси і розміщувалися на спеціалізованих пасічних платформах.

Уже в перші хвилини після прибуття на місце біля поля з посівами соняшника було зафіксовано суттєву відмінність у поведінці бджіл. Так, сім'ї дослідної групи у вуликах, які оснащували функціональним сітчастим дном, значно швидше (протягом 10–15 хвилин) заспокоїлись після транспортування, що проявлялось у зниженні шумового фону та зменшенні агресивності. Натомість у контрольній групі тривога бджіл зберігалась до моменту завершення розстановки платформ. Особливо це проявилось під час відкривання льотків. Попри нічний час бджоли масово викучувались і виявляли агресивність, що ускладнювало роботу пасічника.

Ранковий огляд показав, що в гніздах бджолиних сімей контрольної групи наявні ділянки із загибеллю розплоду, що, ймовірно, пов'язано з перегріванням гнізда через недостатню вентиляцію (наявний лише один вентиляційний отвір у піддашнику розміром 13,5 × 38 мм). Водночас у дослідній групі подібних випадків не зафіксовано, що підтверджує

ефективність конструкції сітчастого дна для збереження мікроклімату під час транспортування.

Упродовж усього періоду роботи бджіл на запиленні соняшнику розвиток бджолиних сімей в обох групах відбувався приблизно однаково, і сім'ї отримали додаткові корпуси під медозбір. Проте контрольна група суттєво вирізнялась посиленням викучування бджіл, що ускладнювало обслуговування бджолиних сімей.

У період відкачування меду (14–17 серпня) нападів на бджолині сім'ї в обох групах не зафіксовано. Проте під час повернення корпусів зі стільниками на осушування у контрольній групі знову спостерігалось активне викучування бджіл. Хоча ця поведінка не зумовила подальші негативні наслідки, вона свідчить про підвищену чутливість бджіл до змін мікроклімату гнізда та недостатньої вентиляції.

Підготовка бджолиних сімей до транспортування на кочівлю цвітіння соняшника займала приблизно 1,5 години. Перевезення тривало 50 хвилин на відстань 22 км, з них 15 км пролягало асфальтованим покриттям зі швидкістю руху не більше 40 км/год, а решта 7 км – сільськими та польовими дорогами з кам'яним покриттям зі швидкістю 5–15 км/год.

Температура повітря на початок підготовки до перевезення становила 24,3 °С, а по прибуттю на новий точок (приблизно 23 год) температура знизилась до 17 °С. Вимірювання температури біля стінок вулика та у середині бджолиного гнізда проводили перед кочівлею і по прибуттю.

У таблиці 1 наведено результати вимірювання температури у вуликах двох типів у період спокою бджолосімей перед початком кочівлі.

У контрольній групі, де бджоли утримувалися у вуликах з глухим дном, середня температура біля стінок становила $35,97 \pm 0,379$ °С, а в центрі гнізда – $37,47 \pm 0,487$ °С. Натомість у дослідній групі, де використовувалися вулики із сітчастим дном, середні показники температури становили $34,86 \pm 0,298$ °С біля стінок і $35,67 \pm 0,248$ °С у гнізді та були нижчими на 3,1 ($p < 0,05$) і 14,81% ($p < 0,01$) відповідно. Зниження температури в дослідній групі пов'язане з кращою вентиляцією вулика через сітчасте дно.

Отже, можна зробити висновок, що вулики з сітчастим дном характеризуються нижчим температурним режимом по периферії та в центрі гнізда. Різниця температур між групами є статистично значущою.

У ході дослідження проводилося порівняння температурного режиму у вуликах з різним типом дна і після переїзду на пасічний точок.

Після перевезення бджолиних сімей на постійний пасічний точок (табл. 2) температурні показники у вуликах обох груп також зазнали змін.

У контрольній групі середня температура біля стінок підвищилася до $37,45 \pm 0,573$ °С, а в гнізді – до $39,36 \pm 0,763$ °С. У дослідній групі температура залишалася стабільно нижчою – $35,03 \pm 0,225$ °С біля стінок та $36,02 \pm 0,201$ °С – у центрі гнізда. Отже, різниця між групами становила 2,42 °С (6,5 %) та 3,34 °С (8,5 %) відповідно, що є статистично значущим показником ($p < 0,01$ та $p < 0,001$).

Отримані результати доводять, що сітчасте дно забезпечує стабільніше, хоча й нижче температурне середовище. Це сприяє уникненню перегріву вулика, що спостерігалось у деяких сім'ях контрольної групи (температура в гнізді сягала понад 42 °С).

Таблиця 1 – Температура у вулику в період спокою (перед кочівлею) ($\bar{x} \pm SD$, $n = 10$)

Контрольна група			Дослідна група		
№ сім'ї	температура, °С		№ сім'ї	температура, °С	
	біля стінок	у гнізді		біля стінок	у гнізді
1	35,1	37,2	1	35,2	35,7
2	38,2	40,0	2	35,0	35,9
3	36,6	38,5	3	35,1	36,0
4	35,1	36,4	4	36,1	36,4
5	35,5	37,1	5	33,0	34,2
6	35,0	35,9	6	35,0	35,7
7	34,6	35,8	7	36,1	36,9
8	35,4	36,3	8	34,8	36,0
9	37,4	39,9	9	34,5	35,1
10	36,8	37,6	10	33,8	34,8
	$35,97 \pm 0,379$	$37,47 \pm 0,487$		$34,86 \pm 0,298^*$	$35,67 \pm 0,248^{**}$

Таблиця 2 – Температура у вулику після переїзду на пасічний точок ($\bar{x} \pm SD$, $n = 10$)

Контрольна група			Дослідна група		
№ сім'ї	температура, °C		№	температура, °C	
	біля стінок	у гнізді		біля стінок	у гнізді
1	39,1	41,6	1	35,3	35,9
2	39,2	42,0	2	35,4	35,8
3	36,6	38,5	3	35,2	35,5
4	35,1	36,6	4	36,0	36,7
5	40,9	43,9	5	34,2	35,6
6	35,8	37,0	6	35,5	36,5
7	36,6	38,4	7	35,6	37,1
8	36,0	37,6	8	35,1	36,4
9	37,4	38,1	9	34,1	35,7
10	37,8	39,9	10	33,9	35,0
Середнє по групі	37,45 ± 0,573	39,36 ± 0,763		35,03 ± 0,225**	36,02 ±0,201***

Практичне використання верхньої вентиляції в поєднанні з функціональним сітчастим дном дало змогу впливати на просторову організацію кормових запасів та положення зимового клуба. Зокрема, у період зимової підгодовлі (третя декада серпня – друга декада вересня) залишали відкритим лише нижнє вентиляційне вікно, що сприяло рівномірному перенесенню цукрового сиропу у верхні частини стільників. При настанні стабільного зниження температури, з метою формування оптимального розташування клуба, верхню вентиляцію відкривали, а нижню – закривали. У таких умовах центр клубу формувався ближче до нижнього краю кормових запасів, що є бажаним з погляду забезпечення бджіл кормом протягом зимового періоду.

У контрольній групі верхня вентиляція залишалася закритою протягом зимівлі. Натомість у дослідній групі вентиляція через функціональне сітчасте дно залишалась відкритою постійно, за винятком двох днів, коли проводився противароатозний обробіток. У цей період використовувалась шиберна заслінка, що дозволяло ефективно проводити термічну діагностику закліщеності та вчасно приймати рішення щодо повторного оброблення. Такий підхід забезпечив збереження належного санітарного стану у вулику, зменшення вологості, а також мінімізацію втрати бджіл у зимовий період.

У міру зниження температури восени бджолині сім'ї поступово переходять від активної життєдіяльності до стану спокою. Робочі бджоли щільно концентруються на стільниках, формуючи зимовий клуб, що дає їм змогу ефективно зберігати тепло і забезпечувати життєдіяльність усередині гнізда. Для

центральної частини Лісостепової зони України характерна тривалість зимового періоду – з кінця жовтня до кінця березня. Середньозимові температури в регіоні коливаються в межах від 0 до $-25,0$ °C, що вимагає від бджолиних сімей налагоджених терморегуляційних механізмів, а від пасічника – раціональних конструкцій вулика з належною вентиляцією.

Результати, представлені у таблиці 3, дають змогу оцінити динаміку терморегуляції залежно від конструктивних особливостей дна вулика (глухе чи сітчасте) протягом зимівлі бджіл. Виявлено відмінності в температурному режимі між дослідною та контрольною групами бджолиних сімей.

Протягом зимового періоду спостерігалось поступове зниження температур у вуликах обох груп у період з жовтня до січня, з подальшим підвищенням у березні-квітні, що відповідає природному циклу розвитку бджіл. У жовтні температура у всіх контрольних точках практично не різнилася між групами. Так, у контрольній групі температура в центральній частині гнізда становила $19,1$ °C, а в дослідній – $20,3$ °C, що свідчить про незначну активність бджіл на початку зимівлі та ефективну терморегуляцію у вуликах із сітчастим дном.

У листопаді-грудні температури в центральній частині гнізда залишалися стабільними, однак у дослідній групі вони були дещо вищими (до $18,7$ °C проти $17,3$ °C у контрольній), що вказує на ефективніше збереження тепла при сітчастому дні попри можливі тепловтрати. При цьому температура біля протилежної стінки вулика знижувалася в обох групах, досягаючи мінімуму у грудні ($3,1$ °C – контроль; $2,9$ °C – дослідна).

Таблиця 3 – Динаміка терморегуляції залежно від конструктивних особливостей дна вулика у період зимівлі ($\bar{x} \pm SD$, $n = 10$)

Дата досліджу	Контрольна група			Дослідна група		
	стінка вулика всередині гнізда	у центральній частині вулика	з протилежної стінки вулика	стінка вулика всередині гнізда	у центральній частині вулика	з протилежної стінки вулика
20.10	19,0	19,1	7,1	18,9	20,3	13,1
24.11	14,7	15,1	8,2	14,5	16,4	8,6
22.12	14,9	17,3	3,1	14,1	18,7	2,9
19.01	15,3	21,6	11,0	14,7	20,7	10,9
16.02	19,5	19,9	12,5	19,3	21,6	11,0
23.03	29,7	35,0	29,2	28,8	35,8	29,6
20.04	32,7	36,1	32,7	34,2	36,8	32,5

У січні-лютому почалося поступове зростання температури в центрі гнізда. Показники були практично однаковими між групами, хоча у дослідній групі температура у центрі вулика у лютому була дещо вищою ($+21,6^\circ\text{C}$ проти $+19,9^\circ\text{C}$ у контрольній), що свідчить про вищу активність вирощування розплоду. Температура біля протилежної стінки залишалася стабільно нижчою, однак без різких коливань.

У березні та квітні спостерігалось різке зростання температур в усіх точках вимірювання, що пов'язано з активним розвитком бджолиних сімей. Температури в центрі гнізда досягли максимальних значень: $+35,0^\circ\text{C}$ у контрольній та $+35,8^\circ\text{C}$ – у дослідній групі. Водночас температура біля стінки всередині гнізда становила $29,7^\circ\text{C}$ у контрольній та $28,8^\circ\text{C}$ – у дослідній групі. Найвищий показник у центральній частині ($36,8^\circ\text{C}$) зафіксовано у дослідній групі на кінець квітня.

Отримані дані свідчать про те, що вулики з сітчастим дном ефективно підтримують терморегуляцію навіть за потенційно більших тепловтрат. Особливо це проявляється у другій

половині зимівлі, коли потреба в теплі зростає через наявність розплоду. Додатковим фактором є можливість вільного повітрообміну та вчасного виведення вологості з гнізда, що знижує ризик розвитку цвілі та сприяє загальному фізіологічному благополуччю сімей.

Якість зимівлі бджолиних сімей є визначальним фактором подальшого їх розвитку навесні. Від її результату безпосередньо залежить інтенсивність весняного росту, швидкість нарощування бджолиної маси та загальна продуктивність сім'ї впродовж активного сезону.

У ході дослідження ефективності зимівлі бджолиних сімей залежно від конструктивних особливостей дна вулика було встановлено, що загальний стан бджіл після зимового періоду залишався задовільним в обох групах. Проте кращі результати мали бджолині сім'ї, що зимували у вуликах із сітчастим дном (дослідна група), порівняно з контрольними, які знаходились у вуликах з глухим дном. Зимівля бджолиних сімей в обох групах пройшла без втрат і збереженість становила 100 % (табл. 4).

Таблиця 4 – Результати зимівлі бджолиних сімей у вуликах з решітчастим та глухим дном ($\bar{x} \pm SD$, $n = 10$)

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Сила сімей: вуличок: осінь	$7,50 \pm 0,146$	$7,52 \pm 0,123$
весна	$6,81 \pm 0,041$	$7,11 \pm 0,089^*$
Кількість корму, кг: осінь,	$27,85 \pm 0,325$	$27,93 \pm 0,267$
весна	$14,28 \pm 0,078$	$13,84 \pm 0,092^*$
Витрати корму за зиму, кг	$13,57 \pm 0,056$	$14,09 \pm 0,078^{**}$
Витрати корму на 1 вуличку, кг	$1,81 \pm 0,029$	$1,87 \pm 0,014$
Опроношеність гнізда, бал	$1,16 \pm 0,154$	$0,64 \pm 0,011^{***}$

Сила сімей восени була майже однаковою – 7,50–7,53 вуличок. Навесні відбулося зменшення сили сімей у обох групах, однак у дослідній групі зниження було меншим – на 5,4 % ($p < 0,05$), у контрольній – на 9,2 %. Це свідчить про краще збереження бджіл у вуликах із сітчастим дном.

Кормові запаси перед зимівлею також були приблизно однаковими. По завершенні зимового періоду у контрольній групі витрати корму були меншими на 0,52 кг ($p < 0,05$). У розрахунку на одну вуличку ці витрати становили 1,81 кг у контролі проти 1,87 кг у досліді. Дещо вищі витрати корму у дослідній групі (на 0,13 кг, або 8,6 %) ($p < 0,01$) пояснюються більш активним весняним розвитком, про що свідчить більша кількість розплоду вже під час першого весняного огляду.

Щодо санітарного стану бджолиного гнізда, показник опроношеності у дослідній групі був значно кращим – 0,64 бала ($p < 0,001$) проти 1,16 – у контрольній, що вказує на менший рівень забруднення гнізда підмором, відсутність цвілі та кращу вентиляцію. Під час проведення першого весняного огляду 9 березня 2023 року було встановлено, що, незважаючи на наявність незначної кількості розплоду, у вуликах контрольної групи спостерігались підвищена вологість та наявність цвілі на крайніх стільниках. Було зафіксовано також псування перги, що негативно впливатиме в подальшому на весняний розвиток бджолиних сімей. Такі умови свідчать про недостатню вентиляцію та накопичення конденсату внаслідок конструкційних особливостей глухого дна.

Щодо кількості підмору, отримано підтвердження ефективності сітчастого дна, зокрема у вуликах дослідної групи кількість підмору було незначною (до 110 особин), без ознак пліснявіння. У контрольній групі підмор займав усе дно, особливо з накопиченням у кутках, із характерною прицвілістю, що погіршувало санітарний стан бджолиного гнізда.

Висновки. Порівняльний аналіз температурного режиму вуликів із сітчастим та глухим дном показав, що вентиляція через сітчасте дно сприяє підтриманню стабільнішої температури у бджолиному гнізді і дозволяє уникати перегріву під час перевезення бджіл та покращує загальний мікроклімат у вулику.

Завдяки вільному повітрообміну й ефективному виведенню вологи сітчасте дно забезпечує кращий санітарний стан гнізда протягом зимового періоду, у центрі гнізда фіксуються більш сприятливі температури для розвитку розплоду навесні.

Отримані результати досліджень дають змогу рекомендувати застосування сітчастого дна як елементу сучасної технології утримання бджіл для підвищення їх продуктивності та загальної стійкості до несприятливих факторів середовища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Броварський В.Д., Бріндза Я., Отченашко В.В. Методика дослідної справи у бджільництві. Видавничий дім «Вінніченко», 2017. 166 с.
2. Двикалюк Р., Адамчук Л. Мікроклімат бджолиного гнізда. Біологія тварин. 2018. Т. 20. № 4. 95 с.
3. Разанова О.П., Голубенко Т.Л., Скоромна О.І. Шляхи підвищення конкурентоспроможності галузі бджільництва у контексті євроінтеграційних процесів: монографія. Видавництво: ТОВ «Друк», 2023. 279 с.
4. Разанова О.П., Скоромна О.І. Технологія виробництва продукції бджільництва: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Вінниця, 2020. 408 с.
5. Сиромятников Ю.М. Сиромятников П.С., Геворкян Г.Л. Особливості зимівлі бджіл у багатоматковому вулику. Технічний прогрес в АПВ: матеріали міжнар. наук.-практ. конференції. Державний біотехнологічний університет. Харків. 21–22 травня 2024. Харків, 2024. С. 128–129.
6. Філатов М.О., Леженіна І.П., Зозуля О.Л. Проблеми біорізноманіття запилювачів в Україні і шляхи їх вирішення. Фундаментальні і прикладні проблеми сучасної екології та захисту рослин: матеріали міжнар. наук.-практ. конференції, присвяченої 100-річчю з дня народження доктора біологічних наук, професора Б.М. Литвинова. м. Харків, 21–22 жовтня 2021 р. Харків, 2021. С. 165–166.
7. Abou-Shaara H., Al-Ghamdi A., Mohamed A.A. Honey bee colonies performance enhance by newly modified beehives. Journal of Apicultural Science. 2013. Vol. 57 (2). P. 45–57. DOI:10.2478/jas-2013-0016
8. Becher M.A., Scharpenberg H., Moritz R.F.A. Pupal developmental temperature and behavioral specialization of honeybee workers (*Apis mellifera* L.). Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology. 2009. Vol. 195 (7). P. 673–679. DOI:10.1007/s00359-009-0442-7
9. Bujok B., Kleinhenz M., Fuch, S., Tautz J. Hot spots in the bee hive. Naturwissenschaften. 2002. Vol. 89. P. 299–301. DOI:10.1007/s00114-002-0338-7
10. Cook D., Blackler A., McGree Ja., Hauxwell C. Thermal Impacts of Apicultural Practice and Products on the Honey Bee Colony. Journal of Economic Entomology. 2021. Vol. 114. Issue 2. P. 538–546. DOI:10.1093/jee/toab023
11. Ellis J.D., Delaplane K.S., Hepburn R., Elzen P.J. Efficacy of Modified Hive Entrances and a Bottom Screen Device for Controlling *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae) Infestations in

Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae) Colonies. Journal of Economic Entomology. 2003. Vol. 96 (6). P. 1647–1652.

12. The role of temperature on the development of circadian rhythms in honey bee workers / M.A. Giannoni-Guzmán et al. Peer J. 2024. No. 12. DOI:10.7717/peerj.17086

13. Heinrich B. The hot-blooded insects: strategies and mechanisms of thermoregulation. Berlin, Heidelberg: Springer. 1993. 604 p.

14. Human H., Nicolson S.W., Dietemann V. Do honeybees, *Apis mellifera* scutellata, regulate humidity in their nest? Naturwissenschaften. 2006. Vol. 93. P. 397–401. DOI:10.1007/s00114-006-0117-y

15. Jones J.C., Myerscough M.R., Graham S., Oldroyd B.P. Honey bee nest thermoregulation: diversity promotes stability. Science. 2004. Vol. 305(5682). P. 402–404. DOI:10.1126/science.1096340

16. Jones J.C., Nanork P., Oldroyd B.P. The role of genetic diversity in nest cooling in a wild honey bee, *Apis florea*. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology. 2007. Vol. 193 (2). P. 159–165. DOI:10.1007/s00359-006-0176-8

17. Kleinhenz M., Bujok B., Fuchs S., Tautz J. Hot bees in empty brood nest cells: Heating from within. The Journal of Experimental Biology. 2002. Vol. 206. P. 4217–4231. DOI:10.1242/jeb.00680

18. Kohno K., Sokabe T., Tominaga M., Kadowaki T. Honey Bee Thermal/Chemical Sensor, AmHsTRPA, Reveals Neofunctionalization and Loss of Transient Receptor Potential Channel Genes. Journal of Neuroscience. 2010. Vol. 30 (37). P. 12219–12229. DOI:10.1523/JNEUROSCI.2001-10.2010

19. Ontogenesis of honey bees (*Apis mellifera*) under the influence of temperature stress / I. Kovalskyi et al. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2024. Vol. 15 (2). P. 300–305. DOI:10.15421/022443

20. Kronenberg F., Heller H.C. Colonial thermoregulation in honey bees (*Apis mellifera*). Journal of Comparative Physiology B. 1982. Vol. 148. P. 65–76.

21. The Effect of Hive Type on Colony Homeostasis and Performance in the Honey Bee (*Apis mellifera*) / R. Kutby et al. Insects. 2024. Vol. 15. No 800. DOI:10.3390/insects15100800

22. Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development / J. Tautz et al. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2003. Vol. 100 (12). P. 7343–7347. DOI:10.1073/pnas.1232346100

REFERENCES

1. Brovarysky, V.D., Brindza, Ya., Otchenashko, V.V. (2017). Metodyka doslidnoi' spravy u bdzhil'nyctvi [Research methodology in beekeeping]. Vinnichenko Publishing House, 166 p. (in Ukrainian).

2. Dvykalyuk, R., Adamchuk, L. (2018). Mikroklimat bdzholynogo gnizda [Microclimate of the bee nest]. Biologija tvaryn [Animal biology]. Vol. 20, no. 4, 95 p. (in Ukrainian).

3. Razanova, O.P., Golubenko, T.L., Skoromna, O.I. (2023). Shljahy pidvyshhennja konkuren-

tospromozhnosti galuzi bdzhil'nyctva u konteksti jevrointegracijnyh procesiv: monografija [Ways to increase the competitiveness of the beekeeping industry in the context of European integration processes: monograph]. Publishing house: Druk LLC, 279 p. (in Ukrainian).

4. Razanova, O.P., Skoromna, O.I. (2020). Tehnologija vyrobnyctva produkci' bdzhil'nyctva: navchal'nyj posibnyk dlja studentiv vyshhyh navchal'nyh zakladiv [Technology of beekeeping production: a textbook for students of higher educational institutions]. Vinnytsia, 408 p. (in Ukrainian).

5. Syromyatnikov, Yu.M., Syromyatnikov, P.S., Gevorkyan, G.L. (2024). Osoblyvosti zymivli bdzhil u bagatomatkovomu vulyku [Peculiarities of wintering of bees in a polyuterine hive]. Tehnichnyj progres v APV: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konferencii'. Derzhavnyj biotehnologichnyj universytet. Harkiv. 21–22 travnja 2024 [Technical progress in APV: materials of the international scientific and practical conference. State Biotechnological University. Kharkiv. May 21–22, 2024]. Kharkiv, pp. 128–129. (in Ukrainian).

6. Filatov, M.O., Lezhenina, I.P., Zozulya, O.L. Filatov, M.O., Lezhenina, I.P., Zozulya, O.L. (2021). Problemy bioriznomanittja zapyljuvachiv v Ukra'ni i shljahy i'h vyrishennja [Problems of pollinator biodiversity in Ukraine and ways to solve them]. Fundamental'ni i prykladni problemy suchasnoi' ekologii' ta zahystu roslin: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konferencii', prysvjachenoi' 100-richchju z dnja narodzhennja doktora biologichnyh nauk, profesora B.M. Lytvynova. misto Harkiv, 21–22 zhovtnja 2021 r [Fundamental and applied problems of modern ecology and plant protection: materials of the international scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Doctor of Biological Sciences, Professor B. M. Lytvynov. Kharkiv, October 21–22, 2021]. Kharkiv, pp. 165–166. (in Ukrainian).

7. Abou-Shaara, H., Al-Ghamdi, A., Mohamed, A.A. (2013). Honey bee colonies performance enhance by newly modified beehives. Journal of Apicultural Science, 57 (2), pp. 45–57. DOI:10.2478/jas-2013-0016

8. Becher, M.A., Scharpenberg, H., Moritz, R.F.A. (2009). Pupal developmental temperature and behavioral specialization of honeybee workers (*Apis mellifera* L.). Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology, Vol. 195 (7), pp. 673–679. DOI:10.1007/s00359-009-0442-7

9. Bujok, B., Kleinhenz, M., Fuch, S., Tautz, J. (2002). Hot spots in the bee hive. Naturwissenschaften, Vol. 89, pp. 299–301. DOI:10.1007/s00114-002-0338-7

10. Cook, D., Blackler, A., McGree, Ja., Hauxwell, C. (2021). Thermal Impacts of Apicultural Practice and Products on the Honey Bee Colony. Journal of Economic Entomology, Vol. 114, Issue 2, pp. 538–546. DOI:10.1093/jee/toab023

11. Ellis, J.D., Delaplane, K.S., Hepburn, R., Elzen, P.J. (2003). Efficacy of Modified Hive Entrances and a Bottom Screen Device for Controlling *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae) Infesta-

tions in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) Colonies. Journal of Economic Entomology, Vol. 96 (6), pp. 1647–1652.

12. Giannoni-Guzmán, M.A., Perez Claudio, E., Aleman-Rios, J., Diaz Hernandez, G., Perez Torres, M., Melendez Moreno, A., Loubriel, D., Moore, D., Giray, T., Agosto-Rivera, J.L. (2024). The role of temperature on the development of circadian rhythms in honey bee workers. Peer J, no. 12. DOI:10.7717/peerj.17086

13. Heinrich, B. (1993). The hot-blooded insects: strategies and mechanisms of thermoregulation. Berlin, Heidelberg: Springer, 604 p.

14. Human, H., Nicolson, S.W., Dietemann, V. (2006). Do honeybees, *Apis mellifera* scutellata, regulate humidity in their nest? Naturwissenschaften, Vol. 93, pp. 397–401. DOI:10.1007/s00114-006-0117-y

15. Jones, J.C., Myerscough, M.R., Graham, S., Oldroyd, B.P. (2004). Honey bee nest thermoregulation: diversity promotes stability. Science, Vol. 305 (5682), pp. 402–404. DOI:10.1126/science.1096340

16. Jones, J.C., Nanork, P., Oldroyd, B.P. (2007). The role of genetic diversity in nest cooling in a wild honey bee, *Apis florea*. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology, Vol. 193 (2), pp. 159–165. DOI:10.1007/s00359-006-0176-8

17. Kleinhenz, M., Bujok, B., Fuchs, S., Taut, J. (2002). Hot bees in empty brood nest cells: Heating from within. The Journal of Experimental Biology, Vol. 206, pp. 4217–4231. DOI:10.1242/jeb.00680

18. Kohno, K., Sokabe, T., Tominaga, M., Kadowaki, T. (2010). Honey Bee Thermal/Chemical Sensor, AmHsTRPA, Reveals Neofunctionalization and Loss of Transient Receptor Potential Channel Genes. Journal of Neuroscience, Vol. 30 (37), pp. 12219–12229. DOI:10.1523/JNEUROSCI.2001-10.2010

19. Kovalskiy, I., Kovalska, L., Druzhbiak, A., Kovalchuk, I., Boyko, A., Zhmur, V., Havdan, R., Druzhbiak, M., Perig, D., Lunyk, I., Fiialovych, L., Petryshak, O., Paskevych, G., Bogdan, B., Leshchyshyn, I. (2024). Ontogenesis of honey bees (*Apis mellifera*) under the influence of temperature stress. Regulatory Mechanisms in Biosystems, Vol. 15 (2), pp. 300–305. DOI:10.15421/022443

20. Kronenberg, F., Heller, H.C. (1982). Colonial thermoregulation in honey bees (*Apis mellifera*). Journal of Comparative Physiology B, Vol. 148, pp. 65–76.

21. Kutby, R., Baer-Imhoof, B., Robinson, S., Porter, L., Baer, B. (2024). The Effect of Hive Type

on Colony Homeostasis and Performance in the Honey Bee (*Apis mellifera*). Insects, Vol. 15, no. 800. DOI:10.3390/insects15100800

22. Tautz, J., Maier, S., Groh, C., Rossler, W., Brockmann, A., Rössler, W., Brockmann, A., Rossler, W., Brockmann, A. (2003). Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol. 100 (12), pp. 7343–7347. DOI:10.1073/pnas.1232346100

Estimation of the bee nest temperature regime by improving the hive bottom construction

Skrypnyk S., Razanova O.

Maintaining a stable temperature in the nest of honey bees is a key factor that determines their viability, productivity and ability to survive. Modern improvements in hive designs are mostly focused on providing a favorable microclimate inside the nest, which is especially important for regions with changing climatic conditions. The article presents the results of a study of the influence of the design features of the hive bottom (blind or mesh) on the temperature regime of bee families during preparation for nomadism, during transportation, and during wintering. The purpose of the study was to conduct a comparative assessment of the temperature regime of the bee nest when using a classic blind and improved mesh bottom with additional functional properties in the hive. It was found that hives with a mesh bottom provide better ventilation, help to reduce the temperature in the center of the nest and along its periphery, reduce the risk of overheating in summer and contribute to more efficient thermoregulation during winter. The use of a double mesh bottom ensures proper sanitary and hygienic conditions in the hive, reduces bee anxiety during the non-taking period and during honey pumping. Comparison of temperature indicators in the control (blind bottom) and experimental (mesh bottom) groups of hives showed a statistically significant difference, especially in the central part of the nest. During the wintering period, hives with a mesh bottom showed a better sanitary condition, the absence of mold and uniform development of brood in the spring. Despite slightly higher feed consumption, bee colonies in the experimental group had higher strength in the spring and better general condition. The results of the study confirm the feasibility of using hives with a mesh bottom to improve bee keeping conditions.

Key words: bees, hive, microclimate, temperature, wintering, feed, development.



Copyright: Скрипник С.В., Разанова О.П. © 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:

Скрипник С.В.

Разанова О.П.

<https://orcid.org/0000-0003-4333-7255>

<https://orcid.org/0000-0001-5552-9356>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

UDK 633.15:631.3:636.085

Corn Silage, Managing the Manageable

Mahanna B.¹, Zahorodnii A.², Chernyuk S.³ ¹ Ph.D., Dipl. ACAN, Pioneer Global Nutritional Sciences, Johnston, Iowa² Corteva Agriscience Ukraine³ Bila Tserkva national agrarian university E-mail: silverest07@ukr.net

Маханна Б., Загородній А.П., Чернюк С.В.
Кукурудзяний силос, управління керова-
ними факторами. Збірник наукових праць
«Технологія виробництва і переробки
продукції тваринництва», 2025. № 1.
С. 72–80.

Mahanna B., Zahorodnii A., Chernyuk S.
Corn Silage, Managing the Manageable.
«Animal Husbandry Products Production
and Processing», 2025. № 1. PP. 72–80.

Рукопис отримано: 30.01.2025 р.

Прийнято: 13.02.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-72-80

This paper reviews key factors in corn silage production that affect quality, yield, starch content, and fiber digestibility—elements that directly influence feed costs and animal performance. Notably, improved management practices have the potential to enhance profits by as much as \$30 per ton of silage. In the United States, over six million acres of corn silage are grown annually with an average yield of approximately 20 tons per acre at 30 % dry matter (DM), while premier production regions such as Washington, Idaho, and Oregon routinely achieve statewide yields near 30 tons per acre and even 35–45 tons per acre in optimal conditions. Advances in agronomic practices have also allowed plant populations to increase from around 24,000 plants per acre in the early 1980s to over 40,000 plants per acre today, driving further yield improvements.

The research highlights that kernel processing is a critical tool, demonstrated by a study where on-board processing increased 24-hour starch digestibility from 73,4 % to 85,8 %. Additionally, adjusting chop height—from 7 inches to 20 inches—improved fiber digestibility by 6,7 % and increased starch concentration by 6 %, although every 4–6 inches of increased chop height was associated with a reduction in yield of roughly 1 ton per acre (at 30 % DM). The paper further discusses the influence of hybrid selection (including the use of brown midrib [BMR] genetics), harvest maturity, and environmental factors on silage composition. It also emphasizes proper harvest and storage management practices, such as maintaining a moisture content of 63–68 % at harvest and achieving a silage density of over 16 lbs/ft³, to minimize dry matter losses during fermentation and feed-out.

Key words: corn silage, inoculants, starch digestibility, forage, milk strains, milk acid bacteria, *Enterococcus Faecium*, *Lactobacillus Plantarum*, *Lactobacillus Buchneri*, fiber digestibility, storage management, silage producing.

Problem statement and analysis of recent research. Why should we carefully review management tools when producing corn silage? The management considerations discussed in this paper have significant impact on feed costs and animal performance. In a paper presented at this conference [13] stated improvements in silage management could improve profits by as much

as \$30,00 per ton. While many silage producers have implemented better management practices, most silage growers could likely find additional management improvements to increase profits [2].

Each year, over six million acres of corn silage are grown in the United States. Corn silage is often referred to as “The King of Forages”, even though more than 13 million acres of alfalfa

are produced in the country. However, about 4,5 million acres of alfalfa are harvested as haylage or green chop. Corn silage is the forage that occupies the most acreage and produces the highest volume of fermented livestock feed [15]. The average yield for corn silage in the United States is about 20 tons per acre at 30 percent dry matter. The Northwest states of Washington, Idaho and Oregon are all in the top five states for corn silage yield producing closer to 30 tons per acre state wide. Areas in the three northwest states consistency produce 35–45 tons of corn silage per acre. Two factors allowing higher yields are:

- 1) Irrigated acres, usually with center pivot systems, which allow precise feeding of nutrients to the crop during the growing season, and
- 2) High-intensity sunlight with few cloudy days during the growing season.

These two factors allow higher plant density to be utilized allowing silage hybrids to grow taller and produce optimum grain and stover yields compared to growing the same hybrids in other areas of the country [10, 11].

Reasons why corn silage is the preferred fermented forage for many producers include [21]:

- 1) It produces high yields compared to other forage options.
- 2) It is a very palatable feed for livestock.
- 3) It contains adequate non-structural carbohydrates to ensure good fermentation.
- 4) If managed properly, it produces very high-energy forage.
- 5) It results in a consistent yearlong forage option.
- 6) It can be harvested directly, not requiring dry down prior to storage.

In recent years, there has been a trend among dairy producers in specific cropping programs to feed higher amounts of corn silage in their diets. This is generally done to reduce feed costs. The shift is possible because corn silage genetics have improved, resulting in higher crop yields and greater energy density [6]. Over the past two decades, silage producers have implemented significantly better management practices. A recent study published in the *Journal of Dairy Science* reported that between 1982 and 2017, alfalfa hay, hay crop silage, and green chop decreased by 32 %, while corn silage acreage remained constant, and corn silage production increased by 33 % [17].

This paper aims to review corn silage production factors that impact the quality, yield, starch content, starch digestibility, and fiber digestibility which are under the control of the silage producer.

Production practices where the producer has control include hybrid selection, agronomic practices (e.g. planting date, population, fertility, irrigation, fungicide use), harvest timing, chop height, degree of kernel processing, storage/feed-out management, and nutritional analysis. Factors where the silage producer lacks control will also be discussed and include growing environment (e.g. rainfall, heat units), disease/pest pressure, and within-field variability [28].

Material and methods of research. This study evaluated the key management practices influencing the quality and yield of corn silage production. The research involved both field experiments and a review of existing literature related to agronomic practices, hybrid selection, and post-harvest management techniques. Field trials were established in selected corn-growing regions with varying environmental conditions to assess differences in yield, starch content, fiber digestibility, and overall silage quality.

The field experiments were conducted in multiple locations across the Northwestern United States, including Washington, Idaho, and Oregon, which are known for high corn silage yields. The study sites were selected based on their differences in irrigation systems, climatic conditions, and soil fertility. Each site represented a different combination of soil type, temperature, and precipitation levels to analyze the impact of growing conditions on silage production.

Several commercial corn hybrids were selected for evaluation, focusing on their agronomic traits, starch yield, and fiber digestibility. The selection criteria included maturity groups, drought tolerance, plant height, and kernel characteristics. Special attention was given to hybrids with Brown Midrib (BMR) genetics and conventional hybrids to compare their fiber digestibility and overall feed value.

Harvest timing was determined based on kernel maturity stages, with samples collected at 1/3, 2/3, and full milk line maturity to assess starch accumulation and dry matter yield. Corn silage was chopped at varying heights (7 to 20 inches) to evaluate the effects on fiber digestibility and starch concentration. Kernel processing scores were recorded for each sample to determine the effectiveness of mechanical processing.

Silage samples were analyzed for dry matter (DM), neutral detergent fiber digestibility (NDFD), starch content, and undigested neutral detergent fiber (uNDF).

Research results and discussion. When one of the authors of this article began his career, little research had been conducted to explore

the question: Are all hybrids equal in terms of nutrient quality or “bite for bite value”? Early work by Pioneer Hi-Bred Int. in conjunction with the University of Idaho produced a paper [11] showing significant differences between six hybrids grown at two locations, Idaho and California, harvested at three maturity points. Hunt et al., 1993 reported University of Idaho research showing significant differences in animal growth performance between two commercially available hybrids commonly used in the Northwest at that time [10].

Important genetic traits, that deserve selection consideration, include agronomic traits, which confer improved dry matter and energy yield. Key traits include heat unit accumulation to silking and maturity, stress emergence, drought tolerance, and disease resistance. Some of these traits are delivered via genetic modifications and some by natural genetic adaptability/resistance. Once proper maturity and agronomic traits are decided, the next trait that should be considered is dry matter (DM) yield. In silage, this is primarily determined by the amount of starch and height of the plant (biomass). Starch content is highly correlated with DM yield typically contributing 45–50 % of silage dry matter yield. The corn kernels in silage, because of starch and oil content, are responsible for 60–70 % of the plant's energy contribution followed by 25 % from cell walls (NDF) and 10 % from cell contents [4].

A trait of minimal importance during hybrid selection is fiber digestibility. The growing environment (e.g. amount of moisture the plant receives during vegetative growth stages) is three times more influential on fiber digestibility than hybrid genetics [30]. While fiber digestibility is highly heritable, variation among elite silage genetics is minimal. Despite years of academic research to improve fiber digestibility, limited success has been achieved. The more recent exception to this has been the discovery and plant breeding efforts using brown midrib (BMR) genetic hybrids which produce corn plants with reduced lignin content in the stalk and leaves which improves fiber digestibility.

Concurrent with continuous 1–2 bushel/acre/year yield increase in North American corn yield is parallel tonnage increases in silage yield. This is not surprising given the relationship between starch content and silage yield. Much of the increase in grain and silage yield in the last 15 years can be attributed to plant breeding efforts producing hybrids, which tolerate the stress of high plant populations. In the Northwest, plant populations in the early 1980s were about

24,000 plants per acre. Today, we see most silage growers successfully planting and harvesting high-quality corn silage at plant populations of greater than 40,000 plants per acre [8].

A summary of University of Wisconsin silage hybrid plot results from 1995–2007 showed that the top three drivers of silage DM yield were:

- 1) Kernel maturity at harvest.
- 2) Hybrid genetics, and.
- 3) Planting date.

If you ask animal nutritionists what amount of starch, they prefer to have in the corn silage they feed, they almost always say, “As much as I can get”. If pressed for a more precise answer, it usually falls closer to 30 % or higher on a dry matter basis. Corn kernels are about 70 % starch so grain content in silage producing 30 % starch would be 42 % on a dry matter basis (30 / 7). Corn plants producing 35 % starch would contain 50 % grain on a dry basis (50 X 70). Kernel maturity at the time corn silage is harvested is a significant driver of silage DM yields. Harvesting when kernels are immature (e.g. 1/3rd milk/starch line) will result in lower DM yield compared to harvesting at later kernel maturities (e.g. ¾ milk/starch line). Research conducted by Pioneer Hi-Bred in conjunction with the University of Illinois reported kernels could increase in starch content by over 25 % from ½ milk/starch line to black layer maturity in the kernels [30]. Kezar, 2013 reported a starch increase of 22 % between 1/3 and 2/3 milk/starch line. Delaying harvest to allow kernels to more fully mature demands a plant, which maintains good late-season plant health. This is a constant goal of all corn breeders and is aided by fungicide use in those geographies prone to foliar diseases [16, 28].

Corn silage DM content of 30–32 % is often referenced as being the goal for silage stored in bunkers or drive-over piles. This traditional DM recommendation comes from two perspectives:

- 1) Ensuring enough moisture for adequate silage compaction, and.
- 2) Fearing delaying harvest will result in significant reductions in plant fiber digestibility.

However, technologies have advanced in both silage making and plant genetics allowing for targeting ¾ milk line (approximately 36–38 % whole plant DM) to capture more starch. A review by Pioneer of all published corn silage literature in the Journal of Animal Science and the Journal of Dairy Science found that in healthy plants, fiber digestibility declined only minimally (2–3 % points) from 1/3 milk line (~30–32 % DM) to ¾ milk line (36–38 % DM). Corn is a “modified grass”, but generations of

corn breeding efforts for improved late-season plant health have allowed corn plants to retain high fiber digestibility, even in later maturities, while the kernel is still depositing valuable starch.

Fiber digestibility is not recommended as an important silage hybrid selection trait, because recent research suggests that the growing environment the plant endures during the vegetative growth period is the primary determinant of whole plant fiber digestibility. Corn silage plots utilizing several hybrids grown in Michigan in a drought year followed by a normal precipitation year resulted in lower starch levels in the drought silage but a 20 % improvement in neutral detergent fiber digestibility (NDFD) along with lower lignin levels in the silage. By the tassel stage, plant stover growth has terminated. Under wetter than normal growing conditions during vegetative growth stages, plants have longer internodes and grow taller. Differences in lignin content are difficult to document but fiber digestibility as influenced by lignin cross-linkages to hemicellulose, is typically lower for these plants. This may be why corn silage grown under irrigation appears to have lower fiber digestibility than the same hybrids grown in dryland conditions. In drier than normal vegetative growth environments, internode length is shorter, and plants tend to display higher fiber digestibility [32]. While total DM yield may be lower due to a shorter plant, fiber digestibility is typically higher, and being a shorter plant, starch is further concentrated. Research at Cornell University suggests the moisture the plant receives is seven times more influential on fiber digestibility than the heat units the plant receives [29]. The growing environment post-tassel appears to have minimal effect on fiber digestibility but does exert a significant influence on ear development and silage starch content. It should be noted that, unlike starch digestibility, fiber digestibility would not change during fermented storage so the fiber digestibility at harvest will be the fiber digestibility for the entire feed-out [31].

While knowledge is abundant about how to irrigate corn for grain yield, there is a dearth of information about how to irrigate the corn plant for silage production. Granted, starch will drive yield and overall energy density, but what are of interest are vegetative stage irrigation regimes that might manipulate fiber digestibility. Agronomists are wary of reducing irrigation schedules with pivot irrigation given concerns about not being able to keep up with plant evapotranspiration needs. Producers using flood irrigation may

be in a better situation to experiment with reducing irrigation during vegetative stages to increase fiber digestibility without reducing plant growth. These growers should then fully irrigate as the plant enters the reproductive stage to ensure high starch content [27]. This is an area in need of further research.

Another issue related to the growing environment is within-field variability. Corn silage fields do not possess the same soil profile, water-holding capacity, or fertility. There is unpublished data to suggest that field variability in fiber digestibility and starch content may be greater than the differences between hybrids. One of the ways for silage feeders to manage this variability is to “face” the entire bunker or pile and in this way, average out the variation that might exist in any one area of the bunker/pile.

While growers have limited control over the growing environment, they do have control over chop height as a method to manipulate fiber digestibility. A review of eleven published studies on high-chopping corn silage by researchers at Pennsylvania State University reports increasing chop height from 7 inches to 20 inches increased fiber digestibility by 6,7 % and concentrated starch by 6 % [32]. Research by Pioneer and the University of Idaho demonstrated that all hybrids do not respond to high chopping in the same way. There appears to be a strong genetic by-environment (G x E) interaction with high chopping. To predict what effect high-chopping might have on increasing fiber digestibility, it is necessary to chop plants at different heights and analyze them in order to see if increasing chop height is worth the loss in stover and effective fiber. Unpublished research by Pioneer indicates for every 4–6 inches of increased chop height, the average hybrid will be reduced in yield by about 1 ton (30 % DM) per acre.

One of the newest laboratory analytical measurements relating to forage fiber is undigested NDF (uNDF). The research is clear that NDF does not degrade in the rumen at a constant rate, but rather as three pools: fast, slow, and undigested NDF. Large slow and uNDF pools in the forage and diet cause greater rumination, and slower eating speeds but problematically, lower intake potential due to increased rumen fill. One of the advantages of corn silage as the primary forage ingredient is that it typically has the lowest uNDF of all forages and it is further diluted in the diet in corn silages possessing high starch content. Consulting nutritionists are starting to observe depressed DM intake and lower milk production when total uNDF240 intake/cow/day for forages (over 4mm in length) in the

entire diet exceeds about 5,0–5,5 lbs (or about 0,35–0,40 % of body weight). uNDF is only appropriate for cows where DM intake is limited by rumen fill, which is typical of intakes during peak milk production. Exceeding these amounts may lower peak production, especially if cow persistency is high.

A discussion about fiber digestibility would be remiss without delving into the role of brown mid-rib (BMR) hybrids. The main nutritional advantage of BMR silage is higher fiber digestibility due to less lignin, which interferes with rumen bacteria degradation of cell walls [34]. Higher fiber digestibility impacts:

- 1) The amount of forage in the diet (typically more forage equates to a cheaper ration).
- 2) The energy obtained from the corn silage, and.
- 3) The amount of forage cows can consume per day.

BMR fiber appears to be more fragile and exits the rumen faster than fiber from non-BMR hybrids. While DM yields of BMR hybrids are behind non-BMR silage hybrids by 5–10 %, some silage growers and their nutritionists are adopting agronomically improved BMR hybrids and, are willing to sacrifice yield to obtain higher fiber digestibility, which then drives higher dry matter intake. This is not that different from alfalfa growers harvesting at late-bud stage rather than full-flower, sacrificing alfalfa yield to obtain forage with higher fiber digestibility and intake potential.

Silage producers who are considering BMR hybrids need to have realistic expectations including:

- 1) Potential for more agronomic risk, standability.
- 2) Reduced yields of 5–10 % depending upon growing conditions).
- 3) Extra inventory needed due to reduced yields and higher feed intake of BMR silage, and.
- 4) Possible need to segregate this silage given the biggest benefit will be in diets fed to transition and early lactation cows.

It should also be noted that high chopping while increasing fiber digestibility on lab reports, will not drive DM intakes as much as the fragile fiber found in BMR hybrids.

Starch Digestibility.

It is commonly understood today that starch digestibility in corn silage utilizes relatively immature kernels (pre-black layer) and is a moving target. Corn silage ruminal starch digestibility of new-crop silage is about 70 % and drifts upwards (about 2 % units/month) for about

6 months before plateauing [16, 22]. The University of Florida along with colleagues from Brazil have recently published a paper in the Journal of Dairy Science suggesting that bacterial activity, not acid load, appears to be the cause of solubilizing of the proteinaceous matrix surrounding corn starch granules that results in increased ruminal starch digestion over time in fermented storage.

The greatest silage improvement tool to evolve during the careers of the two authors of this paper was the development and adaption of on-board kernel processors, which proved to be a significant tool to improve starch digestibility [9]. One early study comparing two different hybrids showed kernel processing increased in situ 24-hour starch digestion from 73,4 % to 85,8 % [1]. Today, very little corn silage is harvested in the United States which has not been kernel processed at the time of harvest. The main factors influencing kernel damage at the chopper are:

- 1) Chop length (shorter chop length typically results in better kernel processing if effective fiber from corn silage is not an issue);
- 2) Synchronized timing between header and feed rolls;
- 3) Roller mill wear;
- 4) Roller mill gap setting (typically 1–3 mm);
- 5) Roller mill differential speed (many at 50 % or greater).

Many laboratories offer kernel-processing scores, which are helpful to nutritionists balancing diets. There is, however, a need for protocols to ensure corn silage is being evaluated for processing at the time it is being harvested. Pioneer developed a field test employing a 32-oz (1 liter) cup where the goal is to have less than 2 whole or half kernels in that volume of silage. Fecal starch analysis can be a good post-harvest indicator of the degree of kernel damage.

In a 2015 Pioneer field study of the high-production strings in 32 Wisconsin dairies, only two of the dairies showed more than the goal of <3 % fecal starch and those two dairies had poor corn silage processing scores [22, 25].

There have been discussions about the value of soft-floury (low vitreous, low prolamin) endosperm in corn silage kernels [23]. There does not seem to be a significant variation in the amount of hard, vitreous starch or starch digestibility at the immature kernel maturity (pre-black layer) at normal corn silage harvest. Pioneer field studies from side x side trials (in the same field receiving the same environment) show no difference in 7-hour ruminal starch digestibility between advertised “floury-kernel” and normal hybrids

at silage (or high-moisture corn) kernel maturities. Ohio State University researchers concluded vitreousness (hard starch) of corn grain in corn silage is more digestible in contrast to the vitreousness of dry corn grain where it should be ground more finely [5]. This is consistent with research from France showing the negative effects of flint corn (very high vitreousness) on total tract starch digestion could be eliminated by grinding dry corn to 550 microns.

Harvest and Storage.

We cannot have any discussion about corn silage quality and potential profits, without covering management objectives once the corn plant is ready to be harvested and stored. The paper presented at this conference a few years ago discussed the economic significance of reducing silage losses as much as possible [13]. It must be understood; that the losses in silage dry matter during fermentation, storage, and when silage is exposed to oxygen are not a straight percentage of the total biomass. Microbial losses associated with initial respiration during and following placement of corn silage in storage units and again when silage is later exposed to oxygen utilize highly digestible soluble carbohydrates, primarily sugars, and produce carbon dioxide,

heat, and water [24]. Thus, we are losing highly digestible nutrients and gaining nothing of value in return. For this reason, one percentage of loss we can reduce (ex: 18 % to 17 %) is as valuable as increasing corn silage starch by one percentage (ex: 31 % to 32 %) [19]. This paper will not discuss these specific management tools in detail, but it is important to understand that these tools are extremely important and should receive significant management consideration to reduce dry matter loss in corn silage. These tools include:

- 1) Correct moisture content of the corn silage at harvest (63–68 %);
- 2) Adequate packing of silage as it arrives at the storage unit to increase density in the silage (>16 lbs/ft³);
- 3) Correct cover placed on silage (ex; use of oxygen-barrier film);
- 4) Use of an effective combination inoculant, containing *Lactobacillus buchneri* strains, which inhibit silage loss on re-exposure to oxygen [3, 7, 14, 20, 26, 33]. Combination inoculants will reduce the loss on both ends of phases of fermentation, Figure 1;
- 5) Proper management of silage as it is being removed from the storage unit.

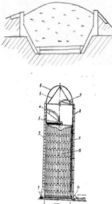
Phase I	Phase II	Phase III	Phase IV	Phase V	Phase VI
Cell Respiration Production of CO ₂ Heat and Water 69°F*	Production of Acetic Acid Lactic Acid And Ethanol? 95°F*	Lactic Acid Formation	Lactic Acid Formation 84°F	Material Storage 	Aerobic Decomposition on Re-exposure to Oxygen 115°F*
Temp Change					
6,0-6,5			4,0		7,0
pH Change					
Aerobic Activity Dry Matter Loss	Acetic Acid and Lactic Acid Bacteria	Lactic Acid Bacteria Anaerobic	Lactic Acid Bacteria Fermentati		Aerobic Activity Dry Matter Loss

Fig. 1. Phases of Silage Fermentation.

Conclusions. Effective management of corn silage production plays a crucial role in optimizing feed costs and improving animal performance. Research has demonstrated that even small enhancements in silage management can significantly impact profitability. While advancements in genetics, agronomic practices, and harvesting techniques have led to increased yields and improved starch content, further opportunities remain for producers to refine their methods and maximize efficiency.

The study underscores the importance of selecting hybrids with superior agronomic traits, including drought tolerance, disease resistance, and optimal starch yield. Additionally, factors such as planting density, irrigation, and harvest timing directly influence silage digestibility and energy content. The ongoing evolution of silage hybrid genetics, including the introduction of brown midrib (BMR) hybrids, has contributed to increased fiber digestibility, albeit at the cost of reduced dry matter yields.

Another key finding is the role of environmental conditions in determining fiber digestibility. Moisture levels during the vegetative growth stage significantly impact fiber composition, with drier conditions generally promoting higher digestibility. Producers must also consider chop height as a management tool to manipulate fiber digestibility and starch concentration.

Starch digestibility remains a critical component in silage quality. Research indicates that kernel processing at harvest, along with appropriate chop length and roller mill settings, greatly enhances starch availability for digestion. Improvements in storage fermentation further increase starch digestibility over time, making proper silage management an essential aspect of dairy and livestock nutrition.

Ultimately, continued research and advancements in corn silage production practices will contribute to greater efficiency and sustainability in livestock feeding systems. By carefully evaluating hybrid selection, agronomic strategies, and harvest practices, silage producers can optimize both yield and nutritional value, ensuring long-term profitability and productivity.

REFERENCES

1. Andrae, J.G., Hunt, C.W., Pritchard, G.T., Harrison, J.H., Kezar, W., Mahanna, W. (2001). Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. *Journal of Animal Science*, 79 (9), pp. 2268–2275. DOI:10.2527/2001.7992268x.
2. Da Silva, T.C., Smith, M.L., Barnard, A.M. (2015). The effect of a chemical additive on the fermentation and aerobic stability of high-moisture

corn. *Journal of Dairy Science*, 98, pp. 8904–8912. DOI:10.3168/jds.2015-9640

3. Ferraretto, L.F., Fredin, S.M., Shaver, R.D. (2015). Influence of ensiling, exogenous protease addition, and bacterial inoculation on fermentation profile, nitrogen fractions, and ruminal *in vitro* starch digestibility in rehydrated and high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 98, pp. 7318–7327. DOI:10.3168/jds.2015-9891

4. Ferraretto, L.F., Taysom, K., Taysom, D. (2014). Relationships between dry matter content, ensiling, ammonia-nitrogen, and ruminal *in vitro* starch digestibility in high-moisture corn samples. *Journal of Dairy Science*, 97, pp. 3221–3227. DOI:10.3168/jds.2013-7680

5. Firkins, J.L. (2006). Starch digestibility of corn – silage and grain, in proceedings of the Tri-State nutrition conference, Ft Wayne, Indiana. pp. 107–117. Available at: (Accessed: 25 April 2006).

6. Gallo, A., Fancello, F., Ghilardelli, F., Zara, S., Spanghero, M. (2022). Effects of several commercial or pure lactic acid bacteria inoculants on fermentation and mycotoxin levels in high-moisture corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, 286, 115256 p. DOI:10.1016/j.anifeedsci. 2022.115256.

7. Guo, X., Guo, W., Yang, M., Sun, Y., Wang, Y., Yan, Y., Zhu, B. (2022). Effect of *Bacillus* additives on fermentation quality and bacterial community during the ensiling process of whole-plant corn silage. *Processes*, 10 (5), 978 p. DOI:10.3390/pr10050978

8. Heguy, J.M., Meyer, D., Silva-del-Río, N. (2016). A survey of silage management practices on California dairies. *Journal of Dairy Science*, 99 (3), pp. 1649–1654. DOI:10.3168/jds.2015-10058.

9. Hoffman, P.C., Esser, N.M., Shaver, R.D. (2011). Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 94, pp. 2465–2474. DOI:10.3168/jds.2010-3562

10. Hunt, C.W., Kezar, W., Hinman, D.D. (1993). Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole-plant corn. *Journal of Animal Science*, 71, pp. 38–43. DOI:10.2527/1993.71138x

11. Hunt, C.W., Kezar, W., Vinande, R. (1992). Yield, chemical composition, and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by hybrid. *Journal of Production Agriculture*, 5 (2), pp. 286–290. DOI:10.2134/jpa1992.0286.

12. Junges, D., Morais, G., Spoto, M.H.F., Santos, P.S., Adesogan, A.T., Nussio, L.G., Daniel, J.L.P. (2017). Short communication: Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *Journal of Dairy Science*, 100, pp. 9048–9051. DOI:10.3168/jds.2017-12943

13. Kennington, L.R., Hunt, C.W., Szasz, J.I., Grove, A.V., Kezar, W. (2005). Effect of cutting height and genetics on composition, intake, and digestibility of corn silage by beef heifers. *Journal of Animal Science*, 83 (6), pp. 1445–1454. DOI:10.2527/2005.8361445x

14. Kung, Jr. L., Schmidt, R.J., Ebling, T.E. (2007). The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 90, pp. 2309–2314. DOI:10.3168/jds.2006-713.
15. Lynch, J.P., Baah, J., Beauchemin, K.A. (2015). Conservation, fiber digestibility, and nutritive value of corn harvested at 2 cutting heights and ensiled with fibrolytic enzymes, either alone or with a ferulic acid esterase-producing inoculant. *Journal of Dairy Science*, 98 (2), pp. 1214–1224. DOI:10.3168/jds.2014-8768
16. Mahanna, B. (2019). Starch digestibility analyses on the rise. Available at: (Accessed: 24 April 2019).
17. Martin, N.P., Russelle, M.P., Powell, J.M., Sniffen, C.W., Smith, S.I., Tricarico, J.M., Grant, R.J. (2017). Invited review: Sustainable forage and crop production for the US dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 100, pp. 9479–9494. DOI:10.3168/jds.2017-13080
18. Morais, G., Daniel, J.L.P., Kleinshmitt, C. (2017). Additives for grain silages: A review. *Slovak Journal of Animal Science*, 50, pp. 42–54.
19. Muck, R.E., Nadeau, E.M.G., McAllister, T.A., Contreras-Govea, F.E., Santos, M.C., Kung, L.Jr. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101, pp. 3980–4000. DOI:10.3168/jds.2017-13839
20. Naiara, C.S., Nascimento, C.F., Campos, V.M.A., Alves, M.A.P., Resende, F.D., Daniel, J.L.P., Siqueira, G.R. (2019). Influence of storage length and inoculation with *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of high-moisture corn and rehydrated corn grain silage. *Animal Feed Science and Technology*, 251, pp. 124–133. DOI:10.1016/j.anifeeds. 2019.03.003
21. Ogunade, I.M., Martinez-Tupia, C., Queiroz, O.C.M., Jiang, Y., Drouin, P., Wu, F., Vyas, D., Adesogan, A.T. (2018). Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation. *Journal of Dairy Science*, 101 (5), pp. 4034–4059. DOI:10.3168/jds.2017-13788
22. Powel-Smith, B., Nuzback, L., Mahanna, B., Owens, F. (2015). Starch and NDF digestibility in high producing cows: a field study. *Journal of Dairy Science*, 98 (Suppl. 2), Abstract T467. Available at: <https://shaverlab.dysci.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/204/2016/05/v3-shaver-penn-state-nutrition-conference-2015-starch-by-NDF-interactions.pdf>
23. Raffrenato, E., Fievisohn, R., Cotanc, K.W., Grant, R.J., Chase, L.E., Van Amburgh, M.E. (2017). Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on in vitro and in vivo neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages. *Journal of Dairy Science*, 100 (10), pp. 8119–8131. DOI:10.3168/jds.2016-12364
24. Revello-Chion, A., Borreani, G., Muck, R.E. (2012). Effects of various commercial inoculants on the fermentation, aerobic stability and nutritional quality of rolled and ground high moisture corn, in *Proceedings of the XVI International Silage Conference*. Hämeenlinna, Finland, 2–4 July. Hämeenlinna: MTT Agrifood Research Finland and University of Helsinki Press, pp. 280–281. Available at: <https://hdl.handle.net/2318/123268>
25. Saylor, B.A., Fernandes, T., Sultana, H., Gallo, A., Ferraretto, L.F. (2020). Influence of microbial inoculation and length of storage on fermentation profile, N fractions, and ruminal in situ starch disappearance of whole-plant corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, September. Elsevier. DOI:10.1016/j.anifeeds.2020.114557
26. Silva, N.C., Nascimento, C.F., Nascimento, F.A., de Resende, F.D., Daniel, J.L.P., Siqueira, G.R. (2018). Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. *Journal of Dairy Science*, 101, pp. 1–10. DOI:10.3168/jds.2017-13797
27. Shurcheh, A. (2024). Corn silage management: A review. *Animal Science Department, University of Tehran*, October. DOI:10.13140/RG.2.2.35833.28004 (Accessed: 28 October 2024).
28. Thomas, E., Mahanna, B. (2011). Corn silage: high-chop or traditional cut? *Hoard's Dairyman*. Available at: <https://hoards.com/article-2943-corn-silage-high-chop-or-traditional-cut.html> (Accessed: 10 August 2011).
29. VanAmburgh, M.E., Raffrenato, E., Ross, D.A. (2018). Development of an in vitro method to determine rumen undigested aNDFom for use in feed evaluation. *Journal of Dairy Science*, 101 (11), pp. 9888–9900. DOI:10.3168/jds.2018-15101
30. Weiss, W.P., Wyatt, D.J. (2006). Effect of corn silage hybrid and metabolizable protein supply on nitrogen metabolism of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89 (5), pp. 1644–1653. DOI:10.3168/jds.s0022-0302(06)72231-7
31. Weiss, K., Kroschewski, B., Auerbach, H. (2016). Effects of air exposure, temperature and additives on fermentation characteristics, yeast count, aerobic stability and volatile organic compounds in corn silage. *Journal of Dairy Science*, 99, pp. 1–17. DOI:10.3168/jds.2015-10323
32. Wu, Z., Roth, G. (2005). Considerations in managing cut height of corn silage. Extension publication DAS 03–72. Pennsylvania State University, College Park.
33. Guo, X., Xu, D., Li, F., Bai, J., Su, R. (2023). Current approaches on the roles of lactic acid bacteria in crop silage. *Microbial Biotechnology*, 16 (1), pp. 67–87. DOI:10.1111/1751-7915.14184
34. Yin, H., Zhao, M., Pan, G., Zhang, H., Yang, R., Sun, J., Yu, Z., Bai, C., Xue, Y. (2023). Effects of *Bacillus subtilis* or *Lentilactobacillus buchneri* on aerobic stability, and the microbial community in aerobic exposure of whole plant corn silage. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1177031 p. DOI:10.3389/fmicb.2023.1177031

Кукурудзяний силос, управління керуваннями факторами**Маханна Б., Загородній А.П., Чернюк С.В.**

У цій статті розглядаються ключові фактори виробництва кукурудзяного силосу, які впливають на якість, урожайність, вміст крохмалю та засвоюваність клітковини – елементи, що безпосередньо визначають вартість корму та продуктивність тварин. Зокрема, удосконалення методів управління може збільшити прибуток до 30 доларів на тонні силосу.

У Сполучених Штатах Америки щорічно вирощується понад шість мільйонів акрів кукурудзяного силосу, при цьому середня врожайність становить приблизно 20 тонн з акра за вмісту сухої речовини (СР) 30 %. Водночас у провідних регіонах виробництва, таких як Вашингтон, Айдахо та Орегон, врожайність на рівні штату часто досягає 30 тонн з акра і навіть 35–45 тонн за оптимальних умов. Покращення агрономічних заходів також дозволило збільшити густоту рослин із приблизно 24 000 на акр у 1980-х роках до понад 40 000 на акр сьогодні, що сприяє подальшому зростанню врожайності.

Дослідження підкреслює, що оброблення зерен є важливим інструментом: у межах одного

експерименту використання силосу з обробленим зерном збільшило засвоюваність крохмалю упродовж 24-годин з 73,4 % до 85,8 %. Крім того, регулювання висоти зрізу – від 7 до 20 дюймів – покращило засвоюваність клітковини на 6,7 % і підвищило концентрацію крохмалю на 6 %, хоча кожні 4–6 дюймів збільшення висоти зрізу спричиняли зниження врожайності приблизно на 1 тонну з акра (при 30 % СР).

У статті також розглядається вплив вибору гібридів (зокрема, використання генетики бурої середньої жилки [BMR]), ступеня стиглості під час збирання та екологічних факторів на склад силосу. Окрему увагу приділено правильному управлінню збирання і зберігання, підтриманню вологості на рівні 63–68 % під час збирання та досягнення щільності силосу понад 16 фунтів / фут³, що дозволяє мінімізувати втрати сухої речовини під час ферментації та годівлі.

Ключові слова: кукурудзяний силос, інокулянти, перетравність крохмалю, корм, молочні штами, молочнокислі бактерії, *Enterococcus Faecium*, *Lactobacillus Plantarum*, *Lactobacillus Buchneri*, перетравність клітковини, зберігання, виробництво силосу.



Copyright: Mahanna B., Zahorodnii A., Chernyuk S. © 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:
Chernyuk S.

<https://orcid.org/0000-0003-0488-3624>

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 637.52:658.562

Застосування системи НАССР за виробництва м'ясних консервів

Гойко І.Ю. , Стеценко Н.О. *Національний університет харчових технологій*

E-mail: Гойко І.Ю. irina_goyko@ukr.net; Стеценко Н.О. stetsenkono_nuft@ukr.net



Гойко І.Ю., Стеценко Н.О. Застосування системи НАССР за виробництва м'ясних консервів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 1. С. 81–92.

Goyko I., Stetsenko N. Application of the HACCP system in the production of canned meat. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 1. PP. 81–92.

Рукопис отримано: 06.03.2025 р.

Прийнято: 21.03.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-81-92

З метою отримання високоякісної продукції та забезпечення населення безпечними харчовими продуктами сучасний виробник має розробляти і впроваджувати на підприємстві різноманітні системи якості. Забезпечення відповідної якості контролю охоплює комплекс завдань, які необхідно вирішувати впродовж усього циклу створення харчової продукції на кожному етапі її виробництва. Безпечність та якість харчових продуктів є важливим фактором, тісно пов'язаним зі здоров'ям людей.

Однією з умов забезпечення виробництва безпечної та високоякісної продукції є впровадження на підприємствах харчової галузі системи управління безпекою харчових продуктів НАССР. Система НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) є надійним засобом запобігання негативному впливу небезпечних факторів на організм людини і розповсюдження захворювань, пов'язаних з харчовими продуктами, яка визначає, оцінює та контролює можливі небезпеки в усьому процесі виробництва м'ясних консервів, що дозволяє усунути шкідливі фактори та контролювати весь процес виробництва.

У статті обґрунтовано використання системи НАССР за виробництва м'ясних консервів. Розглянуто 7 принципів системи НАССР та описано підготовчі кроки для розроблення плану НАССР.

Для виробництва м'ясних консервів використовували м'ясо кролика, пюре моркви, білково-жирову емульсію, сіль кухонну, перець чорний мелений.

Для розроблення плану НАССР проаналізовано всі етапи технологічного процесу, на яких розглянуто потенційні небезпечні фактори, а також причини їх виникнення або джерела забруднення. У процесі ідентифікації ризиків використано діаграму «дерева прийняття рішень». Побудовано блок-схему технологічного процесу приготування м'ясних консервів. Визначено параметри критичних контрольних точок, для яких встановлено критичні межі.

Наведено результати моніторингу безпеки та якості виробництва консервів. Визначення та моніторинг критичних контрольних точок у процесі виробництва м'ясних консервів дозволяє отримати достовірні дані про продукт ще на етапі розроблення, що є дуже важливим для періодичного контролю показників безпеки та якості продукту.

Ключові слова: безпека, якість, м'ясні консерви, критичні контрольні точки, НАССР, моніторинг.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Безпечність та якість харчових продуктів тісно пов'язані зі здоров'ям суспільства у всіх країнах світу. Тому однією із важливих проблем у вирішенні питання здоров'я людини є виробництво безпечних та високоякісних харчових продуктів. Згідно із законом України «Про безпечність та якість харчових продуктів», безпечність та якість харчового продукту – це сукупність досконалості його властивостей та характерних рис, які здатні задовольнити потреби та побажання тих, хто споживає або використовує цей продукт [1].

Тема безпеки якості та конкурентоспроможності харчових, зокрема м'ясних продуктів, є актуальною. Неабиякий суспільний інтерес до зазначеної проблеми полягає у діяльності законодавчих та інших органів державного управління, що відображено, зокрема, у Законах України «Про інформацію для споживачів харчових продуктів», «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», «Про стандартизацію», «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин», «Про захист прав споживачів» тощо [2–6]. Завдяки цим законам виробники харчових продуктів мають випускати безпечну та якісну продукцію.

У виробництві м'ясних консервів використовують велику кількість сировини, технологічних та харчових добавок, що зумовлює появу як позитивних, так і негативних наслідків [7]. Тому розроблення і впровадження у м'ясній промисловості системи безпеки харчових продуктів НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points – Аналіз ризиків та критичні контрольні точки (ККТ) полягає у забезпеченні безпеки та якості продуктів під час виробництва, перероблення, зберігання, транспортування та використання, що відповідає всім нормам та вимогам з питань харчової безпеки [8].

Якщо враховувати велику конкуренцію серед виробників харчових продуктів, то система НАССР може стати основою як для забезпечення безпечності продуктів, так і бути індексом конкурентоспроможності підприємств харчової промисловості. Використання системи НАССР на підприємствах харчової промисловості є актуальним як у науковому, так і з практичного сенсу, оскільки буде сприяти якісному розвитку галузі [9].

Основою системи НАССР є детальний аналіз можливих біологічних, хімічних та фізичних факторів ризику, оцінювання ймовірності їх виникнення на усіх етапах технологічного ланцюга виробництва продукції та визначення засобів їх контролю і запобігання випуску небезпечної продукції [10]. На кожному етапі отримання м'ясних консервів необхідно визначити заходи контролю для кожного ризику та проводити превентивну роботу спільно з постачальниками сировини.

З метою підвищення конкурентоспроможності, безпеки та якості м'ясних виробів оператори ринку харчових продуктів України застосовують систему НАССР [11–12]. Крім того, систему НАССР використовують при виробництві м'ясних паштетів з використанням мікроводорості *Chlorella* [13], м'ясних напівфабрикатів [14, 15], при виробництві м'ясних ковбас [16], м'ясо-рослинних консервів [17] тощо.

Як показує практика, у процесі впровадження системи НАССР в операторів ринку харчових продуктів України постійно виникає ряд об'єктивних і суб'єктивних перешкод, що вимагає детального аналізу та пропозицій можливих шляхів їх подолання. Тому автори [11–12] застосували інтегрований підхід до безпечності харчових продуктів, який трактується згідно з принципом «від поля до столу» як єдиний неперервний ланцюг, який розпочинається з виробництва тваринних кормів (включає в себе виробництво первинної продукції, оброблення, пакування, транспортування та збут) і закінчується споживанням харчового продукту кінцевим споживачем.

У роботі авторів [13] акцентовано увагу на небезпечних факторах, які можуть впливати на м'ясні паштети з використанням мікроводорості *Chlorella* в процесі виробництва. Тому застосування плану НАССР є важливим інструментом для отримання безпечного і якісного продукту ще на етапі розроблення, що є важливим для періодичного контролю показників безпеки та якості паштетів.

На основі аналізу нормативно-законодавчої бази науковцями [14, 15] окреслено основні вимоги системи НАССР для підприємств, що спеціалізуються на виробництві напівфабрикатів. Показано, що впровадження системи НАССР регулює, але не гарантує безпеку вироблених харчових продуктів, бо система контролю зменшує ймовірність виникнення ризиків.

Дослідники [16] провели аналіз безпечності варених ковбас, аналіз наявності небезпечних факторів на всьому виробничому

процесі на прикладі ПП «СМІО» «Стрийські делікатеси», проаналізували перелік програм-передумов, що є необхідною умовою для функціонування системи НАССР.

Розроблення технологічної схеми та дослідження небезпечних факторів під час виробництва м'ясо-рослинних консервів дозволило авторам [17] визначити критичні точки під час певних етапів, що дає змогу в результаті контролю зменшити біологічні ризики. Мікробіологічні показники основної сировини відповідають нормативним вимогам, однак дефростоване м'ясо необхідно використовувати одразу після розморожування з метою запобігання надмірному розвитку мікрофлори.

У зв'язку з тим, що оператори ринку харчових продуктів несуть повну відповідальність за якість продукції, всі виробники м'ясної галузі мають запровадити, дотримуватись та виконувати постійнодіючі процедури, які базуються на принципах НАССР.

Крім того, одним із важливих принципів ефективного управління безпечністю харчових продуктів у системі НАССР є моніторинг, завдяки якому можна контролювати критичні точки та впровадити контроль. Моніторинг є критичним для запобігання виникнення небезпечних факторів або їх зменшення до прийняттого рівня [18].

У роботах авторів [15, 19] відзначено, що система НАССР орієнтована на запобігання проблемам із безпекою харчових продуктів, а не на реагування на них після виявлення. Саме цей підхід дозволяє ефективно управляти ризиками та зменшувати можливість потрапляння небезпечних, неякісних продуктів до споживача.

Для впровадження системи НАССР виробники мають досліджувати не тільки продукт, але й методи його виробництва. Вимоги системи НАССР мають бути застосовані як на підприємствах-постачальниках сировини та допоміжних матеріалів, так і в системах обігу та роздрібною торгівлі, тобто впродовж усього агрохарчового ланцюга.

Контроль за м'ясною сировиною проводиться під час забою тварин, туші яких таврують залежно від придатності до подальшого використання [17].

М'ясні консерви – це продукти, що вироблені з м'яса, субпродуктів та інших видів сировини у герметично закупореній тарі і пастеризовані або стерилізовані з метою знищення мікроорганізмів та надання їм стійкості при зберіганні. М'ясо передусім є джерелом незамінних амінокислот, забезпе-

чує організм чисельними необхідними для життя сполуками, особливо мікроелементами та вітамінами. Найважливішими нутрієнтами м'яса є незамінні амінокислоти, які водночас мають фізіологічно функціональні властивості.

Як основу м'ясних консервів часто пропонують використовувати м'ясо кролів, яке має оптимальне співвідношення незамінних амінокислот (особливо високий вміст сірковмісних амінокислот) і мало сполучної тканини. Жири містять багато ненасичених жирних кислот, що підвищує біологічну цінність і засвоюваність м'яса та зумовлює дієтичні властивості консервів [20].

Крім м'яса кролів, пропонується вводити пюре моркви та білково-жирову емульсію, яка складається з концентрату сироваткових білків та оливкової олії. Жирові емульсії стабілізують у своєму складі жир та перешкоджають виникненню крупчастої текстури жиру в готовому продукті.

Споживання таких м'ясних консервів буде позитивно впливати на організм людини, забезпечуватиме профілактику виникнення хвороб, пов'язаних з харчуванням, підвищуватиме загальну опірність та стійкість організму та окремих його органів і систем.

Тому для безпечності актуальним є розроблення системи НАССР та визначення ККТ на лінії виробництва консервів з поліпшеною біологічною цінністю та жирно-кислотним складом.

Мета досліджень полягала в аналізі та оцінюванні небезпечних факторів, критичних контрольних точок виробництва консервів та розробленні плану НАССР для отримання безпечного продукту.

Матеріали і методи досліджень. Як сировину для м'ясних консервів використовували м'ясо кроля, пюре моркви, білково-жирову емульсію, сіль кухонну, перець чорний мелений. Для розроблення плану НАССР застосовували сім основних принципів, визнаних міжнародною спільнотою:

- аналіз потенційно небезпечних факторів;
- визначення критичних контрольних точок (ККТ);
- визначення критичних меж для ККТ;
- моніторинг ККТ;
- запровадження коригувальних дій;
- запровадження процедур перевірки для підтвердження ефективності функціонування системи НАССР;
- запровадження системи ведення документації та реєстрації даних.

Результати досліджень та обговорення. У відповідності до системи НАССР вся сировина, що надходить на підприємство з виготовлення продукції, повинна відповідати державним стандартам безпеки задля забезпечення відповідної якості готового виробу.

Стерилізація і повна герметичність м'ясних консервів внаслідок закупорювання тари практично унеможлиблює мікробіологічне псування консервів. Погіршення якості таких продуктів і тривалість їх зберігання обумовлені хімічними змінами продукту і тари внаслідок їх взаємодії між собою, а також внаслідок їх зовнішнім середовищем. При правильно проведеній стерилізації, досить високій хімічній стійкості та механічній міцності тари, консерви можна зберігати впродовж тривалого часу та транспортувати без забезпечення особливих умов.

Основна перевага консервованого м'яса – можливість тривалого зберігання без втрат поживних та смакових властивостей. Термін зберігання тушкованого м'яса, виготовленого відповідно до ДСТУ, становить 3 роки, виготовлених відповідно до ТУ У 2–3 роки [21].

У процесі розроблення м'ясних консервів використовували нормативні документи для основної сировини та нормативні документи для додаткової сировини: М'ясо кролів на кістках – ДСТУ 4293:2004. Кролі для забою. Технічні умови [22]. М'ясо кролів має бути свіжим, без стороннього запаху та ослизнення. М'ясо з темним кольором і заморожене понад один раз використовується тільки для промислового перероблення; ДСТУ 4531:2006. Вироби з м'яса птиці варені, копчено-варені. Загальні технічні умови [23]; Сіль кухонна харчова – ДСТУ 3583:2015. Сіль кухонна. Загальні технічні умови [24]; Перець чорний мелений – ДСТУ ISO 959-2:2008. Перець горішок чи зелений. Технічні умови [25]; Цибуля – ДСТУ 8103:2015. Цибуля ріпчаста сушена. Технічні умови [26]; Піюре моркви – ДСТУ 4305:2004. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення [27]; Білково-жирова емульсія – ДСТУ 4445:2005. Спреди та суміші жирові [28]. Білкова складова розробленої емульсії представлена концентратом сироваткового білка (ДСТУ 4458:2005. Концентрати білкові молочні [29]), а жирова складова – оливковою олією (ДСТУ 5065:2008. Олія оливкова. Технічні умови [30]).

Опис м'ясних консервів із важливими якісними характеристиками, які необхідно врахувати під час визначення ризику і ступеня потенційної небезпечності, наведено в таблиці 1.

Наступним підготовчим кроком у розробленні плану НАССР є складання блок-схеми, яка охоплює всі етапи технологічного

процесу, які перебувають безпосередньо під контролем підприємства (рис.1).

Виробництво м'ясних консервів має свої ризики, які потрібно враховувати. Основними ризиками є:

1. Ризик поширення харчових інфекцій: м'ясо може бути забрудненим бактеріями, такими як сальмонелла, лістерія і ешерихія. Ці бактерії можуть призвести до зараження продукту під час виробництва, якщо не дотримуватись правильного санітарного режиму і не дотримуватись процедур перевірки якості.

2. Недоліки в процесі виробництва: неправильні процеси виробництва, такі як додавання надмірної кількості консервантів або розріджувачів, можуть призвести до того, що продукт не буде відповідати нормам якості.

3. Ризик пошкодження продукту під час транспортування: довготривале транспортування без правильного зберігання і пакування може призвести до появи гнилі, забруднення та інших проблем якості.

4. Ризик зіткнення з алергенами: елементи, які можуть викликати алергічні реакції, такі як горіхи, молоко або соя, можуть випадково потрапити до продукту під час виробництва.

5. Ризик розвитку інфекцій у працівників: виробництво м'ясних консервів може бути небезпечним для здоров'я працівників, якщо не дотримуватись необхідних заходів безпеки праці.

Для зменшення ризиків під час виробництва м'ясних консервів необхідно виконувати всі необхідні процедури перевірки якості, дотримуватись правильних процесів виробництва, забезпечувати належне зберігання і транспортування продукту та враховувати особливості працівників.

Визначення ККТ (другий принцип системи НАССР) можна спростити, застосувавши «дерево прийняття рішень» або «дерево рішень», яке зазначає підхід на основі логічного умовиводу. Застосування «дерева прийняття рішень» повинно бути гнучким і потребує ясного розуму та врахування типів операцій.

ККТ – це етап, на якому можна застосовувати заходи контролю, і який є суттєвим для запобігання або усунення небезпечних факторів або для зменшення їх до прийнятного рівня. Всі можливі небезпечні фактори, які за умов відсутності належного контролю з великою долею ймовірності можуть призвести до захворювань або ушкоджень, мають бути розглянуті при встановленні ККТ. З кожного потенційно небезпечного ризику на всіх етапах технологічного процесу було сформульовано і дано відповідь на передбачені у класичному «дереві прийняття рішень» питання (табл. 2).

Таблиця 1 – Опис м'ясних консервів

Назва харчового продукту	М'ясні консерви з поліпшеною біологічною цінністю
Склад продукту	М'ясо кролів на кістках, сіль кухонна харчова, перець чорний мелений, цибуля, пюре моркви, білково-жирова емульсія
Органолептичні показники	Зовнішній вигляд – однорідна, перетерта маса, пастоподібної консистенції без сторонніх включень. Смак – ледь солодкуватий, властивий для моркви, виражений, без сторонніх присмаків. Запах – нейтральний, без сторонніх запахів. Колір – помаранчевий
Фізико-хімічні	Масова частка розчинних сухих речовин – не менше 3 %. Масова частка нерозчинних сухих речовин не менше 5 %. Масова частка пектинових речовин – не менше 1 %. Активна кислотність (рН) – 2,6. Масова частка вологи – не більше 53 %. Масова частка білку – не менше ніж 13 %. Масова частка жиру – не більше ніж 35 %
Мікробіологічні	КМАФАнМ – не більше $1,0 \times 10^4$ КУО/г. Плісняві гриби – не більше 5×10 КУО/г. Дріжджі – не більше 1×10 КУО/г. БГКП – не допустимі в 1 г. Зараженість шкідниками – не допускається
Функціонально-технологічні	Світлий помаранчевий колір, притаманний морквяному пюре саме завдяки наявності натурального барвника β -каротину, буде надавати різнокольорову гаму виробам (від світло-жовтого до яскраво-помаранчевого), що виключить додавання штучних барвників до консерви. Також покращується харчова цінність виробів. Встановлено, що раціонально вносити пюре на стадії приготування рецептурної суміші. Визначено раціональне дозування пюре в рецептурі консерви, що становить 12 %
Споживче пакування	Скляна банка – ДСТУ ГОСТ 5717.2:2006. Банки скляні для консервів. Банки мають мати герметичну кришечку з достатнім напруженням, щоб запобігти протіканню продуктів. Банки мають бути зручними у використанні, наприклад, з можливістю герметично закриватися та відкриватися без зайвих зусиль
Транспортне пакування	Ящики – ДСТУ ГОСТ 9142:2019. Ящики з гофрованого картону
Вимоги до маркування	ДСТУ 2887-94. Пакування та маркування. Терміни та визначення. Маркування харчових продуктів мають містити таку обов'язкову інформацію: 1) назву харчового продукту; 2) склад харчового продукту із зазначенням кількості інгредієнтів (складників); 3) кількість харчового продукту у встановлених одиницях вимірювання; 4) часові характеристики придатності харчового продукту; 5) умови зберігання харчового продукту; 6) умови та рекомендації використання, якщо харчовий продукт потребує особливих умов використання; 7) найменування та місцезнаходження і номер телефону виробника, фактичну адресу потужностей (об'єкта) виробництва, а для імпортованих харчових продуктів – найменування та місцезнаходження і номер телефону імпортера; 8) найменування та місцезнаходження і номер телефону підприємства, яке здійснює функції щодо прийняття претензій від споживача, якщо цим підприємством не є виробник; 9) номер партії виробництва; 10) інформацію про наявність чи відсутність у складі харчового продукту генетично модифікованих організмів
Умови та строк придатності	Від 0 до 5 °C і відносної вологості повітря (75±2) % не більше, ніж 6 місяців
Транспортування	Транспортування продуктів виконують в охолоджених і ізотермічних засобах автотранспорту, які забезпечують зберігання якості продукції, у відповідності з правилами і нормами перевезень вантажу, який швидко псується, які діють на цьому виді транспорту
Реалізація	У гуртовій та роздрібній мережі, зокрема у спеціалізованих магазинах оздоровчої продукції та в дитячих закладах та магазинах
Дані про передбачуваного споживача та специфічну групу споживачів	Продукт може споживатися дитячим та дорослим населенням, за винятком людей з алергією на інгредієнти, які містяться у продукті

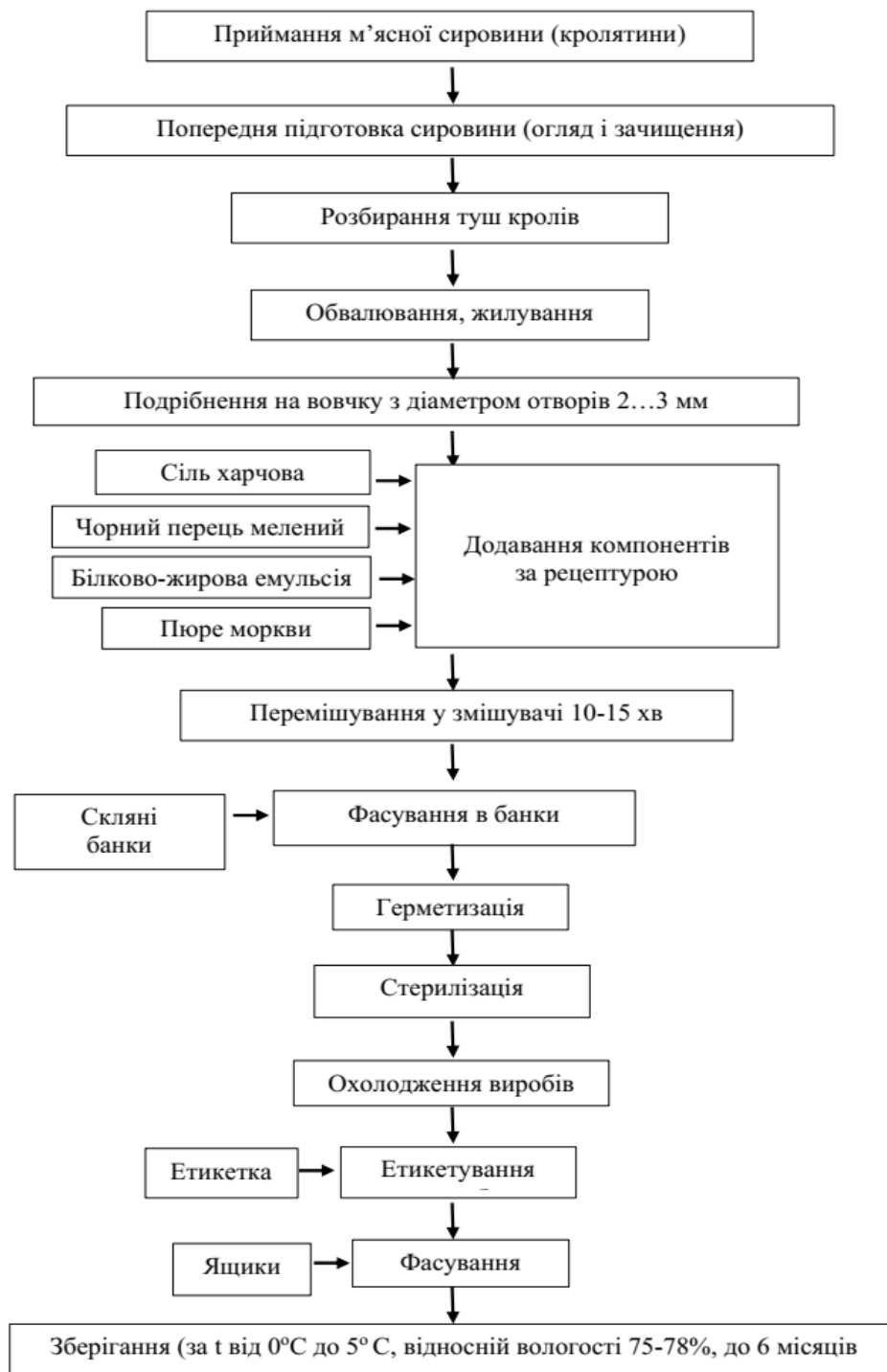


Рис.1. Принципова технологічна схема отримання м'ясних консервів з поліпшеною біологічною цінністю.

Таблиця 2 – Визначення ККТ

Вхідний матеріал / етап процесу	Вид та ідентифікована небезпека	Питання				
		1	2	3	4	ККТ
Етап обвалювання, жилювання розмороженої та охолодженої м'ясної сировини	- Біологічна: мікробіологічне забруднення, що призведе до росту патогенної мікрофлори в готовому продукті; - Фізична: сторонні предмети у сировині, які можуть потрапити у готовий продукт	Так	Ні	Так	Ні	ККТ–1
Етап внесення харчових добавок	- Хімічна: передозування харчових добавок, що може призвести до отруєння споживача	Так	Ні	Так	Ні	ККТ–2
Етап консервування	- Біологічна: у разі недотримання температурних режимів коптіння може виникнути ріст патогенної мікрофлори у готовому продукті; - Хімічна: неналежний рівень вологості в кінцевому продукті, що спричинить передчасне псування і можливе отруєння споживача	Так	Ні	Так	Ні	ККТ–3

Таким чином, у результаті аналізу небезпечних факторів (біологічних (Б), хімічних (Х), фізичних (Ф)) на етапах життєвого циклу виробництва м'ясних консервів встановили ККТ на таких стадіях виробництва:

ККТ 1 – Б, Ф на етапі обвалювання, жилювання розмороженої та охолодженої м'ясної сировини:

біологічний (мікробіологічне забруднення, що призведе до росту патогенної мікрофлори в готовому продукті), фізичний (сторонні предмети у сировині, які можуть потрапити у готовий продукт);

ККТ 2 – Х на етапі внесення харчових добавок: (передозування харчових добавок, що може спричинити отруєння споживача);

ККТ 3 – Б, Х на етапі консервування:

біологічний (при недотриманні температурних режимів може виникнути ріст патогенної мікрофлори у готовому продукті),

хімічний (неналежний рівень вологості в кінцевому продукті, що призведе до передчасного псування і можливого отруєння споживача).

У таблиці 3 наведено моніторинг та коригувальні дії у ККТ виробництва м'ясних консервів.

Процедури моніторингу для м'ясних консервів мають на меті забезпечити безпечність та якість продукту, а також запобігти можливим проблемам зі здоров'ям споживачів.

Основні моменти, які повинні бути проконтрольовані:

1. Використання інгредієнтів: необхідно контролювати якість інгредієнтів, які використовуються в консервах, а також їх коректне дозування.

2. Процес виробництва: контролювати весь процес виробництва, враховуючи температуру, тиск та тривалість теплового обробки.

3. Належне зберігання: важливо перевіряти умови зберігання консервів, щоб забезпечити їх безпечність та якість.

Коригувальні дії повинні бути введені, якщо будь-які невідповідності до вимог безпеки та якості продукту виявляються під час моніторингу.

Отримані дані свідчать, що важливим елементом контролю безпечності та якості м'ясних консервів є моніторинг і коригувальні дії, які мають бути регулярними й детально документуватися.

Так, для ККТ 1 – це відмова у прийманні м'ясної сировини за умов її невідповідності вимогам щодо безпечності; для ККТ 2 – навчання персоналу та калібрування ваг; для ККТ 3 – повторне проведення випробувань.

Тому застосування системи НАССР дає можливість контролювати безпечність готового продукту протягом усього циклу виробництва.

Таблиця 3 – Моніторинг та коригувальні дії у ККТ виробництва м'ясних консервів

ККТ	Суттєвий небезпечний чинник	Критичні межі для кожного заходу з контролю	Моніторинг				Коригувальні дії	Записи / протоколи	Перевірка
			Що	Як	Частота	Хто			
ККТ 1 – Б,Ф (обвалювання, жилування розмороженої та охолодженної м'ясної сировини)	Б – мікробіологічне забруднення. Ф – чужорідні об'єкти в сировині	Наявність протоколів випробувань, ветеринарних свідоцтв. Відсутність ознак псування, стороннього запаху	Органолептичний аналіз кожної партії. Перевірка партії на наявність докментів, що засвідчують якість товару.	Контактний термометр	Кожна партія	Начальник лабораторії, лікар ветеринарної медицини	Відмова у прийманні м'ясної сировини за умов її невідомості вимогам щодо безпечності	Журнал приймання та входного контролю, журнал коригувальних дій	Перевірка записів у журналі кожен робочий день
ККТ 2 – Х Внесення харчових добавок	Х – дозвання БКН. Завищені норми дозування харчових добавок	М. ч. кухонної солі, % не більше 4,5; - крохмалю, % не більше 4,5; - нітриту натрію, % не більше 0,005; - фосфору, внесеного з добавками (в перерахунку на P_2O_5), %, не більше 0,4	Дозування харчових добавок	Візуально за показниками ваг. Перевіряти роботу та справність	Перед початком роботи кожної зміни. Кожна партія	Технолог Лаборант	Навчання персоналу. Калібрування ваг	Занесення записів у відповідний журнал	Програма поводження з СІТ. Повірка приладів та лабораторного посуду 1 раз на рік
ККТ 3 Б, Х Консервування	Б – патогенна мікрофлора Х – неналежний рівень вологості готового продукту	Не допускається патогенна мікрофлора. Вологість не більше 50%	Наявність патогенної мікрофлори. Масова частка вологи в готовому продукті	Посів згідно з методикою. Лабораторний аналіз згідно з метою дикою	Кожна партія	Начальник лабораторії	Повторне проведення випробувань	Термічний журнал, Журнал реєстрації результатів досліджень готової продукції	Перевірка записів в журналі щодня

Висновки. Важливим інструментом для отримання безпечних і якісних м'ясних консервів є розроблення та виконання плану НАССР, завдяки чому з'являється можливість отримати достовірні дані про продукт ще на етапі розроблення, що є дуже важливим для періодичного контролю показників безпечності та якості.

Застосування системи НАССР під час виробництва м'ясних консервів необхідне для зниження ризиків, які пов'язані з харчовими отруєннями споживачів, для удосконалення харчових продуктів та процесів їх виробництва, а не тільки для дотримання вимог законодавства. Весь комплекс заходів гарантуватиме безпечність і високу якість готового продукту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про безпечність та якість харчових продуктів: Закон України від 23.12.1997 р. № 771/97. Верховна Рада. URL: https://kodeksy.com.ua/pro_bezpechnist_ta_yakist_harchovih_produktyv.htm
2. Про інформацію для споживачів харчових продуктів: Закон України. Відомості Верховної Ради (ВВР). 2019. № 7. ст. 41. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2639-19#Text>
3. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів. Закон України від 1998 р. № 19 ст. 98. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр>
4. Про стандартизацію: Закон України від 2014 р., № 31, ст. 1058. Із змінами, внесеними згідно із Законом № 124-VIII від 15.01.2015. ВВР. 2015. № 14. ст. 96. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18>
5. Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин: Закон України від 2017 р. № 31. ст. 343. URL:
6. Про захист прав споживачів: Закон України від 1991 р. № 30. ст. 379. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1023-12>
7. Вербицький С.Б. НАССР і ковбасне виробництво. М'ясний бізнес. 2018. 5 (177). С. 43–45.
8. Aulia A., Handoko F.N. The application of HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) in Food Production Department. Jurnal Sosial Humaniora Terapan. 2020. 2 (2). P. 101–106. URL: <https://scholar.archive.org/work/z3ocsmjafna3njtr2ycm342kxa/access/wayback/http://journal.vokasi.ui.ac.id/index.php/jsh/article/download/84/54>
9. Особливості впровадження системи якості НАССР у діяльність підприємств харчової промисловості / М.І. Валько та ін. Таврійський науковий вісник. Технічні науки. 2024. № 2. С. 203–214.
10. Ключові драйвери технічного регулювання у молочній та м'ясній галузях / М.П. Сичевський та ін. Стандартизація. Сертифікація. Якість. 2019. № 5. С. 49–60. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ssia_2019_5_9
11. Семко Т., Іваніщева О. Правові основи безпечності м'ясних продуктів в Україні. Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. 2021. № 2. Т. 9. С. 36–40.
12. Іваніщева О.А., Пахомська О.В. Особливості впровадження системи НАССР на м'ясопереробних підприємствах України. «Молодий вчений». № 9 (85). 2020. С. 98–101.
13. Кожем'яка О.В., Пешук Л.В., Петренко С.О. Застосування системи НАССР при виробництві м'ясних продуктів з мікроводоростю *Chlorella*. Вісник НТУ «ХПІ». 2023. № 2 (16). С. 48–53.
14. Брикова Т. Система НАССР при виробництві напівфабрикатів. Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки». 2024. № 2 (50). С. 93–109. DOI:10.31617/2.2024(50)07
15. Peshuk L., Simonova I., Halukh B. Quality management and safety control of semifinished production in the context of the HACCP system. Збірник наукових праць ЛОГОС. 2020. № 2(1). Р. 35–38. DOI:10.36074/11.12.2020.v2.09.
16. Дашковський О.О., Салата В.З. Аналіз ризиків та критичних контрольних точок (НАССР), при виробництві м'ясних ковбас на ПП «Стрийські делікатеси». Науковий вісник ЛНУ-ВМБТ імені С.З. Гжицького. 2016. Т. 18. № 3 (70). С. 83–87.
17. Ряполова І.О., Верешко С. Експертиза м'ясної та рослинної сировини під час виробництва м'ясо-рослинних консервів. Таврійський науковий вісник. Технічні науки. 2021. № 2. С. 37–43.
18. Неміріч О.В., Гавриш А.В., Крикунова А.В. Встановлення критичних контрольних точок при виробництві цибулевого супу. Таврійський науковий вісник. Технічні науки. 2023. № 1. С. 75–88.
19. Романовська Т.І., Осейко М.І., Романовська Н.І., Романовський Н.О. Основні вимоги до системи управління безпечністю промислового харчового виробництва. Наукові праці НУХТ. 2022. № 28 (2). С. 8–23. DOI:10.2426/3/2225-2924-2022-28-2-3
20. Стеценко Н.О., Медведок І.О. Розроблення рецептури дитячих м'ясо-рослинних консервів функціонального призначення. Технологія-2023: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 26 травня, 2023 р. Київ: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2023. С. 406–408.
21. ТУ У 10.1-24447183-016:2017 «Консерви м'ясні. М'ясо кроликів тушковане». ТОВ «Алан». 2017.
22. ДСТУ 4293:2004 Кролі для забою. Технічні умови. [Чинний від 01.07.2005]. Київ: Держстандарт України, 2005. 73 с.
23. ДСТУ 4531:2006 Вироби з м'яса птиці варені, копчено-варені. [Загальні технічні умови. [Чинний від 29.03.2006]]. Київ: Держстандарт України, 2007. 14 с.
24. ДСТУ 3583:2015 Сіль кухонна. Загальні технічні умови. [Чинний від 01.07.2017]. Київ: Держстандарт України, 2016. 35 с.

25. ДСТУ ISO 959-2:2008 Перець горошком чи змелений. Технічні умови. [Чинний від 01.01.2010]. Київ: Держстандарт України, 2010. 22 с.

26. ДСТУ 8103:2015 Цибуля ріпчаста сушена. Технічні умови. [Чинний від 01.01.2017]. Київ: Держстандарт України, 2017. 41 с.

27. ДСТУ 4305:2004. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Технічні умови. [Чинний від 01.07.2005]. Київ: Держстандарт України, 2005. 55 с.

28. ДСТУ 4445:2005. Спреди та суміші жирів. [Чинний від 01.07.2006]. Київ: Держстандарт України, 2006. 25 с.

29. ДСТУ 4458:2005. Концентрати білкові молочні. [Чинний від 01.10.2006]. Київ: Держстандарт України, 2006. 37 с.

30. ДСТУ 5065:2008 Олія оливкова. Технічні умови. [Чинний від 01.09.2004]. Київ: Держстандарт України, 2004. 35 с.

REFERENCES

1. Pro bezpechnist' ta yakist' kharchovykh produktiv: Zakon Ukrainy vid 23.12.1997 r. № 771/97. Verkhovna Rada [On the safety and quality of food products: Law of Ukraine No. 771/97 of 23.12.1997. Verkhovna Rada]. Available at: https://kodeksy.com.ua/pro_bezpechnist_ta_yakist_harchovih_produktiv.htm (In Ukrainian).

2. Pro informatsiyu dlya spozhyvachiv kharchovykh produktiv: Zakon Ukrainy. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (VVR). 2019. № 7. st. 41 [On information for food consumers: Law of Ukraine. Bulletin of the Verkhovna Rada (VVR). 2019. No. 7. Art. 41]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2639-19#Text> (In Ukrainian).

3. Pro osnovni pryntsypy ta vymohy do bezpeky ta yakosti kharchovykh produktiv. Zakon Ukrainy vid 1998 r. № 19 st. 98 [On the basic principles and requirements for the safety and quality of food products. Law of Ukraine of 1998 No. 19, Art. 98]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр> (In Ukrainian).

4. Pro standartyzatsiyu: Zakon Ukrainy vid 2014 r., № 31, st. 1058. Iz zminamy, vnesenymy z-hidno iz Zakonom № 124-VIII vid 15.01.2015. VVR. 2015. № 14. st. 96 [On standardization: Law of Ukraine of 2014, No. 31, Art. 1058. As amended by Law No. 124-VIII of 15.01.2015. VVR. 2015. No. 14. Art. 96]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18> (In Ukrainian).

5. Pro derzhavnyy kontrol' za dotrymannyam zakonodavstva pro kharchovi produkty, kormy, pobichni produkty tvarynnoho pokhodzhennya, zdorov'ya ta blahopoluchchya tvaryn: Zakon Ukrainy vid 2017 r. № 31. st. 343 [On state control over compliance with legislation on food products, feed, animal by-products, animal health and welfare: Law of Ukraine of 2017 No. 31. Art. 343]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19#Text> (In Ukrainian).

6. Pro zakhyst prav spozhyvachiv: Zakon Ukrainy vid 1991 r. № 30. st. 379 [On the Protection of

Consumer Rights: Law of Ukraine of 1991 No. 30. Article 379]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1023-12> (In Ukrainian).

7. Verbyts'kyi, S.B. (2018). HACCP i kovbasne vyrobnytstvo [HACCP and sausage production]. M'yasnyy biznes [Meat business]. 5 (177), pp. 43–45. (In Ukrainian).

8. Aulia, A., Handoko, F.N. (2020). The application of HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) in Food Production Department. Jurnal Sosial Humaniora Terapan, 2 (2), 101–106. Available at: <https://scholar.archive.org/work/z3ocsmjafna3njtr2y-cm342kxa/access/wayback/http://journal.vokasi.ui.ac.id/index.php/jsht/article/download/84/54>

9. Val'ko, M.I., Stoyanova, O.V., Zubkova, K.V., Mamay, O.I., Yakovenko, T.O. (2024). Osoblyvosti vprovadzhennya systemy yakosti HACCP u diyal'nist' pidpryyemstv kharchovoyi promyslovosti [Peculiarities of implementing the HACCP quality system in the activities of food industry enterprises]. Tavriys'kyi naukovy visnyk [Taurian Scientific Herald]. Tekhnichni nauky [Technical sciences]. no. 2, pp. 203–214. (In Ukrainian).

10. Sychevs'kyi, M.P., Romanchuk, I.O., Kopylova, K.V., Verbyts'kyi, S.B., Kozachenko, O.B. (2019). Klyuchovi drayvery tekhnichnoho rehulyuvannya u molochniy ta m'yasniy haluzyakh [Key drivers of technical regulation in the dairy and meat industries]. Standartyzatsiya [Standardization]. Ser'tyfikatsiya. Yakist' [Certification. Quality]. no. 5, pp. 49–60. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ssia_2019_5_9. (In Ukrainian).

11. Semko, T., Ivanishcheva, O. (2021). Pravovi osnovy bezpechnosti m'yasnykh produktiv v Ukraini [Legal foundations of meat product safety in Ukraine]. Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. no. 2, Vol. 9. pp. 36–40. (In Ukrainian).

12. Ivanishcheva, O.A., Pakhomska, O.V. (2020). Osoblyvosti vprovadzhennya systemy NASSR na m'yasopererobnykh pidpryyemstvakh Ukrainy [Features of the implementation of the HACCP system at meat processing enterprises in Ukraine]. «Molodyy vchenyy» [«Young Scientist»]. no. 9 (85), pp. 98–101. (In Ukrainian).

13. Kozhem'jaka, O.V., Peshuk, L.V., Petrenko, S.O. (2023). Zastosuvannya systemy NASSR pry vyrobnytstvi m'yasnykh produktiv z mikro-vodorostyu *Shlorella* [Application of the HACCP system in the production of meat products with microalgae *Chlorella*]. Visnyk NTU «KHPI» [Bulletin of NTU «KhPI»], no. 2 (16), pp. 48–53. (In Ukrainian).

14. Brykova, T. (2024). Systema HACCP pry vyrobnytstvi napivfabrykativ [HACCP system in the production of semi-finished products]. Mizhnarodnyy naukovo-praktychnyy zhurnal «Tovary i rynky» [International scientific and practical journal «Goods and Markets»], no. 2 (50), pp. 93–109. DOI:10.31617/2.2024(50)07 (In Ukrainian).

15. Peshuk L., Simonova I., Halukh B. (2020). Quality management and safety control of semi-finished production in the context of the HACCP

system. Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ». no. 2 (1), pp. 35–38. DOI:10.36074/11.12.2020.v2.09.

16. Dashkovs'kyi, O.O., Salata, V.Z. (2016). Analiz ryzykiv ta krytychnykh kontrol'nykh tochok (NAASR), pry vyrobnytstvi m'iasnykh kovbas na PP «Stryys'ki delikatesy» [Analysis of risks and critical control points (HACCP) in the production of meat sausages at the enterprise «Stryyski delikatesy»]. Naukovyy visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhyts'ko-ho [Scientific Bulletin of the S.Z. Gzhytskyi National University of Biotechnology]. Vol. 18, no. 3 (70), pp. 83–87. (In Ukrainian).

17. Ryapolova I.O., Vereshko S. (2021). Ekspertyza m'iasnoyi ta roslynnoyi syrovyny pid chas vyrobnytstva m'iaso-roslynnykh konserviv [Examination of meat and vegetable raw materials during the production of canned meat and vegetables] Tavriys'kyi naukovyy visnyk [Taurian Scientific Herald]. Tekhnichni nauky [Technical sciences]. no. 2, pp. 37–43. (In Ukrainian).

18. Nyemirich, O.V., Havrysh, A.V., Krykunova, A.V. (2023). Vstanovlennya krytychnykh kontrol'nykh tochok pry vyrobnytstvi tsybulevoho supu [Establishing critical control points in the production of onion soup]. Tavriys'kyi naukovyy visnyk [Taurian Scientific Herald]. Tekhnichni nauky [Technical sciences]. no. 1, pp. 75–88. (In Ukrainian).

19. Romanovs'ka, N.I., Oseyko, M.I., Romanovs'ka, N.I., Romanovs'kyi, N.O. (2022). Osnovnyvmohy do systemy upravlinnya bezpechnistyu promyslovoho kharchovoho vyrobnytstva [Basic requirements for the safety management system of industrial food production]. Naukovi pratsi NUKHT [Scientific works of the NUCT]. no. 28 (2), pp. 8–23. DOI:10.24263/2225-2924-2022-28-2-3. (In Ukrainian).

20. Stetsenko, N.O., Medvedyuk, I.O. (2023). Rozroblennya retseptury dytyachykh m'iaso-roslynnykh konserviv funktsional'noho pryznachennya [Development of a recipe for children's canned meat and vegetables with a functional purpos]. Tekhnolohiya-2023: materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi, 26 travnya 2023 r [Technology-2023: materials of the international scientific and practical conference, May 26, 2023]. Kyiv: V. Dahl Eastern Ukrainian National University, pp. 406–408. (In Ukrainian).

21. TY Y 10.1-24447183-016:2017 Konservy m'iasni. M'iaso krolykiv tushkovane [TU U 10.1-24447183-016:2017 «Canned meat. Stewed rabbit meat»]. LLC «Alan», 2017. (In Ukrainian).

22. DSTU 4293:2004 Kroli dlya zaboyu. Tekhnichni umovy. [Rabbits for slaughter. Technical conditions]. [Chynnyy vid 01.07.2005] [DSTU 4293:2004 Rabbits for slaughter. Technical conditions. [Valid from 01.07.2005]. Kyiv: Derzhstandard of Ukraine, 2005, 73 p. (In Ukrainian).

23. DSTU 4531:2006 Vyroby z m'iasa ptyci vareni, kopcheno-vareni. [Zagal'ni tekhnichni umovy. [Chynnyy vid 29.03.2006] [DSTU 4531:2006 Poultry meat products, cooked, smoked and cooked. [General

technical conditions. [Valid from 29.03.2006]]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2007, 14 p. (In Ukrainian).

24. DSTU 3583:2015 Sil' kuhonna. Zagal'ni tekhnichni umovy. [Chynnyy vid 01.07.2017] [DSTU 3583:2015 Table salt. General technical conditions. [Valid from 01.07.2017]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2016, 35 p. (In Ukrainian).

25. DSTU ISO 959-2:2008 Perec' goroshkom chy zmelenyj. Tekhnichni umovy. [Chynnyy vid 01.01.2010] [DSTU ISO 959-2:2008 Peppercorns or ground. Technical conditions. [Valid from 01.01.2010]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2010, 22 p. (In Ukrainian).

26. DSTU 8103:2015 Cybulja ripchasta sushena. Tekhnichni umovy. [Chynnyy vid 01.01.2017] [DSTU 8103:2015 Dried onion. Technical conditions. [Valid from 01.01.2017]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2017, 41 p. (In Ukrainian).

27. DSTU 4305:2004. Frukty, ovochi ta produkty i'h pererobljannja. Tekhnichni umovy. [Chynnyy vid 01.07.2005] [DSTU 4305:2004. Fruits, vegetables and products of their processing. Technical conditions. [Valid from 01.07.2005]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2005, 55 p. (In Ukrainian).

28. DSTU 4445:2005. Spre dy ta sumishi zhyrovi. [Chynnyy vid 01.07.2006] [DSTU 4445:2005. Fat spreads and mixtures. [Valid from 01.07.2006]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2006, 25 p. (In Ukrainian).

29. DSTU 4458:2005. Koncentraty bilkovi molochni. [Chynnyy vid 01.10.2006] [DSTU 4458:2005. Milk protein concentrates. [Valid from 01.10.2006]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2006, 37 p. (In Ukrainian).

30. DSTU 5065:2008 Olija olyvkova. Tekhnichni umovy. [Chynnyy vid 01.09.2004] [DSTU 5065:2008 Olive oil. Technical conditions. [Valid from 01.09.2004]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2004, 35 p. (In Ukrainian).

Application of the HACCP system in the production of canned meat

Goyko I., Stetsenko N.

In order to obtain high-quality products and provide the population with safe food products, a modern manufacturer must develop and implement various quality systems at the enterprise. Ensuring appropriate quality control involves a set of tasks that must be solved throughout the entire food production cycle at each stage of production. The quality and safety of food products, especially canned meat for children, is an important factor closely related to human health.

One of the conditions for ensuring the production of high-quality and safe products is the implementation of the HACCP food safety management system at food industry enterprises. The HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) system is a reliable means of preventing the negative impact of dangerous factors on the human body and the spread of food-related diseases, which identifies, evaluates and controls potential hazards throughout the entire

process of canned meat production, allowing harmful factors to be eliminated and the entire production process to be controlled.

The article grounds the use of the HACCP system in the production of canned meat. The 7 principles of the HACCP system are considered and preparatory steps for developing a HACCP plan are described.

For the production of canned meat, rabbit meat, carrot puree, protein-fat emulsion, table salt, and ground black pepper were used.

To develop the HACCP plan, all stages of the technological process were analyzed, considering potential hazards, as well as their causes or sources of contamination. A decision tree diagram was used

to identify risks. A flowchart of the technological process of preparing canned meat has been built. The parameters of critical control points for which critical limits have been established were determined.

The results of monitoring the safety and quality of canned food production are given. The identification and monitoring of critical control points in the production of canned meat allows reliable data on the product to be obtained at the development stage, which is very important for periodic monitoring of product safety and quality indicators.

Key words: quality, safety, canned meat, critical control points, HACCP, monitoring.



Copyright: Гойко І.Ю., Стеценко Н.О. © 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:

Гойко І.Ю.

Стеценко Н.О.

<https://orcid.org/0000-0002-1680-5087>

<https://orcid.org/0000-0001-6710-024X>

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 543.9:544:634.32

**Порівняльний аналіз деяких фізико-хімічних показників
плодів різних видів цитрусових****Поліщук В.М.** , **Цехмістренко С.І.** , **Поліщук С.А.** ,
Бітюцький В.С. , **Чернюк С.В.** *Білоцерківський національний аграрний університет*

E-mail: vitnik2007@ukr.net



Поліщук В.М., Цехмістренко С.І., Поліщук С.А., Бітюцький В.С., Чернюк С.В. Порівняльний аналіз деяких фізико-хімічних показників плодів різних видів цитрусових. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 1. С. 93–102.

Polishchuk V., Tsekhmistrenko S., Polishchuk S., Bitiutskyi V., Cherniuk S. Comparative analysis of physicochemical parameters of freshly squeezed juices from various citrus fruits. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 1. PP. 93–102.

Рукопис отримано: 20.02.2025 р.

Прийнято: 06.03.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-93-102

Історія цитрусових сягає тисячоліть, рослини походять із Південно-Східної Азії. Більшість сучасних сортів з роду *Citrus* є результатом тривалої селекції та схрещування трьох основних видів: мандарина, помело та цитрона. Популярність цитрусових зросла в останні десятиліття завдяки їх високій харчовій цінності та доступності. Сьогодні цитрусові є одними з найпоширеніших фруктів у світі, їх вирощують на всіх континентах, крім Антарктиди. Загальне світове виробництво цитрусових становить понад 161,8 млн т на рік.

Мета дослідження полягала в оцінюванні фізико-хімічних властивостей свіжовичавлених соків цитрусових шляхом визначення таких показників, як активна та титрована кислотність, вміст вітаміну С, сухих розчинних речовин та індексів зрілості плодів.

Проведено порівняльний аналіз рН свіжовичавлених соків різних видів з роду *Citrus*. Встановлено, що кислотність є варіабельним показником, який залежить від сортових особливостей, ступеня зрілості та зовнішніх факторів. Найнижчі значення рН зафіксовано у лайма та лимона – 2,76 та 2,84 відповідно, що корелює з їх вираженим кислим смаком. Апельсин, світі та мандарин характеризуються помірною кислотністю (3,78–3,66). Грейпфрут демонструє проміжний рівень кислотності з характерною гіркуватістю, що визначає його специфічні органолептичні властивості.

Результати титрування продемонстрували, що сік лайма характеризується максимальним значенням титрованої кислотності (4,55 %) серед досліджених видів. Отримані дані підтверджують обернену кореляцію між об'ємом використаного титранту та величиною рН. Мінімальний показник реакції середовища зафіксовано у соку лайма, що відповідає його максимальній титрованій кислотності. Натомість у соку апельсина спостерігається протилежна тенденція: максимальний показник рН та мінімальний об'єм титранту, що свідчить про його найнижчу титровану кислотність серед досліджених зразків.

Вміст сухих розчинних речовин у досліджуваних фруктах коливався в межах 7,52–11,78 %. Сік апельсинів продемонстрував максимальну концентрацію цих речовин (11,78 %). Кореляційний аналіз виявив статистично значущий зв'язок між кислотністю середовища та вмістом аскорбінової кислоти. Індекс BrimA показав високу кореляцію з вмістом сухих розчинних речовин і цукрово-кислотним співвідношенням.

Вміст вітаміну С у досліджених зразках цитрусових варіював у межах від 26,21 до 57,25 мг/100 см³. Найвищий вміст аскорбінової кислоти спостерігали в апельсинах, він удвічі перевищував показники мандаринів. Лимони містили на 38 % більше вітаміну С порівняно з лаймом. Концентрація вітаміну С в грейпфруті та світі була практично однаковою.

Ключові слова: цитрусові, фізико-хімічні показники, активна та загальна кислотність, вміст сухих розчинних речовин, аскорбінова кислота, індекси зрілості плодів.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Протягом багатьох століть фрукти та овочі є невід’ємною частиною раціону людини, важливим джерелом біологічно активних сполук. Серед них особливе місце належить цитрусовим, які характеризуються багатим вмістом вітамінів, зокрема, аскорбінової кислоти [31], мінеральних речовин [7], полісахаридів [4, 22], флавоноїдів (гесперидину, нарингіну, нарингеніну, кверцетину, рутину) [2], фенольних кислот [8], кумаринів [14], та каротиноїдів [26]. Зазначені сполуки виконують широкий спектр біологічних функцій в організмі людини: від антиоксидантного захисту до регуляції метаболізму та підтримки імунного статусу. Флавоноїди, зокрема, відіграють важливу роль у профілактиці серцево-судинних захворювань, цукрового діабету II типу та деяких видів раку. Аскорбінова кислота як потужний антиоксидант задіяна в регуляції кровотворення, синтезі колагену, зміцненні імунної системи та засвоєнні феруму [1, 23].

Протягом останніх десятиліть спостерігається суттєва зміна моделі харчування та ставлення споживачів до їжі. Це, своєю чергою, зумовило розвиток ринку функціональних харчових продуктів. Сьогодні виробники пропонують широкий асортимент різноманітних екзотичних фруктів, що характеризуються високим умістом біологічно активних речовин, необхідних для підтримання здоров’я [16, 28].

Цитрусові рослини, що належать до родини *Rutaceae*, мають багату історію, перші згадки про них зустрічаються в давньокитайській літературі (2205–2197 рр. до нашої ери). Більшість сучасних сортів цитрусових є результатом тисячолітньої гібридизації або селекції трьох вихідних видів: *Citrus reticulata* (мандарин), *Citrus maxima* (помело) та *Citrus medica* (цитрон). Апельсин (*Citrus sinensis*), наприклад, походить від *Citrus grandis* і *Citrus reticulata*. Грейпфрут (*Citrus paradisi*) утворений у процесі гібридизації *Citrus sinensis* і *Citrus grandis* [5, 15]. За останні десятиліття

споживання цитрусових у світі значно зросло. Це пов’язано зі зростанням свідомості про здорове харчування та доступністю цих фруктів упродовж року. Цитрусові культивують у понад 140 країнах світу.

Найбільші світові експортери цитрусових – Бразилія, Індія, Китай, Мексика, США, Іспанія, Єгипет, Індонезія та Італія. Саме ці країни забезпечують основну частину світового виробництва цих фруктів. Щорічний обсяг світового виробництва цитрусових перевищує 161,8 млн т [6], водночас більша частина продукції споживається свіжою або у вигляді соку. Товарними видами цитрусових є апельсин, грейпфрут, лимон, лайм і мандарин. Зазначені фрукти посідають перше місце за обсягами продажів серед свіжих плодів і овочів на світовому ринку. За популярністю цитрусові поступаються лише яблукам, що свідчить про їх широке поширення у світі [10].

Незважаючи на сучасні умови життя та широкий вибір харчових продуктів, проблема дефіциту вітаміну С залишається актуальною, особливо серед певних груп населення, таких як діти, літні люди, особи з імунodefіцитними станами тощо [6, 29]. Фізичні та психоемоційні навантаження посилюють потребу організму в аскорбіновій кислоті. Це пов’язано з втраченою людиною в процесі еволюції здатності до ендогенного синтезу аскорбінової кислоти, на відміну від більшості тварин [19]. Тому для нас цей вітамін є життєво необхідним компонентом харчування, який ми отримуємо винятково з їжею. Біохімічний склад плодів роду *Citrus* може значно варіювати залежно від виду, сорту, умов вирощування та інших факторів.

Дослідження вмісту вітаміну С у різних фруктах є актуальним, оскільки надає цінну інформацію для раціонального харчування. Визначення цього показника в цитрусових (апельсин, мандарин, грейпфрут, лимон, лайм, світі) дає змогу обчислити необхідну кількість фруктів для задоволення добової потреби в аскорбіновій кислоті. Це допоможе споживачам планувати раціон і запобігти розвитку гіповітамінозу С.

Мета дослідження – провести порівняльний аналіз фізико-хімічних показників у соках найпоширеніших видів роду *Citrus*. Для досягнення поставленої мети досліджували активну та титровану кислотність у свіжовичавлених соках цитрусових фруктів, визначали вміст сухих розчинних речовин, обчислювали індекс зрілості для плодів, визначали кількісний вміст аскорбінової кислоти в соках, а також проводили корелятивний аналіз між різними фізико-хімічними показниками цитрусових.

Матеріали і методи дослідження. Експериментальну частину дослідження виконано на кафедрі хімії Білоцерківського національного аграрного університету. Об'єктами дослідження слугували свіжовичавлені соки, отримані з плодів шести видів цитрусових, придбаних у місцевому супермаркеті. Для аналізу було відібрано по п'ять плодів кожного виду, що відповідали критеріям стиглості, однорідності за кольором, розміром і щільністю, а також відсутності видимих пошкоджень. Зразки були доставлені в хімічну лабораторію та підготовлені до аналізу в найкоротші терміни. Вибір свіжовичавлених соків дав змогу мінімізувати вплив технологічного оброблення на результати дослідження.

Перед проведенням аналізу плоди ретельно промили водопровідною водою та розрізали навпіл. Сік вичавлювали за допомогою ручної пластикової соковижималки та фільтрували через паперовий фільтр для видалення твердих частинок. З метою збереження максимальної кількості вітамінів для збору соку використовували скляний посуд, оскільки контакт з металом може призвести до окиснення вітамінів. Для подальшого очищення сік додатково центрифугували. Такі маніпуляції є невід'ємною частиною підготовки проби для дослідження, дозволяють отримати більш точні результати аналізу [9]. Відсутність сторонніх домішок у зразку значно спрощує проведення таких методів аналізу як титрування, рефрактометрія або спектрофотометрія.

Активна кислотність. Визначення активної кислотності соків здійснювали за допомогою рН-метрії. Для кожного зразка проводили три повторні вимірювання, а отримані дані обробляли статистично. Різниця між паралельними визначеннями не перевищувала 0,1 од. рН. Для забезпечення точності вимірювань робочий електрод рН-метра ретельно промивали дистильованою водою між вимірюваннями [33].

Титрована кислотність. У мірну колбу об'ємом 250 см³ вносили 25 см³ підготовленої проби соку плодів цитрусів. Далі об'єм доводили до мітки дистильованою водою, відбирали 10 см³ зразку в конічну колбу. Додавали декілька крапель 1 % спиртового розчину фенолфталеїну. Титрували 0,1 н розчином NaOH до появи рожевого забарвлення, яке не зникало впродовж 30 секунд. Фіксували кількість лугу, яка витрачена на титрування. Дослідження проводили тричі і визначали середнє арифметичне значення об'єму титранту.

Титровану кислотність (Т % – грам домінуючої органічної кислоти на 100 см³ соку) обчислювали за формулою [21]:

$$T\% = \frac{V_1 \cdot c \cdot K \cdot 100}{V_2},$$

де V_1 – об'єм розчину NaOH, використаний для титрування, см³;

c – концентрація розчину NaOH, моль/дм³;

K – коефіцієнт перерахунку на цитратну кислоту – 0,064;

100 – коефіцієнт для вираження титрованої кислотності в перерахунку на 100 г продукту;

V_2 – об'єм зразка взятий для титрування (10 см³).

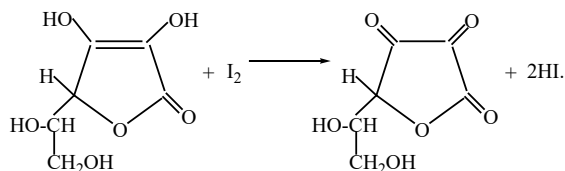
Масова частка сухих розчинних речовин. Вміст розчинних сухих речовин або °Brix (відсотковий вміст цукру в фруктових соках) визначали рефрактометричним методом [33]. Фрукти, крім води, містять сухі речовини, представлені вуглеводами (в основному цукрами), органічними кислотами, білками, ліпідами та солями мінеральних речовин. Вміст розчинних сухих речовин є важливим показником зрілості плодів та вказує на концентрацію цукрів у соках. Концентрацію розчинних сухих речовин у соках виражали в градусах Брікса (°Bx), що відповідає кількості грамів цукру в 100 грамах розчину [9]. Цей показник характеризує ступінь зрілості фрукта, дає змогу оцінити вміст цукрів у плодах і є важливим для контролю якості готової продукції. Вимірювання проводили двічі, а кінцевий результат обчислювали як середнє арифметичне.

Індекс зрілості (ІЗ) фруктів. Цей показник обчислювали за такою формулою [35]:

$$ІЗ = °Bx / T \%$$

Залежно від виду фруктів, показник ІЗ фруктів може варіювати в досить широких межах від 12 до 30.

Аскорбінова кислота (вітамін С). Для кількісного визначення вмісту аскорбінової кислоти у свіжовичавлених соках цитрусових використовували йодометричне титрування [27]. Реакція відбувається за такою схемою:



У чисту конічну колбу об'ємом 100 см³ відмірювали 10 см³ аналізованого соку. До проби додавали 4 см³ 6 М розчину H₂SO₄ або 2 % розчин HCl, для створення кислого середовища, необхідного для перебігу реакції окиснення аскорбінової кислоти йодом. До підкисленого розчину додавали 20 см³ 0,01 М розчину I₂. Далі титрували із бюретки 0,01 М розчином Na₂S₂O₃ до появи світло-жовтого забарвлення розчину. Потім додавали 1 см³ 1 % розчину крохмалю (індикатор). Титрували до зникнення синього забарвлення. Титрування здійснювали щонайменше двічі. Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г продукту, обчислювали за формулою:

$$KA = \frac{(C_1 \cdot V_1 - C_2 \cdot V_2) \cdot M_{ak} \cdot V_k}{1000 \cdot V_p},$$

де C_1 – концентрація розчину йоду, моль/дм³;
 C_2 – концентрація розчину Na₂S₂O₃, моль/дм³;
 V_1 – об'єм розчину йоду, використаний для титрування, см³;
 V_2 – об'єм розчину Na₂S₂O₃, використаний для титрування надлишку йоду, см³;
 M_{ak} – молярна маса еквівалента аскорбінової кислоти, г/моль (88 г/моль);
 V_k – об'єм мірної колби, в якій готували витяжку, см³,
 $V_k = 100$ см³;
 V_p – кількість витяжки (10 см³), яку взяли на титрування.

Статистичне оброблення даних проводилося з використанням методів описової статистики, включаючи розрахунок середнього арифметичного (М), стандартного відхилення, стандартної похибки середнього (m) та коефіцієнта варіації. Всі розрахунки здійснені за допомогою пакету програм Statistica 10 (StatSoft, Inc., США).

Результати дослідження та обговорення. Хімічний склад фруктів є надзвичайно різноманітним, водночас значну роль у формуванні смаку та харчової цінності відіграють органічні кислоти. Хоча цитрусові традиційно асоціюються з високим вмістом цитратної кислоти, слід зазначити, що склад органічних кислот у цих фруктах може значно варіювати залежно від виду, сорту, умов вирощування та навіть частини плоду. Наприклад, у шкірці апельсинів – значна кількість оксалатної кислоти [12]. Така різноманітність обумовлена складними біохімічними процесами, що відбуваються в рослинах під час дозрівання плодів.

Смак фруктів формується за рахунок гармонійного поєднання кислого та солодкого смаків, які визначаються вмістом органічних кислот і цукрів. Кислотність фруктів може варіювати залежно від сорту та стадії дозрівання. Наприклад, лимони зазвичай мають більш виражений кислий смак порівняно з апельсинами. Протягом дозрівання фруктів відбувається поступове зниження кислотності за рахунок перетворення органічних кислот на цукри. Для кількісного оцінювання кислотності використовують два основних методи: потенціометричне визначення рН та титрування [24].

У процесі дослідження показників реакції середовища цитрусових соків виявлено значні відмінності в їх кислотності (табл. 1). Лайм і лимон характеризуються найнижчими значеннями рН (2,76 та 2,84, відповідно), мають найбільш виражений кислий смак і часто використовуються для додавання кислинки в страви та напої. Низький рівень рН у соках зазначених фруктів можна пояснити значним вмістом цитратної кислоти в їх складі.

Таблиця 1 – Активна кислотність натуральних свіжовичавлених соків цитрусових; n=5

Назва фрукту	Показник рН				
	Середнє значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Стандартна похибка	Коефіцієнт варіації, %
Апельсин	3,78	3,65	3,91	0,08	2,11
Мандарин	3,66	3,57	3,75	0,08	2,09
Грейпфрут	3,18	2,95	3,31	0,14	4,45
Лайм	2,76	2,64	2,96	0,13	4,85
Світі	3,71	3,60	3,82	0,09	4,49
Лимон	2,84	2,72	2,94	0,08	3,08

Статистичний аналіз показав, що соки лайма характеризуються найвищим коефіцієнтом варіації (4,85 %). Це означає, що розподіл значень показника у цій сировині є більш розсіяним порівняно з іншими пробами. Хоча цей показник вказує на певну неоднорідність, він все ж таки входить у межі помірної варіабельності.

Рівень кислотності цитрусових соків суттєво впливає на їх смак та харчову цінність. Дослідження показало, що соки апельсина, мандарина та світі мають більш помірну реакцію середовища (3,78–3,66 рН) порівняно з соком лайма та лимона. Такий рівень кислотності не лише надає цим сокам приємного освіжаючого смаку, й сприяє кращому засвоєнню організмом іонів феруму та інших мікро- та макроелементів. Варто зазначити, що навіть незначні відмінності в реакції середовища можуть суттєво впливати на сприйняття смаку та загальну оцінку якості соку [3].

Титрована кислотність плодів відповідає за кислотність фруктового соку. У процесі дозрівання фруктів вона знижується, адже органічні кислоти в цей період використовуються як субстрат для дихання в різних метаболічних процесах [11, 30]. Титрування показало, що сік лайма вимагав найбільшого об'єму лугу для нейтралізації, що свідчить про його найвищу кислотність (табл. 2). Простежується чіткий взаємозв'язок між об'ємом використаного титранту та значенням рН: найнижчий рН було зафіксовано у соку лайма, що підтверджує його максимальну кислотність. Навпаки, сік апельсина демонстрував найвищий рН і найменший об'єм використаного титранту, що вказує на його мінімальну кислотність серед досліджених зразків.

Не завжди існує пряма пропорційність між активною (рН) та загальною кислотністю розчину. Існує тенденція до зниження активної кислотності зі збільшенням титрованої кислотності ($r = -0,7$). Це означає, що зі збіль-

шенням одного показника інший обов'язково зменшується. Зазвичай спостерігається зростання кислотності зі збільшенням концентрації іонів H^+ , однак є випадки, коли цей зв'язок може бути порушений через наявність буферних систем, різних типів кислот або інших факторів. У наших дослідженнях сік світі не продемонстрував чіткої кореляції між рН та об'ємом використаного титранту. Для більш детального розуміння причин такого відхилення необхідно провести додаткові дослідження.

Основними вуглеводами, що визначають солодкий смак фруктів, є сахароза, глюкоза та фруктоза. Їх сумарний вміст становить майже 80 % від загальної кількості сухих розчинних речовин. Крім вуглеводів, у складі фруктів наявні органічні кислоти, вітаміни, пігменти, фенольні сполуки, амінокислоти, білки, ліпіди та мінеральні речовини. Їх концентрація зростає в процесі дозрівання плодів і може досягати 20 % від маси фрукта. Середній вміст цукру в апельсиновому соку становив приблизно 8,9 г/100 см³ [36]. В інших експериментах вміст цукрів у цитрусових коливався від 3,3 до 5,3 г на 100 см³. Також є повідомлення про вміст сахарози від 10,4 до 12,73 г/100 см³ [30].

Встановлено значну варіабельність вмісту розчинних сухих речовин (% цукру або °Brix) у різних фруктах, яка коливалася від 7,52 % до 11,78 % (табл. 3). Максимальний вміст цих речовин зареєстровано в апельсині (11,78 %), що дещо перевищує мінімальні вимоги міжнародних стандартів для цього виду цитрусових (9 %). Лимони виявилися на 15,5 % солодшими за лайми, а мандарини – на 18,9 % солодшими за грейпфрути. Зазначені відмінності обумовлені сортовими особливостями, кліматичними умовами вирощування та іншими факторами. Високий показник °Brix є не лише індикатором солодкості плодів, а й свідчить про їх підвищену здатність до тривалого зберігання [13].

Таблиця 2 – Титрована кислотність натуральних свіжовичавлених соків цитрусових, $T_{\%}$; $n=5$

Назва фрукта	Показник				
	Середнє значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Стандартна похибка	Коефіцієнт варіації, %
Апельсин	0,51	0,48	0,55	0,03	5,46
Мандарин	0,53	0,47	0,60	0,04	9,34
Грейпфрут	0,83	0,75	0,95	0,07	8,92
Лайм	4,55	4,40	4,7	0,11	2,45
Світі	0,68	0,64	0,73	0,04	5,46
Лимон	4,23	4,10	4,4	0,12	2,84

Таблиця 3 – Вміст сухих розчинних речовин (°Вх) натуральних свіжовичавлених соків цитрусових; n=5

Показник	Назва фрукту					
	Апельсин	Мандарин	Грейпфрут	Лайм	Світі	Лимон
Рефракційне число	1,3505±0,0008	1,3492±0,0008	1,3465±0,0004	1,3448±0,0006	1,3443±0,0006	1,3466±0,0005
Градуси Брікс, °Вх	11,78±0,49	10,92±0,57	9,18±0,29	8,00±0,45	7,52±0,50	9,24±0,31
Індекс зрілості	23,21±0,77	20,61±1,39	11,06±0,84	1,76±0,13	11,12±0,97	2,19±0,12

Фізико-хімічний склад плодів цитрусових динамічно змінюється в процесі дозрівання. Такі показники як вміст цукрів, органічних кислот, ароматичних речовин та інших компонентів, є важливими маркерами для визначення оптимального часу збору врожаю. Однак для комплексного оцінювання ступеня зрілості необхідно враховувати сукупність фізико-хімічних показників, оскільки жоден з них окремо не може адекватно характеризувати цей стан [32].

Для оцінювання ступеня зрілості плодів часто використовують індекс зрілості, що характеризує співвідношення цукру і кислоти. Цей показник дозволяє визначити оптимальні терміни збору, зберігання та споживання плодів. Найвищий показник ІЗ серед досліджених фруктів характерний для апельсинів. Мандарини поступалися апельсинам за цим показником, проте також демонстрували досить високий рівень зрілості. Грейпфрути та світі мають приблизно однаковий рівень вмісту цукрів. Попри те, що ІЗ є одним з основних критеріїв оцінювання якості плодів, він не завжди адекватно відображає органолептичні характеристики, зокрема, смак. Наприклад, два фрукти з однаковим ІЗ можуть різнитися за смаком внаслідок різного співвідношення окремих компонентів [19]. За показником співвідношення цукру до кислоти лайм (1,76 %) і лимон (2,19 %) значно відставали від інших досліджуваних фруктів, що свідчить про їх високу кислотність. Отримані результати корелюють з даними інших досліджень [3, 11, 20, 25].

Для об'єктивного оцінювання органолептичних характеристик цитрусових було обчислено ще додатковий індекс зрілості BrimA. Він визначається як різниця між вмістом сухих розчинних речовин і загальною кислотністю, помножена на емпіричну константу, специфічну для кожного виду

цитрусових [17]. За результатами розрахунків, найвищий індекс BrimA був зафіксований в апельсинів (161), далі йшли мандарини (144), грейпфрути (97) та світі (79). Лайми та лимони не були оцінені за цим індексом через їх високу кислотність та низький вміст цукрів.

Вміст аскорбінової кислоти є важливим показником якості соків цитрусових, оскільки цей водорозчинний вітамін піддається інтенсивному окисненню під впливом численних екзо- та ендогенних факторів (сорт, ступінь зрілості плодів, умови зберігання, ультрафіолетове опромінення, температура, вологість тощо) [18]. Процеси деградації вітаміну С починаються одразу після збору врожаю і продовжуються під час зберігання, хоча низькі температури можуть уповільнити їх кінетику.

Вміст аскорбінової кислоти в аналізованих зразках цитрусових коливався у значних межах – від 26,21 до 57,25 мг/100 см³ (рис. 1). Максимальний вміст вітаміну С спостерігали в апельсинах, перевищуючи показник у мандаринів майже удвічі. Лимони містили на 38 % більше аскорбінової кислоти порівняно з лаймом. Концентрація вітаміну С у грейпфруті та світі була практично ідентичною. Подібні результати описано в роботі [34]. Значна частина цієї варіабельності може бути обумовлена сортовими особливостями та умовами вирощування цитрусових [36].

Наше дослідження, а також дані, представлені в роботі [34], свідчать про те, що вміст вітаміну С у цитрусових є мінливим показником, який значною мірою залежить від виду фрукта. Для більш детального аналізу взаємозв'язку між вмістом вітаміну С та іншими фізико-хімічними характеристиками різних видів цитрусових ми провели кореляційний аналіз за Пірсоном (табл. 4).

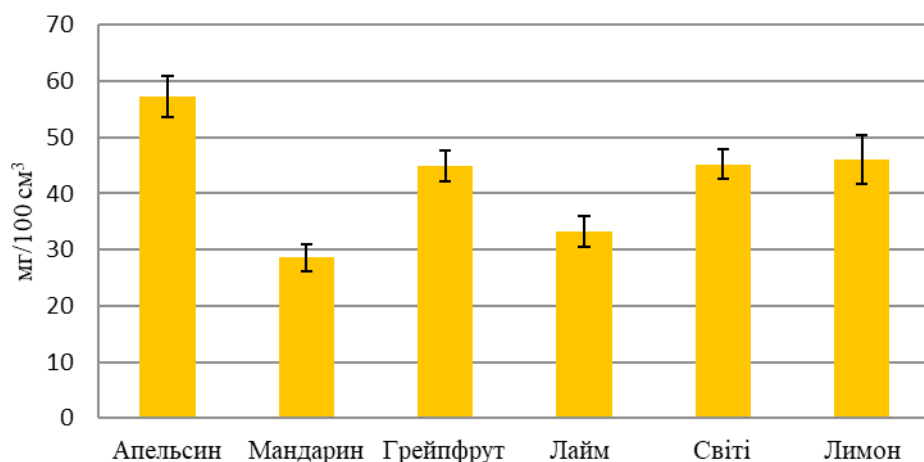


Рис. 1. Вміст аскорбінової кислоти в свіжовичавленому соку різних видів цитрусових.

Таблиця 4 – Кореляційні зв'язки між фізико-хімічними показниками свіжовичавлених соків з різних цитрусових

	Реакція середовища	Титрована кислотність	Суха розчинена речовина	Індекс зрілості	Вітамін С.	Індекс BrimA
Реакція середовища	1	- 0.78	0.65	0.75	- 0.60	0.71
Титрована кислотність	- 0.78	1	- 0.70	- 0.90	0.03	- 0.81
Суха розчинена речовина	0.66	- 0.69	1	0.93	0.08	0.99
Індекс зрілості	0.75	- 0.90	0.93	1	0.07	0.98
Віт С	- 0.60	0.03	0.09	0.07	1	0.07
Індекс BrimA	0.72	- 0.81	0.99	0.98	0.07	1

Проведені дослідження виявили значний статистичний зв'язок між кислотністю середовища (рН) та вмістом вітаміну С у цитрусових, що узгоджується з результатами дослідження [37]. Зокрема, було встановлено обернену кореляцію ($r = -0,60$) між цими показниками, що свідчить про зниження стабільності вітаміну С у менш кислому середовищі. Індекс зрілості BrimA продемонстрував високу позитивну кореляцію з умістом сухих розчинних речовин ($r = 0,99$) і цукрово-кислотним співвідношенням ($r = 0,99$), а також негативну кореляцію з титрованою кислотністю ($r = -0,78$) та вмістом аскорбінової кислоти ($r = -0,60$). Високий рівень кореляції між цими показниками свідчить про їх взаємозалежність та вплив на органолептичні властивості плодів. Отримані дані підтверджують, що сік цитрусових є цінним харчовим продуктом завдяки високому вмісту вітамінів і мінеральних речовин.

Висновки. Серед досліджуваних фруктів лимон і лайм виділяються найвищим рівнем кислотності (рН 2,76 та 2,84, відповідно), що надає їм вираженого кислого смаку. Натомість апельсин, світі та мандарин мають більш помірну реакцію середовища (рН 3,78–3,66), що робить їх смак більш збалансованим та менш кислим. Апельсини та мандарини є найменш кислими, а лайм та лимони – найкислішими. Ця залежність підтверджується високим негативним значенням коефіцієнта кореляції ($r = -0,7$) між активною та титрованою кислотністю.

Вміст сухих розчинних речовин значно варіює між різними видами цитрусових. Найвищий показник було зафіксовано в апельсинах (11,78 %), тоді як найнижчий – в соку світі (7,52 %). Найнижчий індекс зрілості спостерігався у лайма (1,76) та лимона (2,19), що вказує на їхню меншу стиглість порівняно з апельсинами (23,21) та мандаринами (20,61).

Апельсини є найбагатшим джерелом вітаміну С серед досліджених цитрусових. Його вміст в апельсинах був удвічі вищим, ніж у мандаринах, та на 70 % вищим, ніж у лаймі. При цьому було виявлено досить сильний обернений зв'язок між умістом вітаміну С та реакцією середовища ($r = -0,60$), що свідчить про їх взаємозалежність.

REFERENCES

1. Abakpa, G.O., Adenaike, O. (2021). Antioxidant compounds and health benefits of citrus fruits. *European journal of nutrition & food safety*, 13 (2), pp. 65–74. DOI:10.9734/ejns/2021/v13i230376.
2. Addi, M., Elbouzidi, A., Abid, M., Tungmunthum, D., Elamrani, A., Hano, C. (2021). An overview of bioactive flavonoids from citrus fruits. *Applied Sciences*, 12 (1), 29 p. DOI:10.3390/app12010029.
3. Al-Juhaimi, F.Y., Ghafoor, K.A. (2013). Bioactive compounds, antioxidant and physico-chemical properties of juice from lemon, mandarin and orange fruits cultivated in Saudi Arabia. *Pak. J. Bot.*, 45 (4), pp. 1193–1196.
4. Aslan, M.N., Sukan-Karaçagıl, B., Acar-Tek, N. (2024). Roles of citrus fruits on energy expenditure, body weight management, and metabolic biomarkers: a comprehensive review. *Nutrition Reviews*, 82 (9), pp. 1292–1307. DOI:10.1093/nutrit/nuad116.
5. Budiarto, R., Mubarak, S., Sholikin, M. M., Sari, D. N., Khalisha, A., Sari, S. L., Adli, D. N. (2024). Vitamin C variation in citrus in response to genotypes, storage temperatures, and storage times: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 10, pp. 1–17. DOI:10.1016/j.heliyon.2024.e29125.
6. Crook, J., Horgas, A., Yoon, S.J., Grundmann, O., Johnson-Mallard, V. (2021). Insufficient vitamin C levels among adults in the United States: results from the NHANES surveys, 2003–2006. *Nutrients*, 13 (11), 3910 p. DOI:10.3390/nu13113910.
7. Czech, A., Zarycka, E., Yanovych, D., Zasada, Z., Grzegorzczak, I., Klys, S. (2020). Mineral content of the pulp and peel of various citrus fruit cultivars. *Biological Trace Element Research*, 193, pp. 555–563. DOI:10.1007/s12011-019-01727-1.
8. Dadwal, V., Joshi, R., Gupta, M. (2022). A comparative metabolomic investigation in fruit sections of *Citrus medica* L. and *Citrus maxima* L. detecting potential bioactive metabolites using UH-PLC-QTOF-IMS. *Food Research International*, 157. DOI:10.1016/j.foodres.2022.111486.
9. Guo, H., Zheng, Y.J., Wu, D.T., Du, X., Gao, H., Ayyash, M., Gan, R.Y. (2023). Quality evaluation of citrus varieties based on phytochemical profiles and nutritional properties. *Frontiers in Nutrition*, 10. DOI:10.3389/fnut.2023.1165841.
10. Hamid, S., Sharma, K., Kumar, K., Thakur, A. (2024). Types and Cultivation of Citrus Fruits. In *Citrus Fruits and Juice: Processing and Quality Profiling*; Springer: Singapore, pp. 17–43. DOI:10.1007/978-981-99-8699-6_2.
11. Hussain S.B., Shi C.Y., Guo L.X., Kamran H.M., Sadka A., Liu Y.Z. (2017). Recent advances in the regulation of citric acid metabolism in citrus fruit. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 36, pp. 241–256. DOI:10.1080/07352689.2017.1402850.
12. Ismail, A.Y., Nainggolan, M.F., Aminudin, S., Siahaan, R.Y., Dzulfannazhir, F., Sofyan, H.N. (2024). Characterization of chemical composition of eco-enzyme derived from banana, orange, and pineapple pineapple peels. *Brazilian Journal of Biology*, 84. DOI:10.1590/1519-6984.286961.
13. Jaywant, S.A., Singh, H., Arif, K.M. (2022). Sensors and instruments for brix measurement: A review. *Sensors*, 22 (6), 2290 p.
14. Junior, C.M. S., Silva, S.M.C., Sales, E.M., da Silva Velozo, E., Dos Santos, E.K.P., Canuto, G.A.B., Biegelmeyer, R. (2023). Coumarins from *Rutaceae*: Chemical diversity and biological activities. *Fitoterapia*, 168. DOI:10.1016/j.fitote.2023.105489.
15. Kalita, B., Roy, A., Annamalai, A., Lakshmi, P.T.V. (2021). A molecular perspective on the taxonomy and journey of Citrus domestication. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 53. DOI:10.1016/j.ppees.2021.125644.
16. Khan, U.M., Sameen, A., Aadil, R.M., Shahid, M., Sezen, S., Zarrabi, A., Butnariu, M. (2021). Citrus Genus and Its Waste Utilization: A Review on Health-Promoting Activities and Industrial Application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1. DOI:10.1155/2021/2488804.
17. Khurshid, T., Creek, A., Sanderson, G., Zhao, X. (2024). Tree Performance, Yield, and Fruit Quality of 'Valencia' Sweet Orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) Selections on New Poncirus trifoliata Rootstocks. *Horticulturae*, 10 (4), 393 p. DOI:10.3390/horticulturae10040393.
18. Kujawińska, M., Kawulok, I., Szczyrba, A., Grot, M., Bielaszka, A., Grajek, M. (2022). Vitamin C content in orange juices obtained by different methods. *Journal of Education, Health and Sport*, 12 (6), pp. 253–267. DOI:10.12775/JEHS.2022.12.06.025.
19. Lachapelle M.Y., Drouin G. (2011). Inactivation dates of the human and guinea pig vitamin C genes. *Genetica*, 139 (2), pp. 199–207. DOI:10.1007/s10709-010-9537-x.
20. Lado J., Rodrigo J.M., Zacarias L. (2014). Maturity indicators and citrus fruit quality. *Stewart Postharvest Rev.*, 2, pp. 1–6.
21. Li, Z., Jin, R., Yang, Z., Wang, X., You, G., Guo, J., Pan, S. (2021). Comparative study on physicochemical, nutritional and enzymatic properties of two Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) varieties from different regions. *Journal of Food Composition and Analysis*, 95. DOI:10.1016/j.jfca.2020.103614.
22. Lu, X., Zhao, C., Shi, H., Liao, Y., Xu, F., Du, H., Zheng, J. (2023). Nutrients and bioactives in citrus fruits: Different citrus varieties, fruit parts, and growth stages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63 (14), pp. 2018–2041. DOI:10.1080/10408398.2021.1969891.
23. Maheshwari, S., Kumar, V., Bhadauria, G., Mishra, A. (2022). Immunomodulatory potential of

phytochemicals and other bioactive compounds of fruits: A review. *Food Frontiers*, 3 (2), pp. 221–238. DOI:10.1002/fft2.129.

24. Ogundele, O.O., Bolade, M.K. (2021). Biochemical characteristics and antioxidant properties of citrus juice from lemon (*Citrus limon*), lime (*Citrus aurantifolia*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) as influenced by degree of ripening. *Asian Food Science Journal*, 20 (3), pp. 40–51. DOI: 10.9734/afsj/2021/v20i330277.

25. Paul, V., Singh, A., Pandey, R. (2010). Determination of Titrable acidity (TA). *Post-Harvest Physiology of Fruits and Flowers*, pp. 44–45.

26. Saini, R.K., Ranjit, A., Sharma, K., Prasad, P., Shang, X., Gowda, K.G.M., Keum, Y.S. (2022). Bioactive compounds of citrus fruits: A review of composition and health benefits of carotenoids, flavonoids, limonoids, and terpenes. *Antioxidants*, 11 (2), 239 p. DOI:10.3390/antiox11020239.

27. Satpathy, L., Pradhan, N., Dash, D., Baral, P.P., Parida, S.P. (2021). Quantitative determination of vitamin C concentration of common edible food sources by redox titration using iodine solution. *Letters in Applied NanoBioScience*, 10 (3), pp. 2361–2369. DOI:10.33263/LIA NBS103.23612369.

28. Sayago-Ayerdi, S., García-Martínez, D.L., Ramírez-Castillo, A.C., Ramírez-Concepción, H.R., Viuda-Martos, M. (2021). Tropical fruits and their co-products as bioactive compounds and their health effects: A review. *Foods*, 10 (8), 1952 p. DOI:10.3390/foods10081952.

29. Sharma, Y., Popescu, A., Horwood, C., Hakendorf, P., Thompson, C. (2021). Prevalence of hypovitaminosis C and its relationship with frailty in older hospitalised patients: a cross-sectional study. *Nutrients*, 13 (6), 2117 p. DOI:10.3390/nu13062117.

30. Silva, E., Arruda, H., Pastore, G., Meireles, M. (2020). Xylooligosaccharides chemical stability after high-intensity ultrasound processing of prebiotic orange juice. *Ultrasonics sonochemistry*, 63. DOI:10.1016/j.ultrasonch.2019.104942.

31. Singh, N., Jaiswal, J., Tiwari, P., Sharma, B. (2020). Phytochemicals from citrus limon juice as potential antibacterial agents. *The Open Bioactive Compounds Journal*, 8 (1), pp. 1–6. DOI:10.2174/1874847302008010001.

32. Singh, N., Sharma, R.M., Dubey, A.K., Awasthi, O.P., Porat, R., Saha, S., Carmi, N. (2023). Harvesting maturity assessment of newly developed citrus hybrids (*Citrus maxima* Merr. × *Citrus sinensis* (L.) Osbeck) for optimum juice quality. *Plants*, 12 (23), 3978 p. DOI:10.3390/plants12233978.

33. Tiencheu, B., Nji, D.N., Achidi, A.U., Egbe, A.C., Tenyang, N., Ngongang, E.F.T., Fossi, B.T. (2021). Nutritional, sensory, physico-chemical, phytochemical, microbiological and shelf-life studies of natural fruit juice formulated from orange (*Citrus sinensis*), lemon (*Citrus limon*), Honey and Ginger (*Zingiber officinale*). *Heliyon*, 7 (6), pp. 45–52. DOI:10.1016/j.heliyon.2021.e07177.

34. Xu, Q., Chen, L.L., Ruan, X., Chen, D., Zhu, A., Chen, C. (2013). The draft genome of sweet

orange (*Citrus sinensis*). *Nature genetics*, 45 (1), pp. 59–66. DOI:10.1038/ng.2472.

35. Yanti, S., Lins, H.Y., Chien, W.J. (2023). Evaluation of ascorbic acid and sugar content in taiwanese lemon (*Citrus depressa* H.) extract. *Food and Agro-industry Journal*, 4 (1), pp. 9–20.

36. Zhang, J., Ritenour M.A. (2016). Sugar Composition Anylysis of Commercial Citrus Juice Products. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 129, pp. 178–180. DOI:10.3390/s22062290.

37. Wang, Y.C., Chuang, Y.C., Hsu, H.W. (2008). The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food chemistry*, 106 (1), pp. 277–284. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.05.086.

Comparative analysis of physicochemical parameters of freshly squeezed juices from various citrus fruits

Polishchuk V., Tsekhmistrenko S., Polishchuk S., Bitiutskyi V., Cherniuk S.

The history of citrus fruits goes back thousands of years, the plants originate from Southeast Asia. Most of the modern varieties of the genus *Citrus* are the result of long-term selection and crossing of three main species: *Citrus reticulata*, *Citrus maxima*, and *Citrus medica*. The consumption of citrus fruits has increased significantly in recent decades, due to their high nutritional value and availability. Today, citrus fruits are among the most widely cultivated fruits worldwide, with cultivation occurring on all continents except Antarctica. The total global production of citrus fruits is over 161.8 million tonnes per year.

The study aimed to evaluate the physicochemical properties of freshly squeezed citrus juices by determining such indicators as active and titratable acidity, vitamin C content, dry soluble substances and fruit maturity indices.

A comparative analysis of the pH of freshly squeezed juices of different species of the genus *Citrus* was carried out. The study revealed that acidity is a variable indicator that depends on varietal characteristics, degree of maturity, and external factors. The lowest pH values were recorded for lime and lemon - 2.76 and 2.84, respectively, correlating with their pronounced sour taste. Orange, oroblanco and mandarin are characterized by moderate acidity (3.78–3.66). Grapefruit demonstrates an intermediate level of acidity with a characteristic bitterness, which determines its specific organoleptic properties.

The titration analysis revealed that lime juice had the highest titratable acidity (4.55 %) compared to other citrus species. The data substantiated an inverse relationship between the titrant volume and pH. The lowest pH was observed in lime juice, consistent with its highest titratable acidity. In contrast, orange juice displayed the highest pH and the lowest titrant volume, signifying its lowest titratable acidity among the analyzed samples.

The content of dry soluble substances in the studied fruits ranged from 7.52 to 11.78 %. Orange juice showed the highest concentration of these substances (11.78 %). Correlation analysis revealed a statistically significant relationship between the acidity of the medium and the content of ascorbic acid. The BrimA index showed a high correlation with the content of dry soluble substances and the sugar-acid ratio.

The content of vitamin C in the studied citrus samples ranged from 26.21 to 57.25 mg/100 cm³. The highest ascorbic acid content was observed in oranges, exceeding the mandarins' values by half. Lemons contained 38% more vitamin C than limes. The concentration of vitamin C in grapefruit and oroblanco was almost the same.

Key words: citrus fruits, physicochemical parameters, pH, titratable acidity, soluble solids content, ascorbic acid, fruit ripening indices.



Copyright: Поліщук В.М. 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:

Поліщук В.М.

<https://orcid.org/0000-0002-0602-6100>

Цехмістренко С.І.

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

Поліщук С.А.

<https://orcid.org/0000-0001-6716-848X>

Бітюцький В.С.

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

Чернюк С.В.

<https://orcid.org/0000-0003-0488-3624>

ЕКОЛОГІЯ

УДК 504.064.3

Моделювання динаміки накопичення радіонуклідів у прісноводних видах риб у поставарійний період після аварії на Чорнобильській АЕС**Волкова О.М.** , **Скиба В.В.** , **Розпутній О.І.** ,
Перцьовий І.І. , **Герасименко В.Ю.** , **Бабань В.П.** *Білоцерківський національний аграрний університет*

E-mail: Волкова О.М. volkovaen@gmail.com; Розпутній О.І. bezpeku@ukr.net; Перцьовий І.І. pertsowy@ukr.net; Герасименко В.Ю. vgu160183@gmail.com; Бабань В.П. viktoriya_baban@ukr.net;



Волкова О.М., Скиба В.В., Розпутній О.І., Перцьовий І.І., Герасименко В.Ю., Бабань В.П. Моделювання динаміки накопичення радіонуклідів у прісноводних видах риб у поставарійний період після аварії на Чорнобильській АЕС. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 1. С. 103–114.

Volkova O., Skyba V., Rozputnyi O., Pertskovyi I., Herasymenko V., Baban V. Modeling the Dynamics of Radionuclide Accumulation in Freshwater Fish Species in the Post-Accident Period Following the Chornobyl NPP Disaster. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 1. PP. 103–114.

Рукопис отримано: 01.04.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-103-114

У статті висвітлено результати дослідження динаміки накопичення радіонуклідів у прісноводних видів риб у поставарійний період після аварії на Чорнобильській АЕС. Дослідження базується на використанні математичного моделювання процесів біоаккумуляції радіонуклідів у водних екосистемах, що зазнали значного радіоактивного забруднення. Визначено ключові закономірності надходження, розподілу та перерозподілу штучних радіонуклідів, зокрема ^{137}Cs і ^{90}Sr у трофічних ланцюгах водних біоценозів.

Проаналізовано основні фактори, що впливають на рівень накопичення радіонуклідів у гідробіонтах, серед яких видова специфіка, особливості метаболізму, вікова диференціація риб, умови живлення, а також гідрохімічні та гідрологічні характеристики водойм. Особливу увагу приділено визначенню динамічних змін концентрацій ^{137}Cs та ^{90}Sr у рибній продукції залежно від часу після аварії, з урахуванням процесів радіоактивного розпаду, розбавлення радіонуклідів у водному середовищі та міграційних особливостей риб.

Результати дослідження мають важливе значення для оцінювання довгострокових екологічних ризиків, пов'язаних зі збереженням підвищеного рівня радіоактивного забруднення у водних екосистемах Чорнобильської зони відчуження та прилеглих територій. Запропоновані підходи до математичного моделювання можуть бути використані для прогнозування наслідків радіоактивного забруднення водойм та розроблення стратегії екологічного моніторингу й відновлення забруднених водних ресурсів.

Ключові слова: радіонукліди, прісноводні риби, математичне моделювання, біоаккумуляція, радіоекологія, водні екосистеми, екологічний моніторинг, екологічна безпека.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Аварія на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) у 1986 році спричинила масштабне радіонуклідне забруднення довкілля, що охопило як наземні, так і водні екосистеми. Водойми північних областей України, зокрема басейн річки Прип'ять, Київське та інші Дніпровські водосховища зазнали особливо значного впливу. Радіоактивні речовини, такі як цезій та стронцій, мігрували у водне середовище, інтенсивно включаючись у трофічні ланцюги. Це зумовило необхідність проведення комплексного екологічного аудиту для оцінювання, рівня забруднення та виявлення довгострокових наслідків для іхтіофауни та інших гідробіонтів.

Протягом перших 10–15 років після аварії здійснювалися широкомасштабні дослідження водойм зони відчуження та Дніпровських водосховищ, що включали оцінювання динаміки накопичення радіонуклідів у представників іхтіофауни [4, 8, 14, 15, 16]. Було проведено значний обсяг роботи з аналізу закономірностей біоаккумуляції радіонуклідів, особливостей їх міграції та впливу на водні біоценози [1, 2, 3, 5, 8, 13, 16].

Однак, починаючи з середини 1990-х років, систематичний комплексний радіоекологічний моніторинг Дніпровських водосховищ було значно скорочено або майже припинено. Наявні сучасні дослідження закономірностей формування радіонуклідного забруднення водних організмів здебільшого зосереджені лише на території зони відчуження. Окремі наукові публікації останніх 10–15 років містять дані про рівні накопичення радіонуклідів чорнобильського походження у гідробіонтах Київського та Дніпровського водосховищ. Однак більшість водойм України, зокрема розташованих у зонах обов'язкового та гарантованого добровільного відселення, залишаються недостатньо вивченими, а їх радіоекологічний стан досліджується лише епізодично [6, 9, 10, 15, 19].

З огляду на це однією з ключових екологічних проблем залишається визначення багаторічної динаміки вмісту штучних радіонуклідів у водних організмах. Особливої уваги потребують вищі водні рослини та представники іхтіофауни з різними типами живлення, оскільки вони є біоіндикаторами стану водного середовища. Дослідження цих параметрів дозволить не лише ретроспективно оцінити рівень радіонуклідного забруднення водойм, де моніторинг проводився нерегулярно, а й спрогнозувати подальшу динаміку поширення радіонуклідів у випадку нових аварійних ситуацій.

Мета дослідження. Встановити багаторічні закономірності накопичення штучних радіонуклідів у представників іхтіофауни з різними типами живлення та оцінити сучасний екологічний стан водних екосистем для забезпечення екологічної безпеки.

У цьому контексті важливою науковою задачею є продовження системного радіоекологічного моніторингу водойм, особливо тих, де перші дослідження проводилися лише під час гострої фази аварії. Крім того, необхідно розширити контроль над акваторіями гідро-екосистем, у яких у минулому реєстрували підвищені рівні радіонуклідів у гідробіонтах. Комплексні дослідження дадуть змогу поглибити розуміння закономірностей накопичення радіонуклідів у біоті, покращити оцінювання екологічних наслідків Чорнобильської катастрофи та сприяти розробленню ефективних природоохоронних технологій для забезпечення екологічної безпеки водних екосистем.

Матеріали та методи дослідження. Моніторинг радіоактивного забруднення водних біоресурсів базувався на використанні сучасних методів радіометричного аналізу, включаючи спектрометрію гамма-випромінювання. Для оцінювання змін питомої активності ^{137}Cs у рибах застосовано статистичні моделі та розраховано періоди напівзменшення концентрації радіонукліду у біоті.

Для аналізу вибрано основні трофічні групи риб – мирні (планктофаги та бентофаги) і хижі види. До групи мирних риб включено верховодку (*Alburnus alburnus*), синця (*Ballerus ballerus*), йоржа (*Gymnocephalus cernuus*), карася сріблястого (*Carassius gibelio*), линя (*Tinca tinca*), ляща (*Abramis brama*), плітку (*Rutilus rutilus*) та плоскирку (*Blicca bjoerkna*). У складі хижих риб досліджували окуня річкового (*Perca fluviatilis*), судака (*Sander lucioperca*), щуку (*Esox lucius*), білизну (*Aspius aspius*), сома (*Silurus glanis*) та головня (*Squalius cephalus*).

Для моделювання процесів обміну радіонуклідів між організмом і середовищем у водній радіоекології використовують камерні моделі, що описують організм як систему взаємопов'язаних камер, які знаходяться у динамічній взаємодії з водним середовищем. Однокамерні моделі є базовими і дають змогу описати загальні закономірності надходження та виведення радіонуклідів [3, 8].

Загальноприйнятий підхід до математичного опису радіоекологічних процесів у водному середовищі базується на використанні нелінійних моделей, які враховують трофічні та конкурентні взаємодії між різними видами. Висока точність моделей вимагає збільшення

кількості камер, що ускладнює розрахунки через зростання числа необхідних вхідних параметрів, зокрема швидкостей переходу радіонуклідів між камерами [13, 17].

Для оцінювання швидкості зменшення активності організмів у природних умовах доцільно використовувати величину періоду екологічного напівзменшення, яка враховує як процеси біологічного виведення, так і надходження радіонукліда. У лабораторних експериментах частіше застосовується період біологічного напіввиведення, який описує лише процеси виведення елементу з організму [2, 16, 17].

Результати дослідження та обговорення. З метою оцінювання довготривалих наслідків радіоактивного забруднення водних екосистем та визначення ключових параметрів моделей динаміки накопичення ^{137}Cs в організмах гідробіонтів було проведено комплексне дослідження іхтіофауни Київського водосховища. У межах дослідження охоплено представників різних трофічних рівнів, що дало змогу встановити закономірності трофічного перенесення радіонукліду та оцінити його біоаккумуляційний потенціал.

Моніторинг радіоактивного забруднення водних біоресурсів базувався на використанні сучасних методів радіометричного аналізу, включаючи спектрометрію гамма-випромінювання. Для оцінювання змін питомої активності ^{137}Cs у рибах застосовано статистичні моделі та розраховано періоди напівзменшення концентрації радіонукліду у біоті.

Наукові джерела містять значний масив даних щодо рівнів радіоактивного забруднення іхтіофауни Київського водосховища, що охоплюють період із 1986 по 2014 рр. [3, 5, 8, 17]. Узагальнення цих матеріалів у поєднанні з новими емпіричними даними дало змогу встановити основні тенденції у довготривалій динаміці вмісту ^{137}Cs у популяціях риб Київського водосховища після Чорнобильської катастрофи.

Розрахунки показали, що в період 1986–2021 рр. темпи зниження питомої активності ^{137}Cs у мирних рибах відповідали періоду напівзменшення $6,4 \pm 0,9$ року за коефіцієнту детермінації $R^2 = 0,68$. Однак детальніший аналіз продемонстрував суттєві коливання цього показника за різних часових проміжків. Результати подальших розрахунків наведено на рисунку 1.

Аналізуючи дані рисунку 1, стає очевидним, що у перші п'ять років після аварії (1986–1991 рр.) спостерігалось швидке зниження рівня ^{137}Cs , що відповідало періоду напівзменшення $1,9 \pm 0,6$ року ($R^2 = 0,71$). У наступне десятиліття (1991–2001 рр.) швидкість виведення радіонукліду з іхтіофауни уповільнилася, і період напівзменшення становив $4,6 \pm 0,7$ року ($R^2 = 0,84$). У подальший період (2001–2020 рр.) процеси очищення біоти від радіонукліду ще більше сповільнилися, що призвело до зростання періоду, напівзменшення до 16 ± 3 років ($R^2 = 0,74$).

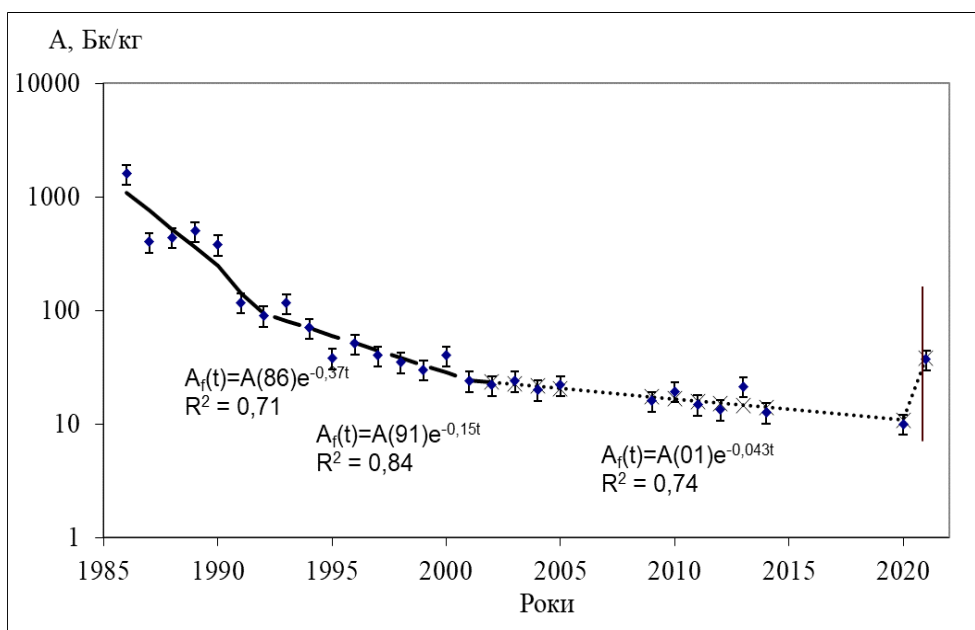


Рис. 1. Динаміка вмісту ^{137}Cs у мирних видах риб Київського водосховища (1986–2014 рр. за даними [Волкова, 1990; 2008, Рябов, 2004]).

Зниження рівня ^{137}Cs у водних біоресурсах є важливим критерієм екологічної безпеки та ефективності природоохоронних заходів, спрямованих на реабілітацію радіаційно забруднених екосистем. Отримані результати мають суттєве значення для оцінювання екологічного ризику, оскільки накопичення радіонуклідів у трофічних ланцюгах може призводити до вторинного забруднення водних організмів та потенційно загрожувати здоров'ю населення через споживання риби.

Визначення періоду екологічного напівзменшення питомої активності ^{137}Cs у рибках Київського водосховища уможливило оцінювання довготривалих перспектив природного самоочищення водою та обґрунтування необхідності подальших природоохоронних заходів. Результати цього дослідження можуть бути використані для екологічного аудиту та розроблення стратегії моніторингу радіоактивного забруднення водних екосистем.

Аналіз динаміки вмісту ^{137}Cs в іхтіофауні Київського водосховища протягом 35 років після Чорнобильської катастрофи продемонстрував поступове уповільнення процесів виведення радіонукліду з біоти. Найбільш інтенсивне зниження рівня радіоактивності відбулося у перші п'ять років після аварії, тоді як у подальші десятиліття темпи природного очищення сповільнилися.

Отримані результати свідчать про суттєві зміни в динаміці радіоактивного забруднення іхтіофауни Київського водосховища, що зумовлено низкою природних та антропогенних чинників та підкреслює необхідність продовження екологічного моніторингу, застосування ефективних природоохоронних технологій для забезпечення екологічної безпеки водних екосистем.

Серед основних факторів, які впливають на цей процес, можна виокремити природний радіоактивний розпад цезію-137, що відбувається відповідно до фізичних законів із періодом напіврозпаду до 30 років, зміни у трофічних взаємозв'язках гідробіонтів, зокрема перерозподіл біомаси різних груп риб, що впливає на інтенсивність біоаккумуляції радіонуклідів, фізико-хімічні процеси у водному середовищі як-от адсорбція та десорбція радіоізотопів на завислих частках, вплив органічних і неорганічних домішок а також вторинне забруднення внаслідок ремобілізації донних відкладень, яке може бути пов'язане з гідрологічними змінами, ерозійними процесами та техногенними факторами.

Аналіз даних 2021 року виявив несподіване зростання питомої активності цезію-137 у представників мирних риб Київського водосховища, що спричинило суттєве уповільнення темпів його виведення. Це явище може бути пояснено локальними змінами екологічного балансу водосховища або підвищеним вмістом радіоактивних частинок у донних осадах, які потрапили до трофічних ланцюгів. Статистичний аналіз показав, що в період 2001–2021 років величина швидкості зменшення питомої активності цезію-137 у мирних рибках статистично не відрізняється від нуля, що унеможливило коректне визначення періоду напівзменшення, оскільки він є обернено пропорційним до швидкості виведення радіонукліду. Додатковим підтвердженням цього явища є схожі тенденції щодо вмісту цезію-137 у вищих водних рослинах Київського водосховища у 2021 році, що може свідчити про посилення механізмів повторного забруднення за рахунок біогеохімічних процесів.

Параметри математичної моделі для хижих видів риб визначалися, починаючи з 1988 року. Дворічна затримка порівняно з моментом аварії на Чорнобильській АЕС пояснюється накопиченням цезію-137 у нижчих ланках трофічного ланцюга та подальшою передачею його хижим видам через харчові зв'язки. Згідно з попередніми дослідженнями, у травні 1986 року питома активність цезію-137 у хижих рибках Київського водосховища мала тенденцію до зростання та досягла максимальних значень лише у 1988 році. У період 1988–2021 років загальна швидкість зменшення питомої активності цезію-137 у хижих рибках відповідала періоду напівзменшення $5,3 \pm 0,3$ року, що супроводжувалося високим коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,94$. Проте, як і у випадку з мирними рибами, динаміка забруднення демонструвала значні міжперіодні коливання (рис.2).

Так, у 1988–1993 роках спостерігалось інтенсивне зменшення питомої активності, що відповідало періоду напівзменшення $3,4 \pm 0,6$ року при $R^2 = 0,89$, у 1993–2002 роках цей період становив $4,3 \pm 1,0$ року при $R^2 = 0,71$, а в 2002–2021 роках – $8,0 \pm 0,6$ року при $R^2 = 0,92$. Ці результати свідчать про зростання тривалості циркуляції радіонуклідів у водних екосистемах, що потребує додаткового моніторингу та екологічного аудиту для прогнозування довготривалих наслідків радіоактивного забруднення іхтіофауни.

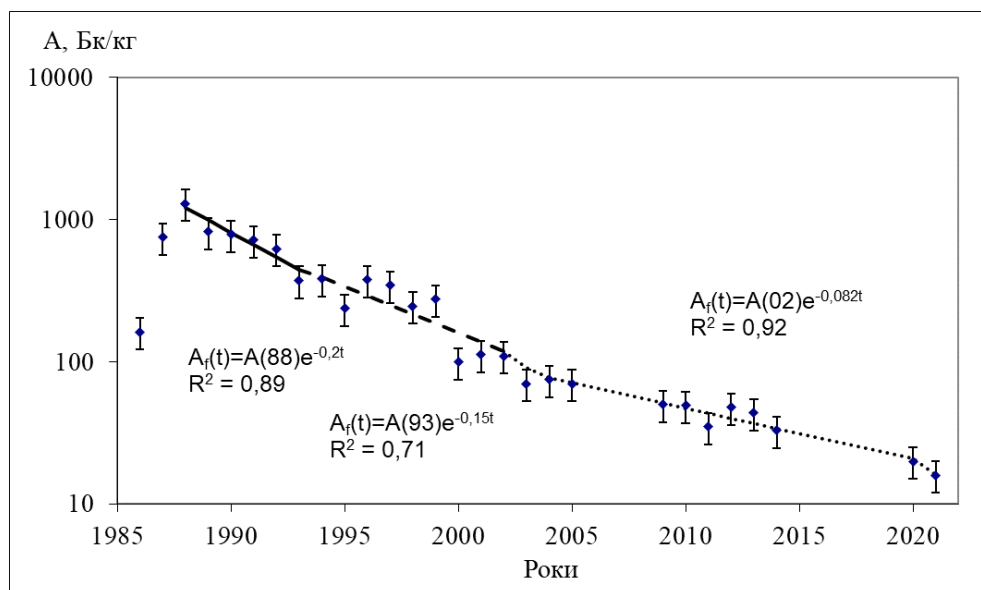


Рис. 2. Динаміка вмісту ^{137}Cs у хижих видів риб Київського водосховища.

Отримані дані підтверджують, що процеси виведення цезію-137 з водних екосистем Київського водосховища є складними та залежать не лише від фізичних характеристик самого радіонукліду, а й від гідробіологічних, трофічних і гідрохімічних змін. З метою забезпечення екологічної безпеки та мінімізації ризиків вторинного забруднення необхідно розширити моніторинг радіоактивного забруднення водних екосистем, зокрема за рахунок залучення сучасних методів спектрометрії та дистанційного аналізу, проводити екологічний аудит стану донних відкладень, які можуть бути джерелом ремобілізації цезію-137 у водну товщу, застосовувати природоохоронні технології для зниження рівня радіоактивного навантаження, наприклад біоремедіацію із залученням водних макрофітів та сорбентних матеріалів, а також розробити програму екологічного управління, що враховуватиме довготривалі радіоекологічні ризики для іхтіофауни та людини. Загалом результати дослідження є важливими для оцінювання впливу радіоактивного забруднення на водні екосистеми та можуть слугувати основою для прийняття природоохоронних рішень щодо управління водними біоресурсами та підтримання екологічної стабільності Київського водосховища.

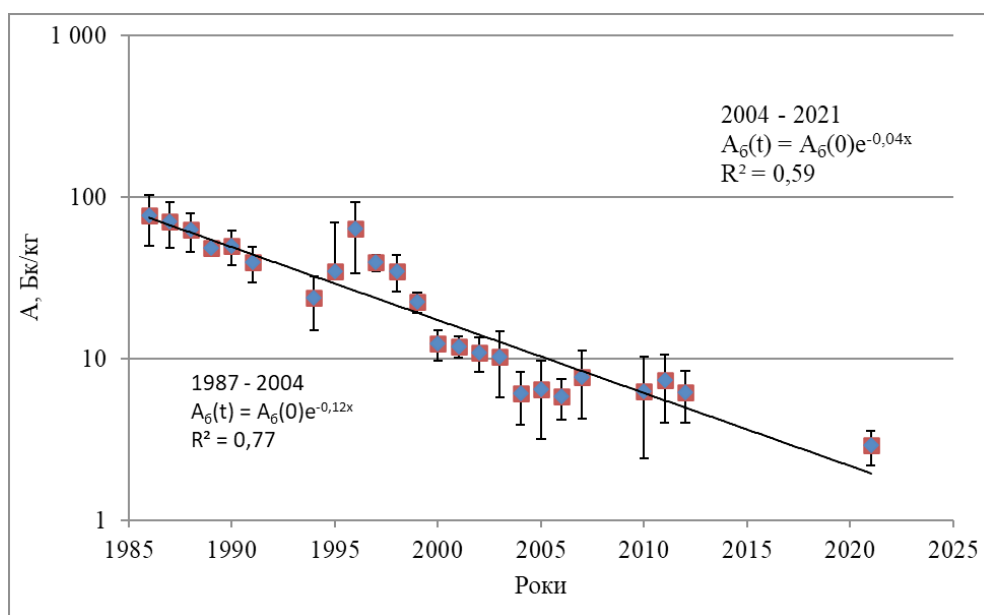
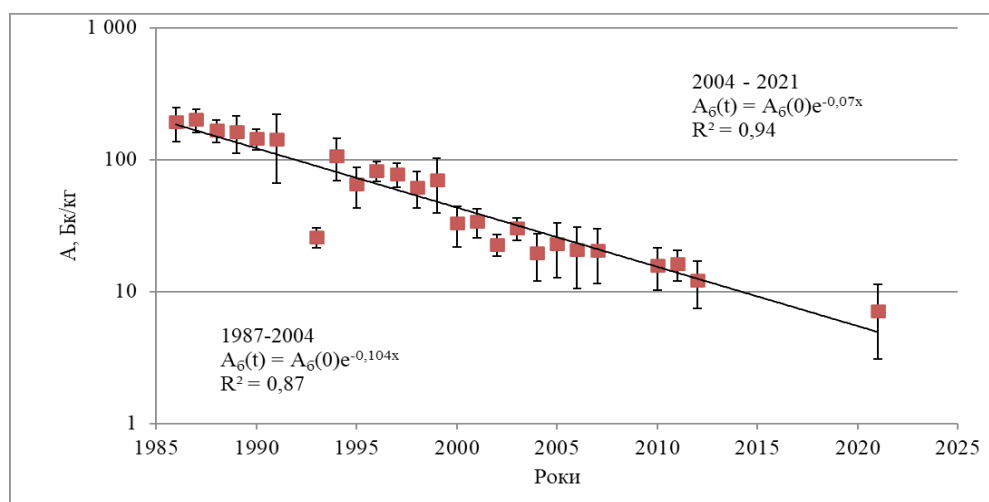
За 35 років після аварії на Чорнобильській АЕС динаміка зменшення питомої активності цезію-137 у мирних і хижих рибах Київського водосховища не виявила статистично

значущих відмінностей. Як для мирних, так і для хижих риб спостерігалися три періоди, що характеризуються різними темпами елімінації радіонукліда з організму [2].

Для дослідження закономірностей накопичення та виведення радіонуклідів у промислових видах іхтіофауни Канівського водосховища було проведено аналіз багаторічних спостережень та даних моніторингу. Використано результати попередніх досліджень щодо динаміки радіоактивного забруднення рибних популяцій [3], а також власні дані, отримані впродовж 2011–2021 років.

За період 1987–2021 років швидкість зменшення питомої активності цезію-137 у мирних і хижих рибах Канівського водосховища залишалася відносно стабільною та відповідала періоду напівзменшення $6,7 \pm 0,5$ року з високим коефіцієнтом детермінації $R^2=0,87$. Аналіз довготривалої динаміки дав змогу виокремити два основні періоди з різними швидкостями зниження рівня радіоактивного забруднення (рис. 3, 4) [6, 17].

У 1987–2004 роках спостерігалось інтенсивне зменшення вмісту цезію-137 у мирних рибах – з 70 ± 22 до $6,1 \pm 2,2$ Бк/кг, а у хижих – з 202 ± 41 до $19,8 \pm 7,6$ Бк/кг. Це свідчить про зниження радіоактивного навантаження приблизно в 10–11 разів. Відповідно, періоди напівзменшення радіонукліда становили $5,7 \pm 0,8$ року ($R^2=0,77$) для мирних риб та $5,6 \pm 0,8$ року ($R^2=0,75$) для хижих.

Рис. 3. Динаміка вмісту ^{137}Cs у «мирних» видів риб Канівського водосховища.Рис. 4. Динаміка вмісту ^{137}Cs у хижих видів риб Канівського водосховища.

Проте у 2004–2021 роках темпи зменшення радіоактивного забруднення істотно сповільнилися: рівні вмісту цезію-137 у мирних рибах знизилися до $2,9 \pm 0,7$ Бк/кг, а у хижих – до $7,3 \pm 4,1$ Бк/кг, що відповідає подальшому зменшенню радіоактивного забруднення лише в 2–3 рази. У цей період розраховані значення напівзменшення значно зросли: 16 ± 6 років ($R^2 = 0,59$) для мирних риб та $10,3 \pm 1,1$ року ($R^2 = 0,94$) для хижих. Ці дані вказують на можливий вплив вторинного радіонуклідного забруднення внаслідок ремобі-

лізації донних відкладень, змін у трофічних ланцюгах та особливостей раціону риб.

Для оцінювання динаміки накопичення та виведення радіонуклідів у рибах Повчанського водосховища також були використані результати попередніх досліджень, що охоплюють період 1995–2014 років [3], а також дані власних досліджень, отримані у 2021 році. Виявлені закономірності вказують на необхідність розширення екологічного моніторингу водойм, зокрема оцінювання потенційного впливу забруднених донних відкладень

та біогеохімічних процесів на повторне надходження радіонуклідів у водну товщу.

Отримані результати мають важливе значення для оцінювання довготривалих наслідків радіоактивного забруднення іхтіофауни. Вони підкреслюють необхідність проведення регулярного екологічного аудиту та впровадження природоохоронних технологій, спрямованих на зменшення впливу радіоактивного навантаження на водні екосистеми. Подальші дослідження повинні враховувати сучасні методи радіоекологічного моніторингу та спектрометрії, що дадуть змогу точніше прогнозувати динаміку міграції радіонуклідів у водоймах та їхній вплив на біорізноманіття.

За результатами проведених розрахунків, швидкість зменшення питомої активності цезію-137 у мирних та хижих рибах Повчанського водосховища за період 1995–2021 років виявилася статистично незначущою, що вказує на відсутність вираженої тенденції до елімінації радіонукліда з їхніх організмів (рис. 5, 6).

Це може свідчити про стабільне надходження радіонуклідів у трофічні ланцюги водойми, ймовірно, внаслідок процесів ремобілізації радіоактивних часток з донних відкладень або перерозподілу цезію-137 між біотичними і абіотичними компонентами екосистеми.

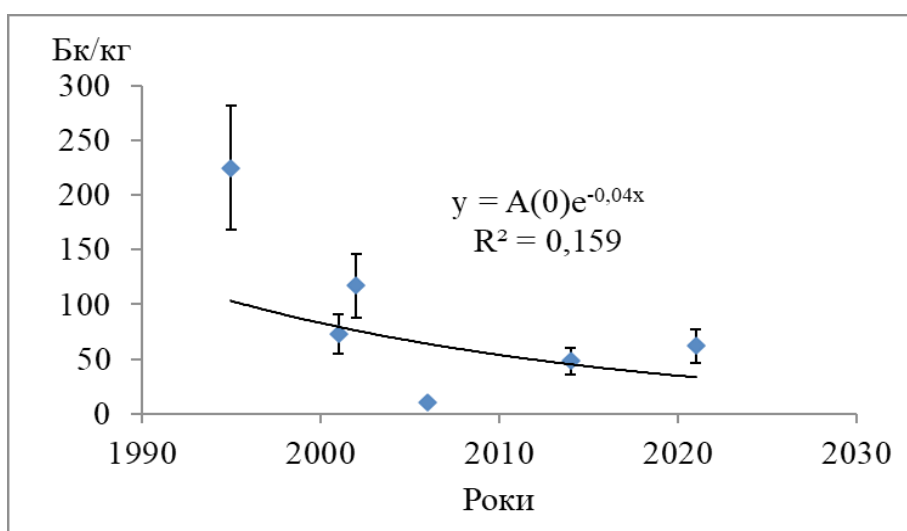


Рис. 5. Динаміка вмісту ^{137}Cs у мирних видах риб Повчанського водосховища.

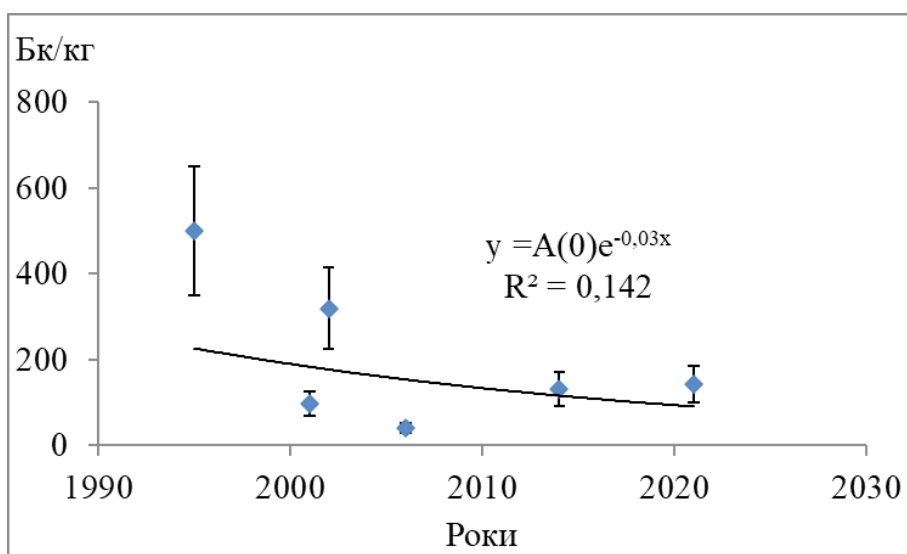


Рис. 6. Динаміка вмісту ^{137}Cs у хижих видах риб Повчанського водосховища.

Водночас, за даними попередніх досліджень [3], у період 1995–2006 років у рибах Повчанського водосховища спостерігалася інтенсивніша динаміка зменшення рівнів радіоактивного забруднення: розрахований період напівзменшення питомої активності цезію-137 становив приблизно три роки як для мирних, так і хижих видів. Це свідчить про наявність у той час активних процесів виведення радіонукліда з біологічних систем, можливо, внаслідок природного розпаду, процесів біологічної депурації та зниження його надходження з водного середовища.

Виявлені розбіжності між різними періодами підкреслюють необхідність подальшого екологічного моніторингу водойми, включно з оцінюванням сучасних механізмів розподілу та міграції радіонуклідів у гідроекосистемах. Це має важливе значення для забезпечення екологічної безпеки та розробленням природоохоронних технологій, спрямованих на мінімізацію вторинного радіоактивного забруднення.

Таким чином встановлено, що у рибах Повчанського водосховища, як і в представників іхтіофауни Київського та Канівського водосховищ, спостерігається тенденція до збільшення періодів напівзменшення питомої активності цезію-137. Це може бути пов'язано зі зниженням ефективності процесів елімінації радіонукліда з біологічних систем, що, своєю чергою, обумовлено змінами в умовах функціонування гідроекосистем, включно з трофічними взаємозв'язками, фізико-хімічними характеристиками води та рівнем вторинного забруднення.

Аналіз багаторічної динаміки накопичення цезію-137 у рибах озера Біле базується на даних літературних джерел за період 1998–2014 років [8, 12] та результатах власних досліджень, проведених у 2021 році.

Протягом 1998–2021 років швидкість зменшення питомої активності цезію-137 у мирних рибах озера Біле відповідала періоду напівзменшення $9,4 \pm 1,5$ року ($R^2=0,93$) (рис. 7), тоді як у хижих рибах цей показник становив $19,0 \pm 4,0$ року ($R^2=0,89$) (рис. 8).

Отримані дані свідчать, що процес біологічного очищення від радіонуклідів в організмах мирних риб відбувався приблизно вдвічі швидше, ніж у хижих. Це може бути пов'язано з особливостями їх живлення та швидкістю обміну речовин: мирні риби споживають переважно рослинну та детритну їжу, тоді як хижі накопичують радіонукліди через ланцюги біомагніфікації.

Виявлені закономірності наголошують на необхідності продовження екологічного моніторингу водних екосистем із використанням сучасних методів екологічного аудиту та природоохоронних технологій, що дасть змогу оцінити довгострокові наслідки радіоактивного забруднення і розробити ефективні заходи для забезпечення екологічної безпеки водних ресурсів.

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що за останні десятиліття, аналогічно до вищих водних рослин, спостерігається уповільнення темпів зменшення питомої активності цезію-137 в організмах представників іхтіофауни досліджуваних водойм.

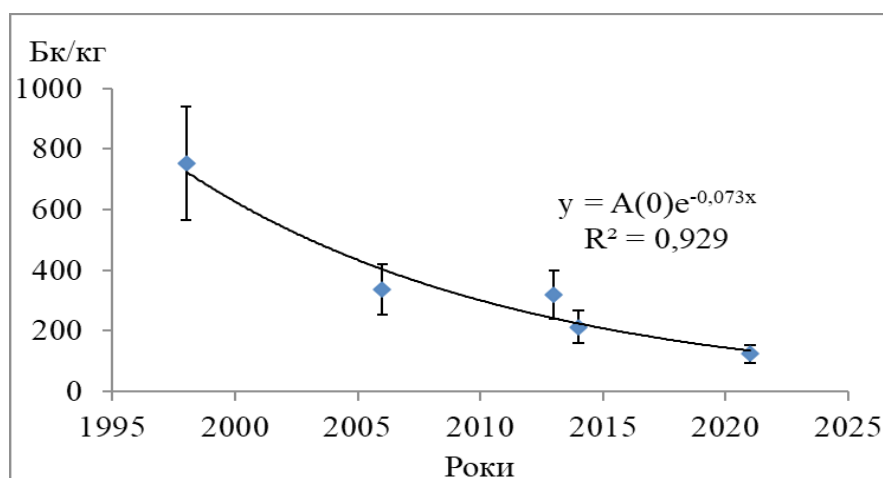


Рис. 7. Динаміка вмісту ^{137}Cs у мирних видах риб оз. Біле.

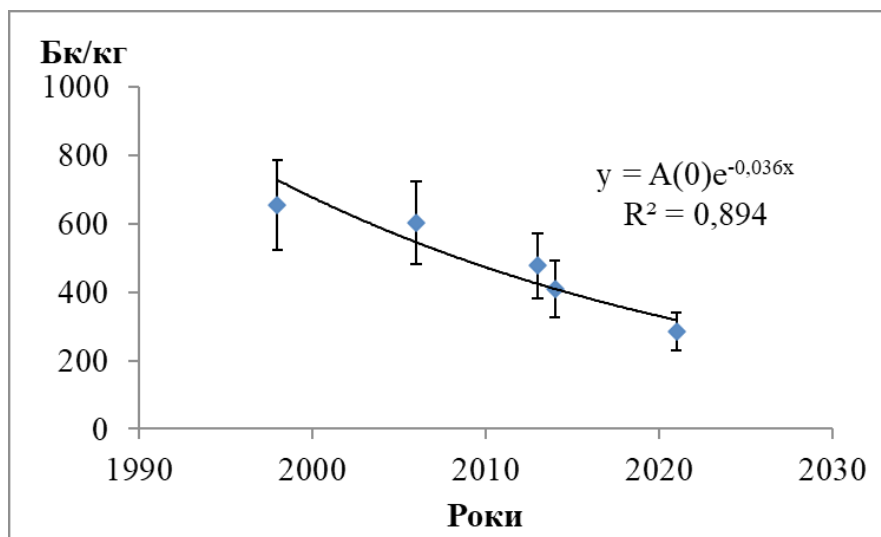


Рис. 8. Динаміка вмісту ^{137}Cs у хижих видів риби оз. Біле.

Зокрема, період напівзменшення питомої активності ^{137}Cs у мирних рибах Київського та Канівського водосховищ становив 16 років, тоді як у хижих рибах цей період коливався від 8 до 10 років. Протягом періоду з 2001 до 2021 року виявлено, що вміст ^{137}Cs у рибах Повчанського водосховища не зазнав суттєвого зменшення, що свідчить про стабільність рівня забруднення у цій екосистемі.

Швидкість зменшення вмісту ^{137}Cs у мирних і хижих рибах озера Білого відповідала періодам напівзменшення, які становили 9,4 та 19 років відповідно, що може свідчити про різні механізми накопичення та виведення радіонуклідів у різних групах риби, що потребує подальшого моніторингу та аналізу в контексті екологічного аудиту водних екосистем (табл. 1).

Таблиця 1 – Параметри моделі динаміки ^{137}Cs у рибах, $T_{1/2}$ – період напівзменшення

Водойма	Групи риби	Період досліджень, роки	Параметри моделі	
			$T_{1/2}$, роки	R^2
Київське водосховище	Мирні	1986–2021	$6,4 \pm 0,9$	0,68
	Мирні	1986–1991	$1,9 \pm 0,6$	0,71
	Мирні	1991–2001	$4,6 \pm 0,7$	0,84
	Мирні	2001–2021	16 ± 3	0,74
	Хижі	1988–2021	$5,3 \pm 0,3$	0,94
	Хижі	1988–1993	$3,4 \pm 0,6$	0,89
	Хижі	1993–2002	$4,3 \pm 1,0$	0,71
Канівське водосховище	Хижі	2002–2021	$8,0 \pm 0,6$	0,92
	Мирні	1987–2021	$6,7 \pm 0,5$	0,87
	Мирні	1987–2004	$5,7 \pm 0,8$	0,77
	Мирні	2001–2021	16 ± 6	0,59
	Хижі	1987–2021	$6,7 \pm 0,5$	0,87
	Хижі	1987–2004	$5,6 \pm 0,8$	0,75
Повчанське водосховище	Хижі	2001–2021	$10,3 \pm 1,1$	0,94
	Мирні	1995–2006	~ 3	-
	Мирні	1995–2021	16 ± 18	0,16
	Хижі	1995–2006	~ 3	-
Озеро Біле	Хижі	1995–2021	20 ± 24	0,14
	Мирні	1998–2021	$9,4 \pm 1,5$	0,93
	Хижі	1998–2021	$19,0 \pm 4,0$	0,89

Ці результати підкреслюють важливість врахування процесів радіоактивного забруднення за оцінювання екологічної безпеки водних об'єктів. Для забезпечення належного контролю за станом навколишнього середовища важливо впроваджувати ефективні природоохоронні технології та використовувати спеціалізоване обладнання для моніторингу рівня радіації у водоймах, що дозволить забезпечити сталий розвиток екосистем і мінімізувати екологічні ризики.

Слід зазначити, що періоди напівзменшення радіонуклідів у мирних рибах Київського та Канівського водосховищ виявилися довшими порівняно з хижими рибами, що може свідчити про відмінності в метаболізмі та механізмах накопичення радіоактивних речовин у різних групах риб. Водночас для озера Білого було зафіксовано зворотну тенденцію, де хижі риби демонстрували довший період напівзменшення, що потребує подальших досліджень з огляду на специфіку екологічних умов цього водного об'єкта.

Висновки. Дослідження підтверджує, що після аварії на Чорнобильській АЕС накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr у прісноводних рибах відбувалося нерівномірно, залежно від біологічних особливостей видів та типу водойми. Установлено, що різні види риб мають різні рівні накопичення радіонуклідів, що зумовлено їхньою екологією, раціоном живлення та положенням у трофічному ланцюгу.

Вміст радіонуклідів у промислових видах риб залежить від радіоекологічного стану водойм, що включає рівень забруднення донних відкладень, біохімічні параметри води та біотичні взаємодії між гідробіонтами. Спостерігається поступове зниження рівня накопичення радіонуклідів у рибах через радіоактивний розпад ^{137}Cs , природні процеси самоочищення водойм та міграцію радіонуклідів у менш доступні для біоаккумуляції фракції донних відкладень. Визначено, що рівень радіоактивного забруднення деяких видів риб може перевищувати допустимі норми харчової безпеки, що потребує контролю та обмеження вилову в окремих водоймах. Результати дослідження вказують на необхідність довготривалого моніторингу радіоактивного забруднення водойм, вдосконалення моделей прогнозування та розробки екологічних заходів для мінімізації впливу радіонуклідів на водні екосистеми.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього: Національна доповідь України. К.: КІМ, 2011. 356 с.
2. Реконструкція поглиненої дози опромінення риб оз. Глибокого впродовж ранньої фази аварії на Чорнобильській АЕС / В.В. Беляєв та ін. Гідробіологічний журнал. 2021. № 57 (2). С. 96–106.
3. Беляєв В.В., Волкова О.М., Пришляк С.П. Моделювання динаміки формування радіоактивності водних рослин. Ядерна енергетика та довкілля. 2015. № 1 (5). С. 44–49.
4. Волкова О.М. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм різного типу: дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.17. К., 2008. 348 с.
5. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм півночі України / О.М. Волкова та ін. Гідробіологічний журнал. 2023. Т. 59 (6). С. 100–119.
6. Димань Т.М., Гриневич Н.Є., Мазур Т.Г. Безпека харчових гідробіонтів. «Альма-матер». Київ: ВЦ «Академія», 2022. 256 с.
7. Питома активність ^{137}Cs у риб України. Сучасний стан / О.Л. Зарубін та ін. Ядерна фізика та енергетика. 2013. Т. 14. № 2. С. 177–182.
8. Динаміка питомої активності ^{90}Sr і ^{137}Cs у представників іхтіофауни водойм Чорнобильської зони відчуження / О.Є. Каглян та ін. Ядерна фізика та енергетика. 2021. Вип. 22 (1). Р. 62–73.
9. Динаміка питомої активності ^{90}Sr і ^{137}Cs у представників іхтіофауни водойм Чорнобильської зони відчуження / О.Є. Каглян та ін. Радіобіологія та радіоекологія. 2021. Т. 22. Вип. 1. С. 62–73.
10. Динаміка виведення ^{137}Cs з організму срібного карася (*Carassius gibelio*) при різній температурі води / Е.В. Кашпарова та ін. Ядерна фізика та енергетика. 2019. № 20. С. 411–419.
11. Пришляк С.П. Радіонуклідне забруднення вищих водяних рослин та роль гелофітів у міграції ^{137}Cs у прісноводних водоймах: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.17. К.: 2019. 23 с.
12. Радіоактивне і хімічне забруднення Дніпра і його водосховищ після аварії на Чорнобильській АЕС / В.Д. Романко та ін. К.: Наукова думка. 1992. 194 с.
13. Скиба В.В. Радіоекологічний моніторинг накопичення ^{90}Sr та ^{137}Cs в організмах риб деяких водойм лісостепу України. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2023. № 2. С. 145–154.
14. Динаміка вмісту ^{137}Cs у риб Київського та Канівського водосховищ / В.В. Скиба та ін. Збалансоване природокористування. 2024. № 3. С. 89–97.
15. Belyayev V.V., Volkova Ye.N. Mechanisms of forming of seasonal variations of ^{90}Sr and ^{137}Cs content in the freshwater fishes. Hydrobiol. J. 2013. Vol. 49. No 5. P. 81–89.
16. Spatial radionuclide deposition data from the 60 km radial area around the Chernobyl Nuclear Power Plant: results from a sampling survey in 1987 / V. Kashparov et al. Earth System Science Data (ESSD). 2020. Vol. 12. P. 1861–1875.

17. Behavior of Radionuclides in the Environment II / A. Konoplev et al. Chernobyl. Springer Singapore. 2020. 443 p.

18. Konoplev A., Laptev G., Igarashi Y., Namba K. Vertical distributions of Chernobyl-derived ^{137}Cs and ^{241}Am in bottom sediments of water bodies in exclusion zone represent long-term dynamics of water contamination. ENVIRA 5th International Conference on Environmental Radioactivity: BOOK OF ABSTRACTS ID 95, Prague Czech Republic, 2019. 73 p.

19. A critical review of pollution active biomonitoring using sentinel fish: challenges and opportunities / S. Bancel et al. Environmental Pollution. 2024.

REFERENCES

1. 25 років Чорнобильської катастрофи [25 years of the Chernobyl disaster]. Bezpeka majbutn'ogo: Nacional'na dopovid' Ukraïny [Security of the future: National report of Ukraine]. Kyiv: KIM, 2011, 356 p. (in Ukrainian).

2. Belyaev, V.V., Volkova, O.M., Gudkov, D.I., Pryshlyak, S.P., Skyba, V.V. (2021). Rekonstrukcija poglynenoi' dozy oprominennja ryb oz. Glybokogo vprodovzh rann'oi' fazy avarii' na Chornobyl's'kij AES [Reconstruction of the absorbed radiation dose of fish in Lake Glyboky during the early phase of the Chernobyl accident]. Gidrobiologichnyj zhurnal [Hydrobiological Journal], no. 57 (2), pp. 96–106. (in Ukrainian).

3. Belyaev, V.V., Volkova, O.M., Pryshlyak, S.P. (2015). Modeljuvannja dynamiky formuvannja radioaktyvnosti vodnyh roslyn [Modeling the dynamics of the formation of radioactivity in aquatic plants]. Jaderna energetyka ta dovykylja [Nuclear Energy and Environment]. no. 1 (5), pp. 44–49. (in Ukrainian).

4. Volkova, O.M. (2008). Tehnogeni radionuklidy u gidrobiontah vodojm riznogo typu: dys. d-ra biol. nauk: 03.00.17. [Technogenic radionuclides in hydrobionts of water bodies of various types: Dissertation of Doctor of Biological Sciences: 03.00.17.]. K., 348 p. (in Ukrainian).

5. Volkova, O.M., Belyaev, V.V., Pryshlyak, S.P., Gudkov, D.I., Kaglyan, O.E., Skyba, V.V. (2023). Tehnogeni radionuklidy u gidrobiontah vodojm pivnochi Ukraïny [Technogenic radionuclides in hydrobionts of water bodies of northern Ukraine]. Gidrobiologichnyj zhurnal [Hydrobiological Journal], Vol. 59 (6), pp. 100–119. (in Ukrainian).

6. Dyman, T.M., Grynevych, N.Ye., Mazur, T.G. (2022). Safety of food hydrobionts. "Alma Mater", Kyiv: Academic Center, Academy, 256 p.

7. Zarubin, O.L., Zarubina, N.E., Gudkov, D.I. (2013). Pytoma aktyvnist' ^{137}Cs u ryb Ukraïny [Specific activity of ^{137}Cs in fish of Ukraine]. Suchasnyj stan [Current status]. Jaderna fizyka ta energetyka [Nuclear Physics and Energy]. Vol. 14, no. 2, pp. 177–182. (in Ukrainian).

8. Kaglyan, O.E., Gudkov, D.I., Kireev, S.I., Klenus, V.G., Belyaev, V.V., Yurchuk, L.P., Drozdov, V.V., Gupalo, O.O. (2021). Dynamika pytomoi' aktyvnosti ^{90}Sr i ^{137}Cs u predstavnykiv ihtiofauny vodojm Chornobyl's'koi' zony vidchuzhennja

[Dynamics of specific activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in representatives of the ichthyofauna of the Chernobyl Exclusion Zone]. Jaderna fizyka ta energetyka [Nuclear Physics and Energy]. Issue 22 (1), pp. 62–73. (in Ukrainian).

9. Kaglyan, O.E. (2021). Dynamika pytomoi' aktyvnosti ^{90}Sr i ^{137}Cs u predstavnykiv ihtiofauny vodojm Chornobyl's'koi' zony vidchuzhennja [Dynamics of specific activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in representatives of the ichthyofauna of the Chernobyl Exclusion Zone]. Radiobiologija ta radioekologija [Radiobiology and Radioecology]. Vol. 22, Issue 1, pp. 62–73. (in Ukrainian).

10. Kashparova, E.V., Teien, G.Kh., Levchuk, S.E. (2019). Dynamika vyvedennja ^{137}Ss z organizmu sribnogo karasja (*Sarassius gibelio*) pry riznij temperaturi vody [Dynamics of ^{137}Cs excretion from the body of silver carp (*Carassius gibelio*) at different water temperatures]. Jaderna fizyka ta energetyka [Nuclear Physics and Energy]. no. 20, pp. 411–419. (in Ukrainian).

11. Pryshlyak, S.P. (2019). Radionuklidne zabrudnennja vyshhyh vodjanyh roslyn ta rol' gelofitiv u migracii' ^{137}Cs u prysnovodnyh vodojmah: avtoref. dys. kand. biol. nauk: spec. 03.00.17. [Radionuclide contamination of higher aquatic plants and the role of helophytes in the migration of ^{137}Cs in freshwater bodies: author's abstract. dissertation. candidate of biological sciences: special. 03.00.17.]. K.: 23 p. (in Ukrainian).

12. Romaneko, V.D., Kuzmenko, M.I., Yevtushenko, N.Yu. 1992. Radioaktyvne i himichne zabrudnennja Dnipra i jogo vodoshovyshh pislja avarii' na Chornobyl's'kij AES [Radioactive and chemical contamination of the Dnieper and its reservoirs after the Chernobyl accident]. K.: Naukova Dumka, 194 p. (in Ukrainian).

13. Skyba, V.V. (2023). Radioekologichnyj monitoring nakopychennja ^{90}Sr ta ^{137}Cs v organizmah ryb dejakyh vodojm lisostepu Ukraïny [Radioecological monitoring of the accumulation of ^{90}Sr and ^{137}Cs in fish organisms of some water bodies of the forest-steppe of Ukraine]. Tehnologija vyrobnyctva i pererobky produkciï tvarynnyctva [Technology of production and processing of livestock products]. no. 2, pp. 145–154. (in Ukrainian).

14. Skyba, V.V., Volkova, O.M., Belyaev, V.V., Pryshlyak, S.P., Prysyazhnyuk, N.M., Nagornyyuk O.M. (2024). Dynamika vmistu ^{137}Cs u ryb Kyi'vs'kogo ta Kaniv's'kogo vodoshovyshh [Dynamics of the content of ^{137}Cs in fish of the Kyiv and Kaniv reservoirs]. Zbalansovane pryrodokorystuvannja [Balanced nature management]. no. 3, pp. 89–97.

15. Belyaev, V.V., Volkova, Ye.N. (2013). Mechanisms of forming of seasonal variations of ^{90}Sr and ^{137}Cs content in the freshwater fishes. Hydrobiol. J., Vol. 49, no. 5, pp. 81–89.

16. Kashparov, V., Levchuk, S., Zhurba, M., Protasak, V., Beresford, N. A., Chaplow, J. S. (2020). Spatial radionuclide deposition data from the 60 km radial area around the Chernobyl Nuclear Power Plant: results from a sampling survey in 1987. Earth System Science Data (ESSD). Vol. 12, pp. 1861–1875.

17. Konoplev, A. (2020). Behavior of Radionuclides in the Environment II. Chernobyl. Springer Singapore, 443 p.

18. Konoplev, A., Laptev, G., Igarashi, Y., Namba, K. (2019). Vertical distributions of Chernobyl-derived ^{137}Cs and ^{241}Am in bottom sediments of water bodies in exclusion zone represent long-term dynamics of water contamination. ENVIRA 5th International Conference on Environmental Radioactivity: BOOK OF ABSTRACTS ID 95, Prague Czech Republic, 73 p.

19. Bancel, S., Cachot, J., Bon, C., Rochard, É., Geffard, O. (2024). A critical review of pollution active biomonitoring using sentinel fish: challenges and opportunities. Environmental Pollution.

Modeling the Dynamics of Radionuclide Accumulation in Freshwater Fish Species in the Post-Accident Period Following the Chornobyl NPP Disaster

Volkova O., Skyba V., Rozputnyi O., Pertskovyi I., Herasymenko V., Baban V.

This article presents the results of a study on the dynamics of radionuclide accumulation in freshwater fish species in the post-accident period following the Chornobyl Nuclear Power Plant (NPP) disaster. The research is based on the application of mathematical modeling to simulate bioaccumulation processes in aquatic ecosystems that have undergone significant

radioactive contamination. Key patterns of radionuclide influx, distribution, and redistribution, particularly of artificial radionuclides such as ^{137}Cs and ^{90}Sr , within the trophic chains of aquatic biocenoses have been identified.

The study analyzes the main factors influencing the level of radionuclide accumulation in hydrobionts, including species-specific characteristics, metabolic features, age differentiation of fish, feeding conditions, and the hydrochemical and hydrological properties of water bodies. Special attention is given to the dynamic changes in ^{137}Cs and ^{90}Sr concentrations in fish biomass over time, taking into account radioactive decay, dilution of radionuclides in the aquatic environment, and the migratory behavior of fish.

The findings of this study are crucial for assessing long-term ecological risks associated with persistent radioactive contamination in the aquatic ecosystems of the Chornobyl Exclusion Zone and adjacent areas. The proposed mathematical modeling approaches can be applied to predict the consequences of radioactive contamination in water bodies and to develop strategies for ecological monitoring and the restoration of polluted aquatic resources.

Key words: radionuclides, freshwater fish, mathematical modeling, bioaccumulation, radioecology, aquatic ecosystems, ecological monitoring, environmental safety.



Copyright: Волкова О.М. 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:

Волкова О.М.

<https://orcid.org/0000-0002-5868-4842>

Скиба В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-3605-1147>

Розпутний О.І.

<https://orcid.org/0000-0003-2005-990X>

Перцовий І.І.

<https://orcid.org/0000-0001-5042-3771>

Герасименко В.Ю.

<https://orcid.org/0000-0002-5678-9624>

Бабань В.П.

<https://orcid.org/0000-0003-3590-8214>

БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

УДК 631.862

**Комплексна біотехнологія очищення стоків
тваринницької ферми**Сенчук М.М. *Білоцерківський національний аграрний університет*

Сенчук М.М. E-mail: m.m.senchuk@gmail.com



Сенчук М.М. Комплексна біотехнологія очищення стоків тваринницької ферми. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 1. С. 115–128.

Senchuk M.M. Comprehensive biotechnology of livestock farm wastewater purification. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 1. PP. 115–128.

Рукопис отримано: 03.03.2025 р.

Прийнято: 17.03.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-194-1-115-128

Екологічна ситуація, що склалась в країні, вітчизняний та закордонний досвід біологізації сільського господарства вказують на необхідність розроблення і впровадження постіндустріальних біоконверсних технологій та їх комплексного використання. Нині проблема очищення концентрованих стічних вод, до яких належать також стоки тваринницьких комплексів, набуває дедалі більшої ваги під час вирішення екологічних питань.

Застосування тваринницьких стоків на полях зрошення та компостування не дають можливості використати весь комплекс наявних у них органічних речовин. З іншого боку, використовувані нині способи оброблення та знезараження цих стоків не забезпечують необхідного ступеня очищення. Недостатньо очищені стічні води (ступінь очищення за аеробного оброблення становить 55–60 % за показником біохімічного споживання кисню), аварійні скидання зі гноєсховищ, зливні скидання з територій комплексу, завищені норми зрошення – все це спричинює забруднення ґрунту і водойм, тому необхідне удосконалення технологій очищення. Найбільш перспективною з екологічного погляду є комплексна технологія очищення концентрованих стоків тваринницьких ферм і комплексів з використанням анаеробної (метанової) ферментації на попередній стадії оброблення з подальшим аеробним очищенням, а також використання біофільтра та гідропонної установки.

Дослідження проводили на гнойових стоках молочно-товарної ферми великої рогатої худоби. Для їх очищення використовували устаткування, яке складається з анаеробно-аеробного ферментатора, біофільтра, блоку ємностей, систем теплозабезпечення та аерації. Біологічному очищенню на макетному зразку технологічної лінії піддавали рідку фракцію гнойових стоків після відстоювання у блоку ємностей. Метанова ферментація стоку проводилась у метантенку. Експозиція зброджування становила 5 діб за температурного режиму 40...45 °С. Зброжений стік надходив в аераційну ємність, де піддавався аерації стисненим повітрям протягом 2,5 доби. Попередньо очищений стік піддавався доочищенню на біофільтрі, після – на гідропонному обладнанні. Як гідропонний зелений корм використовували ячмінь. Його вирощували 7 діб з нормою висіву 5 кг/м².

У результаті очищення стоків тваринницької ферми за допомогою біологічного очищення з використанням анаеробної і аеробної аерації і біофільтра, а також гідропонного обладнання значення водневого показника (рН) зменшилося з 8,61 до 7,6, ХСК зменшилося – 3282 мг/л до 746 мг/л, БСК₅ – з 2177 мг/л до 96 мг/л, вміст азоту зменшився з 955 мг/л до 152 мг/л, вміст фосфору – з 180 мг/л до 7 мг/л. У результаті використання біофільтра вміст завислих речовин зменшився з 1520 мг/л до 70 мг/л.

Очищені стоки тваринницької ферми після вирощування гідропонного зеленого корму можна використовувати для технічних цілей, і не можна використовувати для прямого зливу у водойми.

Встановлено, що отриманий корм відповідає за хімічним складом ГЗК, який вирощувався на штучно приготовленому базовому розчині, а оптимальна тривалість вирощування – 7 діб за оптимальної норми висіву 5 кг/м².

Отримані результати досліджень дають підстави зробити висновок про доцільність використання комбінованих технологій, які включають процеси мікробіологічної нестерильної ферментації та фітоочищення. Одержана при цьому біомаса може використовуватись як гідропонний зелений корм.

Ключові слова: утилізація відходів, мікробіологічна ферментація, фітоочищення, гідропонний зелений корм, тваринницькі стоки.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Після ерозії ґрунтів органічні відходи є другою великомасштабною екологічною проблемою тваринницьких ферм і територій з великою щільністю населення [1,2].

Стічні води тваринницьких комплексів поділяються на гнойові (рідкий гній), виробничі, дощові та побутові. Найбільшу екологічну небезпеку становить рідкий гній тваринницької ферми. Серед домішок рідкого гною можуть бути яйця гельмінтів і патогенна мікрофлора в споривій формі. При цьому швидкість осідання часток основного класу (до 2 мм) із стоку гною становить майже 0,003 м/с, вологість гною – 77–98 % (нижня межа вологості отримана за вологості корму 85 %), зольність – 16–24 % та рН 5,2–8,3. В умовах виробництва вологість гною збільшується і залежить від технології його отримання та видалення і досягає 92–99 %, водночас частина сухої речовини в кількості 0,5–3,0 % знаходиться в розчинному стані. Зольність такого стоку становить 13–21 %, а рН – в межах нейтральної реакції середовища (6,5–6,8) [3].

Реологічні показники рідкого гною, які характеризують його структурно-механічні властивості, визначаються в'язкістю (або граничною напругою зсуву) та плинністю. У разі зміни вологості від 98 до 92 % в'язкість змінюється від 0,01 Па·с до 0,11 Па·с, а в діапазоні вологості 84–86 % значення в'язкості різко зростають, що свідчить про втрату плинності суміші [4,5].

У рідкому гною збудники патогенної мікрофлори за теплої пори року зберігають свої властивості протягом 92 днів, бруцельозу – 108 та вірусу ящуру – 42 дні. Осінньо-зимового періоду тривалість виживання хвороботворних бактерій різко зростає і становить 5–6 місяців, а збудника туберкульозу – понад

рік. Тому в екологічному сенсі найбільш доцільно зберігати рідкий гній у накопичувачах анаеробного типу, в яких створюються умови для його знезараження, знешкодження, покращення реологічних властивостей, збереження біогенних елементів та отримання біогазу [3, 6, 7, 8, 9].

До складу гною входять усі необхідні для розвитку рослин хімічні елементи. Це органічне добриво містить 0,35–0,66 % загального азоту, 0,15–0,76 % фосфору, 0,14–0,21 % калію. Азот у гною на 50–70 % представлений аміаком і карбонатом амонію, а також нітратною формою, на яку припадає від 3 до 8 %. Ці форми добре засвоюються рослинами. Крім того, безпідстилковий гній містить (у перерахунку на 10 % вмісту сухої речовини) мікроелементи: бор 3,6 мг/кг, марганець 27,3 мг/кг, молібден 0,2 мг/кг, мідь – 6,9 мг/кг, цинк – 36,8 мг/кг [10,11].

Як споруди для механічного очищення стоків застосовують різні модифікації проціджувачів та первинних відстійників. До проціджувачів, призначених для затримання крупних фракцій гною, належать вібросита, дугові сита, фільтр-сита, статичні сита, віброгрохоти, роторні фільтраційні барабани, віброфільтри, сітчасті барабанні фільтри. Проціджувальні пристрої мають низьку продуктивність і ефективність роботи, що визначається діаметром отворів сит. За збільшення діаметра отворів сит можливе отримання гною нижчої вологості при зниженні ефективності розділення на фракції. Тому після проціджувачів застосовують різні типи відстійників та освітлювачів. Найбільша ефективність роботи споруд досягається за тривалості відстоювання 2 годин і становить 75 % за завислими речовинами та 50 % за показником біохімічного споживання кисню (БСК) [12].

Глибше очищення гнойових стоків забезпечує багатоступінчасте біологічне очищення в аеротенках [13]. Застосовуються різні їх конструкції: аеротенки-відстійники з нормою мулу 6–8 г/л, коридорні аеротенки з децентралізованою подачею, аеротенки продовженої аерації (режим продовженої аерації рекомендовано за хімічного споживання кисню ХСК не більше 4,5 г/л, тоді тривалість аерації становить 4 доби (за норми мулу 10–12 г/л), аеротенки-змішувачі, високонавантажувані аеротенки. За необхідності глибшого очищення освітленого стоку рекомендується застосування двоступінчатого очищення в аеротенках. У цьому випадку зниження концентрації БСК і ХСК становить у середньому 85–98 %, а амонійного азоту – 60 %. Однак ефективність очищення другого ступеня в 2–3 рази нижче за ефективність першого, що пояснюється наявністю спектра органічних сполук, які важко окиснюються. Ефект зниження органічних забруднень зростає у разі попереднього очищення. У цьому випадку максимальне зниження БСК становить 90 % (за вихідного БСК 536 г/л), водночас мулова рідина легше обробляється на другому ступені [14].

Процеси анаеробного очищення відбуваються в герметичних метантенках чи біореакторах, зроблених з бетону, металу або високоміцного пластика. Важливо, що для життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів не потрібен кисень. Процеси очищення відбуваються без викиду енергії, тому підвищення температури в ємності відсутнє. Під час розкладання органіки чисельність колоній бактерій практично не змінюється. Оскільки конструкція не потребує складної системи контролю умов середовища, анаеробне очищення вважають дешевшим методом [15].

У процесі метанового бродіння висококонцентрованих стічних вод відбувається зниження концентрації забруднень за БСК на 80–90 %, а в деяких випадках, наприклад у разі збродження стічних вод м'ясного виробництва, кількість органічних речовин знижується більш ніж на 95 %. Це дає підстави розглядати процес метанового бродіння не лише як попередню стадію очищення, а і як основну, оскільки після цього залишається лише незначна частина забруднень, остаточне видалення яких можна здійснити аеробним окисненням.

На основі проведених досліджень процесів очищення гнойових стоків можна висунути гіпотезу: для вирощування гідропонного зеленого корму (ГЗК) замість мінеральних се-

редовищ доцільно використовувати збродження в анаеробному-аеробному процесі гнойові стоки з метою їх доочищення.

Використання гідропонного зеленого корму має такі переваги: з 50 м² промислової площі можна одержати стільки ж корму за рік, скільки з 6 га, засіяних люцерною; 1 м² вегетаційної поверхні може дати щоденно 20–25 кг зеленої маси; з 1 т насіння можна отримати 5–6 т зеленої маси; фуражна маса за 7–8 діб збільшується у п'ять-шість разів, а поживна цінність – більш ніж удвічі-втричі; модульний принцип побудови комплексу дає змогу використовувати його як приватним споживачам, фермерам, так і на тваринницьких комплексах з продуктивністю від 150 кг і до 10 т на добу [16, 17].

Метою дослідження було розроблення технологічного процесу комплексної біотехнології утилізації рідких відходів тваринницьких ферм.

Матеріал і методи дослідження. Для характеристики ступеня забрудненості виробничих стічних вод органічними речовинами однієї величини БСК недостатньо, тому що не всі домішки виробничих стоків можуть окиснюватися біохімічним шляхом. Тоді вдаються до визначення хімічного споживання кисню (ХСК). Під ХСК розуміють кількість кисню, необхідного для окиснення органічних речовин до діоксиду вуглецю, води й аміаку.

Важливою характеристикою виробничих стічних вод є співвідношення БСК до ХСК, яке показує частку загального вмісту органічних домішок, що може бути окиснена біохімічним шляхом. Вважають, що біологічне очищення доцільне за співвідношення БСК/ХСК > 0,5. Вміст азоту і фосфору має перебувати в пропорції БСК:N:P=100:50:1, для стоків тваринницьких комплексів нижня межа значень – 100:37:0,9; верхня межа – 100:58,6:0,45 [18, 19].

Для дослідних гнойових стоків ферми великої рогатої худоби (табл. 1) співвідношення БСК/ХСК становило 0,66 (> 0,5), а БСК:N:P – 100:43,9:0,82.

Підігрівання гнойової маси в метантенку забезпечувала система підігріву. Температуру анаеробного процесу регулювали температурою теплоносія у водяній оболонці ферментатора. Тривалість анаеробного бродіння стоків регулювали добовим завантаженням гнойової маси.

Під час завантаження в метантенку певного об'єму гнойових стоків аналогічний об'єм вже зброжених стоків із верхньої частини метантенка надходив до аераційного

відсіку. Тоді такий самий об'єм вже проаерованих стоків надходив до біофільтру для біофільтрації.

Аерація зброжених стоків відбувалася за рахунок повітря, яке надходило з компресорної установки. Регулюючи подачу повітря, забезпечували необхідну продуктивність системи аерації.

Стоки (поживний субстрат) від біофільтра за допомогою ручного насоса подавали в ємність для очищених стоків.

Наразі поживний субстрат використовували для досліджень з доочищення стоків шляхом вирощування гідропонного зеленого корму за допомогою гідропонного обладнання.

Технологія вирощування ГЗК складається з двох основних процесів: пророщування зерна в умовах підвищеної вологості (2...3 доби) і вирощування зеленої маси за штуч-

ного освітлення (6...7 діб). Для вирощування зеленого корму використовували зерно зі схожістю не менш як 80...92 %, яке очищене від різних домішок і не має ознак грибкових захворювань та механічних пошкоджень.

Обладнання для вирощування ГЗК повинно забезпечувати дотримання заданих агротехнічних параметрів, циклічність виконання технологічних операцій і взаємодію всіх пристроїв між собою, відпрацьовувати технологію утилізації тваринницьких стоків, змінюючи параметри технологічних процесів.

До вирішальних агротехнічних факторів процесу відносять: норму висіву зерна; спосіб висіву зерна; тривалість світлового дня; освітленість на вегетаційних поверхнях; тривалість вирощування ГЗК.

Основні технологічні параметри процесу вирощування ГЗК наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні технологічні параметри процесу вирощування ГЗК

Назва показника	Значення показника
Місце проведення досліджень	УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого
Основна злакова культура	Ячмінь
Спосіб оброблення насіння	Опромінювання бактерицидними лампами, або змочування в 0,01 % розчині марганцевокислого калію
Тривалість змочування, діб	1
Рідина для змочування насіння	вода
Температура рідини для змочування насіння, °C	18...20
Температура повітря при пророщуванні насіння, °C	20...22
Освітленість при пророщуванні насіння, лк	затемнення
Норма висіву сухого зерна на 1 м ² , кг	5...6
Характеристика очищених стоків для використання як поживного розчину:	
водневий показник, рН	5,5...7,5
ХСК, мг/л	1000...2000
БСК, мг/л	200...500
вміст завислих речовин, мг/л	до 8000
вміст біогенних елементів, мг/л:	
азоту загального	270...470
азоту аміачного	до 500
фосфору	50...70
калію	100...200
Тваринницькі стоки	Після біоочищення
Витрати поживного розчину, л/м ³ · добу	6...10
Температура повітря в гідропонікумі, °C	20...25
Відносна вологість повітря в гідропонікумі, %	65...85
Освітленість при вирощуванні рослин, лк	800...1000
Тривалість світлового дня, год	16...20
Тривалість вирощування зелених проростків, діб	7...8
Спосіб зрошення	полив або підтоплення щодобово
Розміщення вегетаційних поверхонь	багатоярусне

Дослідження проводили на гнойових стоках молочно-товарної ферми великої рогатої худоби. Біологічному очищенню на макетному зразку технологічної лінії піддавали рідку фракцію гнойових стоків після відстоювання у блоку ємностей. Метанову ферментацію стоку проводили в метантенку. Експозиція зброжування становила 5 діб за температурного режиму 40...45 °С. Зброжений стік надходив в аераційну ємність, де піддавався аерації стисненим повітрям протягом 2,5 доби.

Попередньо очищений стік піддавався доочищенню на біофільтрі, після – на гідропонному обладнанні. Використана культура – ячмінь, норма посіву 5 кг/м².

Якість гнойових стоків та гідропонного зеленого корму визначали за результатами біохімічних аналізів. Показники та методи їх визначення наведено в таблиці 2.

Під час проведення експериментальних досліджень точність отриманих результатів перевіряли за допомогою загальних методів статистичної оцінки, де 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,

$$\Delta z = y_z - \bar{Y}.$$

Δ_{lim} – гранична помилка:

$$\Delta_{lim} = \pm 3\sigma$$

Таблиця 2 – Показники якості гнойових стоків, гідропонного зеленого корму та методи їх визначення

Показники	Метод визначення
1. Гнойові стоки:	Методики виконання вимірювань показників у стічних водах [20]
Водневий показник, рН	Методика виконання вимірювань ЛЖК, лужності і азоту амонійних солей в мулових рідинах зброжених осадів – РНД 17-05-2002 [20, додаток 17]
ХСК, мг/л	Методика виконання вимірювань хімічної потреби в кисні (ХПК) – РНД 16-05-2002 [20, додаток 16]
БСК ₅ , мг/л	Методика виконання вимірювань біологічної потреби в кисні (БПК) – РНД 05-05-2002 [20, додаток 5]
Вміст, мг/л азоту	Методика виконання вимірювань загального азоту – РНД 23-05-2002 [20, додаток 23]
фосфору	Методика виконання вимірювань загального фосфору – РНД 26-05-2002 [20, додаток 26]
Вміст завислих речовин, мг/л	Методика виконання вимірювань масової концентрації завислих речовин – РНД 03-05-2002 [20, додаток 3]
Колі-титр	Методика виконання вимірювань санітарно-мікробіологічних показників – РНД 27-05-2002 [20, додаток 27]
2. Гідропонний зелений корм	Чинні стандарти
Сира зола, г/кг	ДСТУ ISO 5984:2004 Корми для тварин. Визначення вмісту сирової золи (ISO 5984:2002, IDT)
Сирий протеїн, г/кг	ДСТУ 7169:2010 Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення вмісту азоту і сирового протеїну
Сирий жир, г/кг	ДСТУ ISO 6492:2003 Корми для тварин. Визначення вмісту жиру
Сира клітковина, г/кг	ДСТУ 8844:2019 Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення сирової клітковини
Кальцій, г/кг	ДСТУ ISO 6490-1:2004 Корми для тварин. Визначення вмісту кальцію. Частина 1. Титриметричний метод
Фосфор, г/кг	ДСТУ ISO 6491:2004 Корми для тварин. Визначення вмісту фосфору. Спектриметричний метод (ISO 6491:1998, IDT)

Для дослідження залежності виходу зеленої маси ГЗК від тривалості вирощування і температури з площі 0,01 м² відбирали проби 5 разів з періодичністю через 4, 5, 6, 7, 7, 5, 8 діб за температури вирощування 20 °С і 25 °С, відповідно. За середніми значеннями будували графік виходу зеленої маси, залежно від тривалості вирощування і температури.

Для визначення впливу норми висіву на врожайність ГЗК, залежно від температури вирощування, з площі 0,01 м² відбирали проби 5 разів по діагоналі гідропонного піддона через 7 діб вирощування за норми посіву насіння 4, 4,5, 5, 5,5, 6 кг зерна ячменю на 1 м² за температури вирощування 20 °С і 25 °С відповідно.

За середнім значенням, привівши до 1 м² (отриманий результат ділимо на 0,01), будували графік впливу норми висіву на врожайність ГЗК, залежно від температури.

Результати дослідження. На основі аналізу існуючих і перспективних технологій очищення тваринницьких стоків і результатів досліджень біотехнологічних процесів перероблення продукції тваринництва розроблено комплексну біотехнологію утилізації рідких відходів тваринницьких ферм (рис.1).

Устаткування очищення стоків складається з анаеробно-аеробного ферментатора, біофільтра, блоку ємностей та систем теплозабезпечення і аерації (рис 2).

Анаеробно-аеробний ферментатор є циліндричною ємністю, розділеною на дві основні частини – метантенк (2) і аераційний відсік (1). Навколо нижньої частини метантенку виконано водяну оболонку для забезпечення нагрівання. Оболонка має два патрубки для подачі і відведення теплоносія – гарячої води. В нижній конусній частині метантенку розташовані патрубки з кранами для подачі гнійових стоків, видалення зброженого осаду та відбору проб гнійових стоків для хімічного та мікробіологічного аналізів. У верхній частині метантенк звужується, утворюючи з циліндричною оболонкою ферментатора аераційну ємність, і має два патрубки для відведення утвореного біогазу і переливання зброженої маси в аераційну ємність, яка має три відсіки, з'єднані між собою. Конструкція аераційної ємності забезпечує послідовне надходження зброженого стоку із метантенку спочатку в перший відсік, а потім в інші, звідки проаеровані стоки подаються на біофільтр. У першому і другому відсіках відбувається інтенсивна аерація за допомогою повітря, яке надходить від компресорної установки через патрубок з краном і труби з отворами, прокладеної по дну цих відсіків. На зовнішній боковій поверхні третього аераційного відсіку знаходяться два патрубки: зверху – для переливання попередньо очищених стоків в біофільтр і знизу (з краном) – для видалення надлишкового активного мулу.

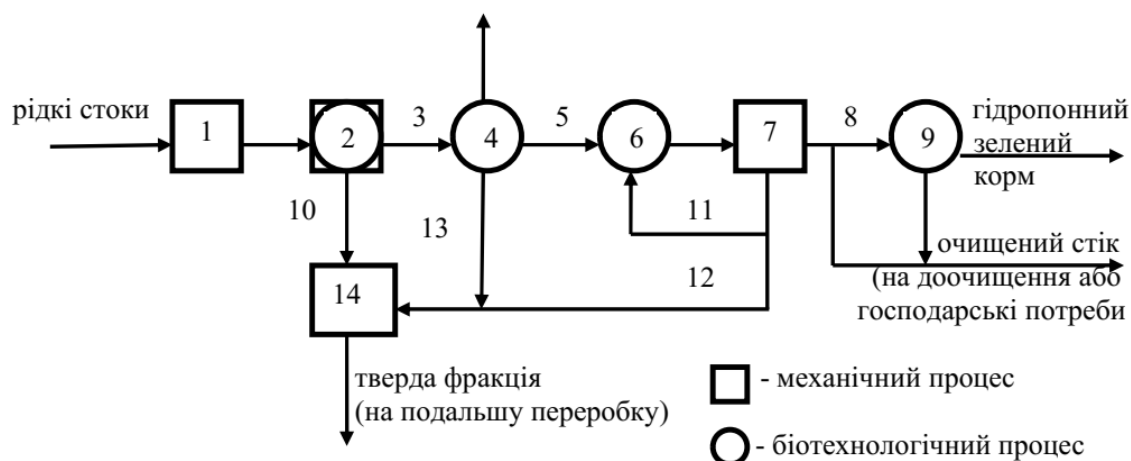


Рис. 1. Схема комплексної біотехнології утилізації рідких відходів тваринницьких ферм.

1 – відокремлення механічних домішок; 2 – витримування стоку; 3 – рідка фракція; 4 – метанова ферментація стоку; 5 – зброжений стік; 6 – аерація стоку; 7 – відстоювання стоку; 8 – очищений стік; 9 – утилізація стоку на гідропонному обладнанні; 10 – осад з відстійника; 11 – активний мул; 12 – надлишковий активний мул; 13 – зброжений осад з метантенка; 14 – зневоднення осаду.

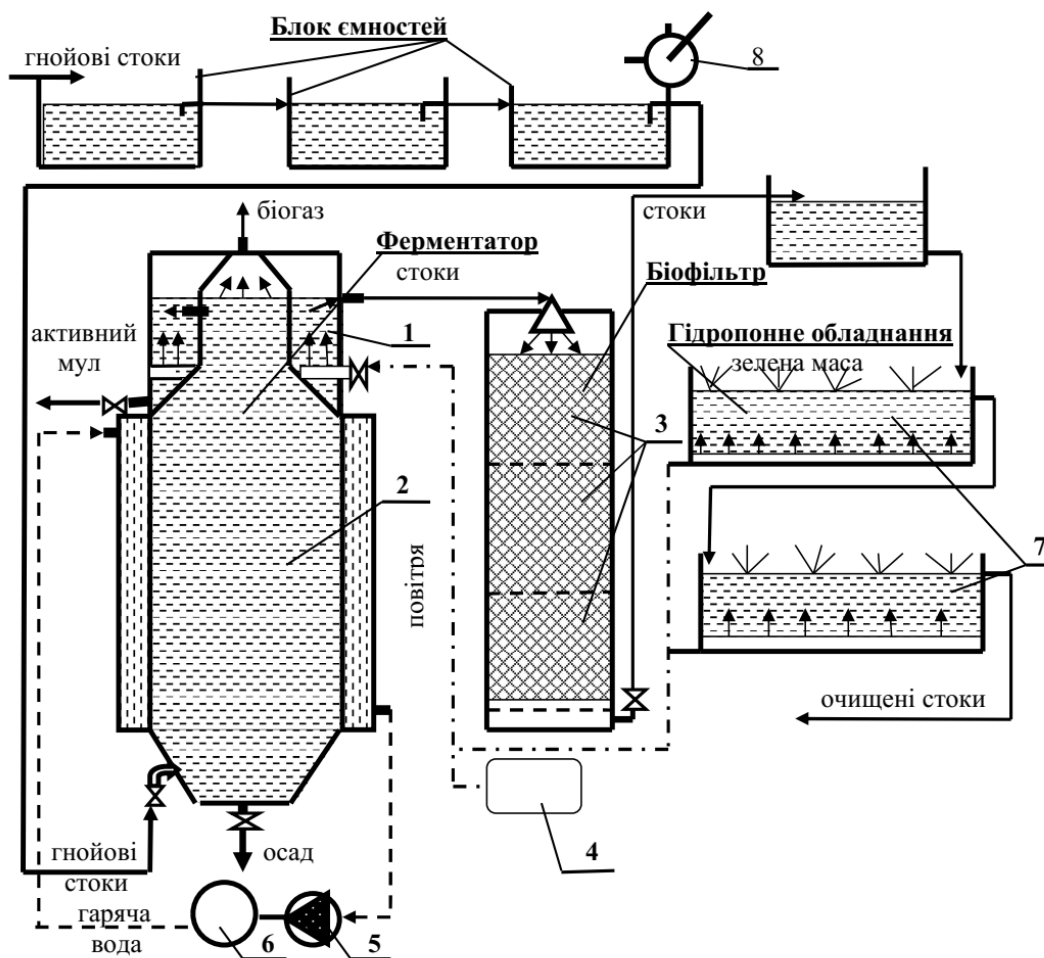


Рис. 2. Технологічна схема процесу утилізації гнійових стоків:

1 – аераційна ємність; 2 – метантенк; 3 – фільтруючий елемент; 4 – компресорна установка;
5 – циркуляційний насос; 6 – електронагрівач; 7 – вегетативні ємності; 8 – ручний насос.

Біофільтр є металевою ємністю у вигляді призми з квадратною основою. Зверху ємність за допомогою болтових з'єднань і гумової прокладки герметично закривається кришкою, яка із зовнішньої сторони має патрубок для подачі попередньо очищених стоків у біофільтр, а з внутрішньої – розподільний пристрій для розподілу по поверхні фільтрувального елементу (3) рідини, яка надходить на доочищення. Знизу в біофільтр встановлено пластину з отворами для утримання фільтрувального елементу і патрубок з краном для відведення очищеного стоку. Крім того, на боковій стінці біофільтру є два патрубки із заглушками, що забезпечує можливість відбирати проби для хімічних і мікробіологічних аналізів на різних рівнях фільтрувального елементу, а за наявності трьох різних таких елементів – після кожного з них.

Такі конструкції анаеробно-аеробного ферментатора і біофільтра дають змогу відпрацювати режими зброджування, аерації та біофільтрації за зміни основних технологічних параметрів у широких межах.

Для забезпечення нормального технологічного процесу очищення стоків ферментатор і біофільтр доукомплектовані блоком ємностей та системи теплозабезпечення і аерації.

Блок ємностей – це металева рама, на якій встановлено одна над одною три ємності місткістю по 0,5 м³ кожна. На стояку рами змонтовано ручний насос для перекачування стоків (8).

Система теплозабезпечення призначена для підтримання необхідної температури процесу анаеробного бродіння і складається із серійного обладнання: електронагрівача (6)

потужністю 15 кВт і водяного насоса з електроприводом, який використовується як циркуляційний насос (6). Система може забезпечити нагрівання теплоносія (води) до 85 °С.

Система аерації призначена для забезпечення надходження повітря до аераційних відсіків ферментатора і є серійною компресорною установкою СО – 243 (4) продуктивністю 32 ± 2 м³ повітря за годину і робочим тиском до 6 кг/см².

Гідропонне обладнання – це стаціонарна двоярусна конструкція з рухомими гідропонними піддонами (вегетативними ємностями) (7), яка обладнана такими системами: подачі і відведення поживного субстрату; штучного фітоопромінення; аерації; автоматичного керування.

Гідропонний піддон (вегетативна ємність) є зварною ємністю прямокутної форми з опорними роликами, яка обладнана вкладеним шаром гідропонного волокнистого матеріалу і сітчастим піддоном для висіву насіння. Кількість таких піддонів – 20 шт, загальною площею 10 м². Гідропонний піддон обладнано зливним і переливним патрубками, за допомогою яких надлишок стоків надходить в збірну ємність, розташовану під піддонами. Гідропонні піддони колісними парами встановлюються на горизонтальні рейкові напрямні.

Система автоматичного керування забезпечує роботу механізмів установки в ручному і автоматичному режимах.

Біохімічний склад гнойових стоків ферми великої рогатої худоби та поживного субстрату після попереднього очищення наведено в таблиці 3.

У результаті очищення стоків тваринницької ферми за допомогою біологічного очищення з використанням анаеробної і аеробної аерації і біофільтра значення водневого показника (рН) зменшилося з 8,61 до 8,2, значення ХСК зменшилося в 2,7 раза (з 3282 мг/л до 1198 мг/л), БСК₅ – в 9,9 раза (з 2177 мг/л до 220 мг/л), вміст азоту – в 3 раза (з 955 мг/л до 319 мг/л), вміст фосфору зменшився в 1,4 раза (з 78 мг/л до 55 мг/л). У результаті використання біофільтра вміст завислих речовин зменшився в 13,8 раза (з 1520 мг/л до 110 мг/л). До очищення колі-титр становив 10⁻⁴, після очищення стоків кишкової палички не виявлено.

Для зелених культур виробники рекомендують такий вміст основних поживних елементів у базовому штучно приготовленому розчині для гідропонного вирощування кормів, мг/л: взимку: N 220, P 50–70, K 350, Mg 80, Ca 100–120; влітку: N 220, P 50–70, K 220, Mg 80 (120), Ca 100–120 [21].

Згідно з правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, для комунальних споруд повного біологічного очищення стічних вод встановлюються такі нормативи гранично допустимого вмісту забруднювальних речовин (мг/л): біохімічне споживання кисню (БСК₅) – не більш як 15; ХСК – не більш як 80; завислих речовин – не більш як 15 [22].

Отже, очищені стоки тваринницької ферми не можна використовувати для прямого зливання у водойми. Однак їх можна використовувати для технічних цілей та як базовий розчин для вирощування гідропонних зелених кормів.

Таблиця 3 – Показники, які характеризують склад гнойових стоків тваринницької ферми в процесі їх очищення

Назва показника	Значення показника								
	до очищення			після попереднього очищення			очищених стоків при вирощуванні ГЗК		
	середнє $\bar{Y}$	середнє квадратичне відхилення, σ	гранична помилка $\pm 3 \sigma$	середнє $\bar{Y}$	середнє квадратичне відхилення, σ	гранична помилка $\pm 3 \sigma$	середнє $\bar{Y}$	середнє квадратичне відхилення, σ	гранична помилка $\pm 3 \sigma$
Водневий показник, рН	8,61	0,09	0,27	8,2	0,1	0,3	7,6	0,76	2,28
ХСК, мг/л	3282	75,5	226,5	1198	25,16	75,48	746	13,43	40,29
БСК ₅ , мг/л	2177	41,4	124,2	220	2,64	7,92	96	1,34	4,02
Вміст, мг/л азоту	955	14,3	42,9	319	4,15	12,45	152	2,43	7,29
фосфору	180	2,2	6,6	55	0,8	2,6	7	0,12	0,36
Вміст завислих речовин, мг/л	1520	28,9	86,7	110	1,65	4,95	70	1,26	3,78

Під час вирощування ГЗК стоки проходять доочищення (табл. 3). Водночас значення водневого показника (рН) зменшилося з 8,2 до 7,6, значення ХСК – в 1,6 раза (з 1198 мг/л до 746 мг/л), БСК₅ – в 2,3 раза (з 220 мг/л до 96 мг/л), вміст азоту – в 2 рази (з 319 мг/л до 152 мг/л), вміст фосфору – в 7,8 раза (з 55 мг/л до 7), вміст завислих речовин зменшився в 1,6 раза (з 110 мг/л до 70 мг/л).

Аналізуючи результати дослідження хімічного складу гідропонного зеленого корму з ячменю, отриманого при вирощуванні, де очищені стоки тваринницької ферми використовуються як базовий розчин, і порівнявши з результатами аналогічного корму, який вирощували на штучно виготовленому базовому розчині (табл. 4), встановлено, що отриманий корм відповідає хімічному складу ГЗК, який вирощувався на штучно приготуваному базовому розчині.

За результатами дослідження виходу зеленої маси залежно від тривалості вирощування ГЗК і температури (табл. 5, рис. 3) встановлен-

но, що оптимальна тривалість вирощування 7 діб. Різниця в прирості зеленої маси між 6 і 7 добою за температури вирощування 20 °С становить 3,5 кг/м², між 7 і 8 добою вирощування приріст – 2 кг/м². За температури вирощування 25 °С приріст зеленої маси між 6 і 7 добою – 5 кг/м², між 7 і 8 добою 4 кг/м². Отже, підвищення температури з 20 °С до 25 °С позитивно впливає на вихід зеленої маси.

За результатами дослідження виходу зеленої маси залежно від норми висіву насіння, для отримання ГЗК через 7 діб (табл. 6, рис. 4) оптимальна норма висіву насіння ячменю становить 5 кг/м². За температури вирощування 20 °С приріст зеленої маси при нормі між 4 і 5 кг/м² – 10 кг/м², а між 5 і 6 кг/м² приріст становить 4 кг/м². За температури вирощування 25 °С за норми висіву між 4 і 5 кг/м² приріст зеленої маси – 11 кг/м², між 5 і 6 кг/м² – 3 кг/м². Отже, підвищення температури з 20 °С до 25 °С позитивно впливає на вихід зеленої маси за оптимальної норми висіву насіння ячменю 5 кг/м².

Таблиця 4 – Хімічний склад ГЗК із зерна ячменю

Назва показника	Значення показника				
	середнє Ȳ	середнє квадратичне відхилення, σ	гранична помилка ± 3 σ	ГЗК (ячмінь) [23]	ячмінь фуражний [24]
Сира зола, г/кг	34	0,44	1,32	33	-
Сирий протеїн, г/кг	129	1,68	5,04	136,87	106,15
Сирий жир, г/кг	58	0,93	2,79	-	23,56
Сира клітковина, г/кг	133	2,0	6,0	123,62	48,26
Кальцій, г/кг	1,23	0,02	0,06	1,47	0,79
Фосфор, г/кг	4,1	0,07	0,21	4,42	3,85
Каротин, мг/кг	18,6	0,26	0,78	21,12	3,25
Нітрати, мг/кг	68	1,36	4,08	91,2	-

Таблиця 5 – Вихід зеленої маси залежно від тривалості і температури вирощування

Тривалість вирощування, діб	Вихід зеленої маси за температури вирощування 25 °С, кг/м ²			Вихід зеленої маси за температури вирощування 20 °С, кг/м ²		
	Ȳ	σ	±3σ	Ȳ	σ	±3σ
4	35	0,56	1,68	33	0,53	1,59
5	40,5	0,81	2,43	38	0,61	1,83
6	47	0,66	1,98	45	0,81	2,43
7	52	0,83	2,49	48,5	0,92	2,76
7,5	55	0,83	2,49	50	0,7	2,1
8	56	1,01	3,03	50,5	0,81	2,43

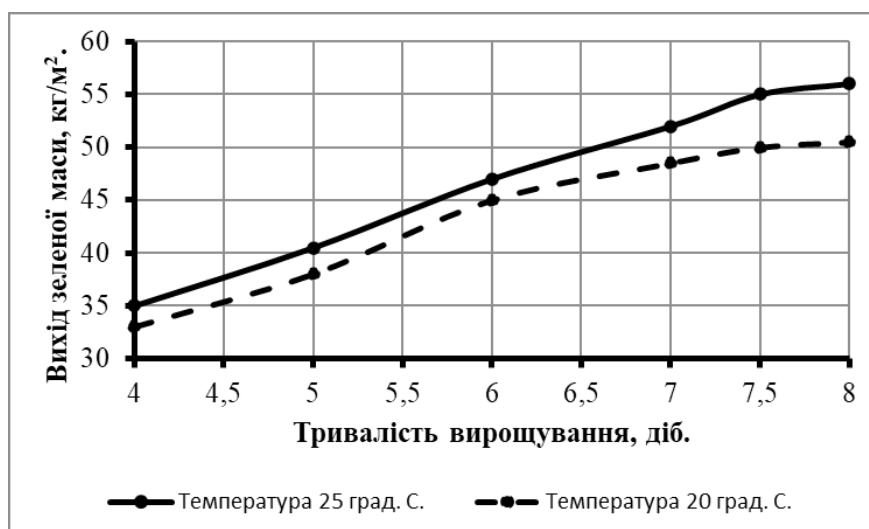


Рис. 3. Вихід зеленої маси залежно від тривалості і температури вирощування.

Таблиця 6 – Вплив норми висіву на вихід зеленої маси залежно від температури вирощування

Норма висіву, кг/м ²	Вихід зеленої маси при температурі вирощування 25 °C, кг/м ²			Вихід зеленої маси при температурі вирощування 20 °C, кг/м ²		
	$\bar{Y}$	σ	$\pm 3\sigma$	$\bar{Y}$	σ	$\pm 3\sigma$
4	41	0,57	1,71	39	0,7	2,1
4,5	47	0,85	2,55	45	0,68	2,04
5	52	0,78	2,34	49	0,69	2,07
5,5	54	0,86	2,58	52	0,89	2,67
6	55	0,82	2,46	53	0,84	2,52

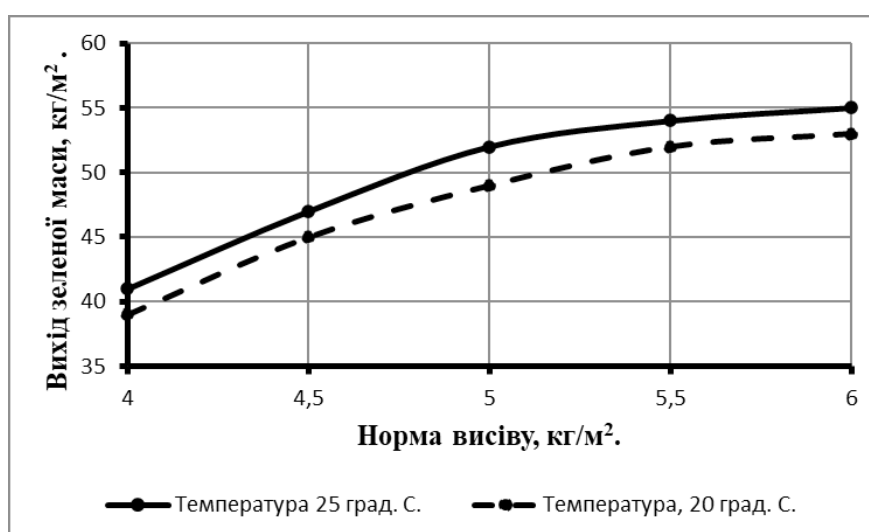


Рис. 4. Вплив норми висіву на вихід зеленої маси залежно від температури вирощування.

Висновки. Результати проведених досліджень показали, що рідка фракція вихідних гнойових стоків тваринницьких ферм без попереднього очищення не може використовуватись як поживний розчин для вирощування гідропонних зелених кормів через високу концентрацію забруднень. Водночас гнойові стоки, які пройшли попереднє очищення шляхом метанової ферментації, аерації і біофільтрації за вмістом хімічних речовин наближаються до стандартного розчину і можуть бути використані для вирощування ГЗК. У результаті попереднього очищення стоків тваринницької ферми вміст азоту зменшився з 955 мг/л до 319 мг/л (рекомендовано азоту в базовому розчині 220 мг/л), вміст фосфору зменшився з 78 мг/л до 55 мг/л (рекомендовано 50–70 мг/л).

Встановлено, що стоки в процесі вирощування гідропонного зеленого корму проходять доочищення. В результаті значення водневого показника (рН) зменшилося з 8,61 до 7,6, значення ХСК зменшилося з 1198 мг/л до 746 мг/л, БСК₅ – з 220 мг/л до 96 мг/л, вміст азоту – з 319 мг/л до 152 мг/л, вміст фосфору – з 55 мг/л до 7 мг/л, вміст завислих речовин зменшився з 110 мг/л до 70 мг/л.

Очищені стоки тваринницької ферми після вирощування гідропонного зеленого корму можна використовувати для технічних цілей, однак не можна використовувати для прямого зливання у водойми, оскільки значення ХСК стоку 746 мг/л, а БСК₅ – 96 мг/л, вміст завислих речовин – 70 мг/л перевищують допустимі значення.

Встановлено, що отриманий зелений корм відповідає за хімічним складом ГЗК, який вирощувався на штучно приготуваному базовому розчині.

За результатами дослідження виходу зеленої маси, залежно від тривалості вирощування ГЗК і оптимальної норми висіву, встановлено, що оптимальною є тривалість вирощування 7 діб, а оптимальна норма висіву – 5 кг/м².

Отже, результати досліджень свідчать про доцільність використання комбінованих технологій, що включають процеси мікробіологічної нестерильної ферментації та фітоочищення. Одержана в такий спосіб біомаса може використовуватись як гідропонний зелений корм.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Болтянська Н.І., Дереза С.В. Аналіз причин захворювання корів на субклінічний мастит. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 205–209.

2. Дереза О.О. Залежність продуктивності тварин від показників якості питної води. Меліорація та водовикористання. Професійна освіта: стан та перспективи: матеріали XIII наук.-практ. конф. Якимівка, 2021. С. 50–54.

3. Дереза С.В. Визначення основних заходів енергоефективного функціонування агропромислового комплексу України: матер. I міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 426–431.

4. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: Підручник для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

5. Методи інтенсифікації процесів одержання біогазу / Р.В. Скляр та ін. The third international scientific congress of scientists of Europe. 2019. 56 с.

6. Болтянська Н.І., Болтянський Б.В., Дереза С.В. Проектування та монтаж техніки агропромислового виробництва»: курс лекцій. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 196 с.

7. Goncharuk I.V. Biogas production in the agricultural sector – a way to increase energy independence and soil fertility. Agrosvit. 2020. No. 15. P. 18–29.

8. Kaletnik G. Production and use of biofuels: Second edition, supplemented: textbook. Vinnytsia: LLC “Nilan-Ltd”, 2018. 336 p.

9. Process Design of the Biogas Upgrading to Biomethane Using Green Hydrogen / N. Pierro et al. Chemical Engineering Transactions. 2023. No 100.

10. Машиновикористання техніки в тваринництві: курс лекцій (Частина 2) / Н.І. Болтянська та ін. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 160. 7 с.

11. Скляр Р.В., Скляр О.Г., Болтянський Б.В. Машиновикористання техніки в тваринництві: навч. посіб. з виконання лабораторних робіт. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 180 с.

12. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції: посіб.-практикум. Мелітополь: Люкс, 2019. 303 с.

13. The Process of Operation of a Mobile Straw Spreading Unit with a Rotating Finger Body-Experimental Research / B. Boltianskyi et al. Processes, 2021. 9 (7). 1144 p.

14. Дереза О.О., Болтянська Н.І., Дереза С.В. Огляд і напрямки розвитку сучасних технологій очищення стічних вод свиногокмплексів: матер. I міжнар. наук.-практ. конф., «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі» 0,1-26 листопада 2021 р. Таврійський державний агротехнічний університет ім. Дмитра Моторного, 2021. С. 154–161.

15. Мальований М.С., Петрушка І.М. Очищення стічних вод природними дисперсними сорбентами: монографія. М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т «Львів. Політехніка». Л.: Вид-во Львів. політехніки, 2012. 180 с.

16. Маркова Н.В., Хоненко Л.Г., Панфілова А.В. Технологія виробництва рослинних кормів: методичні рекомендації до самостійного вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 204 «ТВППТ» денної форми навчання. Миколаївський національний аграрний університет. м. Миколаїв. 2020. 99 с.

17. Гідропонні зелені корми. 2011. URL: <https://studfile.net/preview/7376036/page:32/>

18. Воронцов О.О. Стічні води тваринницьких комплексів, як субстрат для анаеробної ферментації. Наукові праці НУХТ, Т. 22. No 16. 2016. С. 52–65.

19. Значення БСК5 у водоймах з різним ступенем забрудненості. 2019. URL: <https://studfile.net/preview/9807759/page:92/>

20. Про затвердження методик виконання вимірювань показників у стічних водах: наказ № 107 від 28.05.2004. Державний комітет України з питань житлово-комунального господарства. 2004. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0107508-04#Text>

21. Садовська Н.П., Попович Г.Б., Симочко В.В., Шейдик К.А. Сучасні технології вирощування овочевих культур у відкритому та закритому ґрунті: методичні рекомендації до лабораторних робіт та самостійної роботи. Ужгород: Видавництво УЖНУ «Говерла», 2023. 124 с.

22. Умови скидання зворотних вод у водні об'єкти. URL: https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/Умови_скидання_зворотних_вод_у_водні_об%27єкти

23. Чугуєвець В. Гідропонний зелений корм. Свіжа трава протягом цілого року. 2024. 18 с. URL: <https://propozitsiya.com/ua/gidrotehnologiya-u-virishenni-problemi-kormiv>

24. Гідропонний зелений корм. Зниження вмісту фітинової кислоти. 2017. URL: <https://ukrprolife.prom.ua/ua/a317661-gidroponnyj-zelenyj-korm.html>

REFERENCES

1. Boltyans'ka, N.I., Dereza, S.V. (2020). Analiz prychyn zahvorjuvannja koriv na subklinichnyj mastyt [Analysis of the causes of cows' disease with sub-clinical mastitis]. *Tehnicne zabezpechennja innovacijnyh tehnologij v agropromyslovomu kompleksi: Mat. II Mizhnar. nauk.- prakt. konf. [Technical support of innovative technologies in the agro-industrial complex: Mat. II International Scientific-Practical Conference]*. Melitopol: TSATU, pp. 205–209. (in Ukrainian).

2. Dereza, O.O. (2021). Zalezhnist' produktyvnosti tvaryn vid pokaznykiv jakosti pytnoi' vody [Dependence of animal productivity on drinking water quality indicators]. *Melioracija ta vodovykorystannja [Reclamation and water user]*. Profesijna osvita: stan ta perspektyvy: materialy HIII nauk.-prakt. konf. [Vocational education: status and prospects: materials of the 13th scientific-practical conference]. Yakymivka, pp. 50–54. (in Ukrainian).

3. Dereza, S.V. (2020). [Determination of the main measures for the energy-efficient functioning of the agro-industrial complex of Ukraine: materials of the 1st International Scientific-Practical Internet Conference "Technical Support of Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex"]. *Melitopol: TSATU*, pp. 426–431. (in Ukrainian).

4. Boltyans'kyj, B.V., Sklyar, O.H., Sklyar, R.V. (2020). *Enerho- ta resursozberezhennja v tvarynnytstvi: pidruchnyk dlya zdobuvachiv vyshchoyi osvity zakladiv vyshchoyi osvity [Energy and resource conservation in livestock farming: a textbook for higher education students of higher education institutions]*. K.: Publishing House "Condor", 410 p. (in Ukrainian).

5. Sklyar, R.V., Sklyar, O.H., Boltyans'ka, N.I., Boltyans'kyj, B.V., Dereza, S.V. (2019). *Metody intensyfikatsiyi protsesiv oderzhannja biohazu [Methods of intensification of biogas production processes]*. The third international scientific congress of scientists of Europe. 56 p. (in Ukrainian).

6. Boltyans'ka, N.I., Boltyans'kyj, B.V., Dereza, S.V. (2020). *Proektuvannja ta montazh tekhniky ahropromyslovoho vyrobnytstva»: kurs lektсий [Design and installation of agricultural production equipment: course of lectures]*. Melitopol: Publishing and Printing Center "Lux", 196 p. (in Ukrainian).

7. Goncharuk, I.V. (2020). Biogas production in the agricultural sector – a way to increase energy independence and soil fertility". *Agrosvit*, no. 15, pp. 18–29 (in English).

8. Kaletnik G. (2018). *Production and use of bio-fuels: Second edition, supplemented: textbook*. Vinnytsia: LLC "Nilan-Ltd", 336 p. (in English).

9. Pierro, N., Giuliano, A., Giocoli, A., Barletta, D., De Bari, I. 2023. *Process Design of the Biogas Upgrading to Biomethane Using Green Hydrogen*. *Chemical Engineering Transactions*, no. 100.

10. Boltyans'ka, N.I., Sklyar, O.H., Sklyar, R.V., Boltyans'kyj, B.V., Dereza, S.V. (2019). *Mashynovykorystannja tekhniky v tvarynnytstvi: kurs lektсий (Chastyina 2) [Mechanical use of equipment in livestock farming: a course of lectures (Part 2)]*. Melitopol: TDATU, 160. 7 p. (in Ukrainian).

11. Sklyar, R.V., Sklyar, O.H., Boltyans'kyj, B.V. (2019). *Mashynovykorystannja tekhniky v tvarynnytstvi: navchal'nyy posibnyk z vykonannja laboratornykh robіt [Mechanical use of equipment in livestock farming: a textbook for performing laboratory work]*. Melitopol: TDATU, 180 p. (in Ukrainian).

12. Sklyar, O.H., Sklyar, R.V. (2019). *Mekhanizovani tekhnolohiyi v vyrobnytstvi sil'skohospodars'koyi produktsiyi: posibnyk-praktykum [Mechanized technologies in the production of agricultural products: manual-workshop]*. Melitopol: Lux, 303 p. (in Ukrainian).

13. Boltianskyi, B., Sklyar, R., Boltianska, L., Grigorenko, S., Syrotyuk, S., Jakubowski, T. (2021). *The Process of Operation of a Mobile Straw Spreading Unit with a Rotating Finger Body-Experimental Research*. *Processes*, 9 (7), 1144 p. (in English).

14. Dereza, O.O., Boltyans'ka, N.I., Dereza, S.V. (2021). *Ogljad i naprjamky rozvytku suchasnyh teh-*

nologij ochyshhennja stichnyh vod svynokompleksiv: mater. I mizhnar. nauk.-prakt. konf., «Tehniche zabezpechennja innovacijnyh tehnologij v agropromyslovomu kompleksii» 0,1-26 lystopada 2021 r [Review and directions of development of modern technologies for wastewater treatment of pig farms: materials of the 1st international scientific and practical conference, "Technical support of innovative technologies in the agro-industrial complex" November 0, 1-26, 2021]. Tavrichesky State Agrotechnical University named after Dmitry Motorny, pp. 154–161. (in Ukrainian).

15. Mal'ovanyy, M.S., Petrushka, I.M. (2012). Ochyshhennja stichnyh vod pryrodnyimi dyspersnyimi sorbentami: monografija [Wastewater treatment with natural dispersed sorbents: monograph]. M-vo osvity i nauky, molodi ta sportu Ukrai'ny, Nac. un-t «Lviv. Politehnika» [Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine, National University "Lviv. Polytechnic". L.: Publishing House of Lviv]. Polytechnics, 180 p. (in Ukrainian).

16. Markova N. V., Khonenko L. H., Panfilova A.V. (2020). Tekhnolohiya vyrobnytstva roslynnykh kormiv: metodychni rekomendatsiyi do samostiynoho vyvchennya navchal'noyi dystsypliny dlya zdobuvachiv vyshchoyi osvity stupenya «bakalavr» spetsial'nosti 204 «TVPPPT» dennoyi formy navchannya [Plant feed production technology: methodological recommendations for independent study of the academic discipline for applicants for the degree of "bachelor" of higher education in specialty 204 "TVPPPT" full-time study]. Mykolaivskyy natsional'nyy ahrarnyy universytet [Mykolaiv National Agrarian University]. Mykolaiv, 99 p. (in Ukrainian).

17. Hidroponni zeleni kormy [Hydroponic green fodder]. 2011. Available at: <https://studfile.net/preview/7376036/page:32/> (in Ukrainian).

18. Vorontsov, O.O. (2016). Stichni vody tvarynyts'kykh kompleksiv, yak substrat dlya anaerobnoyi fermentatsiyi [Wastewater from livestock complexes as a substrate for anaerobic fermentation]. Scientific Works of the National University of Chemistry and Technology, Vol. 22, no. 16, pp. 52–65. (in Ukrainian).

19. Znachennya BSK5 u vodoymakh z riznym stupenem zabrudnenosti [The value of BOD5 in water bodies with different degrees of pollution]. 2019. Available at: <https://studfile.net/preview/9807759/page:92/> (in Ukrainian).

20. Pro zatverdzhennya metodyk vykonannya vymiryuvan' pokaznykiv u stichnykh vodakh: nakaz № 107 vid 28.05.2004. Derzhavnyy komitet Ukrainy z pytan' zhytlovo-komunal'noho hospodarstva [On approval of methods for measuring indicators in wastewater: Order No. 107 of 28.05.2004. State Committee of Ukraine for Housing and Communal Services]. 2004. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0107508-04#Text> (in Ukrainian).

21. Sadovs'ka N.P., Popovych H.B., Symochko V.V., Sheydyk K.A. (2023). Suchasni tekhnolohiyi vyroshchuvannya ovochevykh kul'tur u vidkrytomu ta zakrytomu grunty: metodychni rekomendatsiyi do

laboratorykh robot ta samostiynoyi roboty [Modern technologies for growing vegetable crops in open and closed soil: methodological recommendations for laboratory work and independent work]. Uzhhorod: Publishing House of UzhNU "Hoverla", 124 s. (in Ukrainian).

22. Umovy skydannya zvorotnykh vod u vodni ob'yekty [Conditions for discharging return water into water bodies]. Available at: https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/Умови_скидання_зворотних_вод_у_водні_об'єкти (in Ukrainian).

23. Chuhuyevets, V. (2024). Hidroponnyy zelenyy korm [Hydroponic green fodder]. Svizha trava protyahom tsiloho roku [Fresh grass throughout the year]. 18 p. Available at: <https://propozitsiya.com/ua/gidrotehnologiya-u-virishenni-problemi-kormiv> (in Ukrainian).

24. Hidroponnyy zelenyy korm [Hydroponic green fodder]. Znyzhennya vmistu fytynovoy kysloty [Reducing phytic acid content]. 2017. Available at: <https://ukrprolife.prom.ua/ua/a317661-gidroponnyj-zelenyj-korm.html> (in Ukrainian).

Comprehensive biotechnology of livestock farm wastewater purification

Senchuk M.M.

The environmental situation in the country, domestic and foreign experience of biologisation of agriculture indicate the need to develop and implement post-industrial bioconversion technologies and their integrated use. Currently, the problem of treating concentrated wastewater, which also includes livestock farm wastewater, is becoming increasingly important in addressing environmental issues.

The use of livestock wastewater on irrigation fields and composting does not allow for the full range of organic matter available in them. On the other hand, the current methods of treating and disinfecting these wastewaters do not provide the required degree of purification. Insufficiently purified wastewater (the degree of purification during aerobic treatment is 55–60% in terms of biochemical oxygen consumption), emergency discharges from manure storage facilities, storm water discharges from the complex's territories, and excessive irrigation rates all cause soil and water pollution, which is why improved purification technologies are needed. The most promising from an environmental point of view is a comprehensive technology for the purification of concentrated wastewater from livestock farms and complexes using anaerobic (methane) fermentation at the preliminary stage of purification followed by aerobic purification, as well as the use of a biofilter and hydroponic installation.

The research was conducted on the manure wastewater of a dairy cattle farm. For their purification, a plant consisting of an anaerobic-aerobic fermenter, a biofilter, a block of containers, heat supply and aeration systems was used. The liquid fraction of manure effluents was subjected to biological purification on a mock-up sample of the technological line after settling in the block of containers. Meth-

ane fermentation of the effluent was carried out in a methane tank. The fermentation exposure was 5 days at a temperature regime (process temperature 40...45 °C). The fermented effluent entered the aeration tank, where it was aerated with compressed air for 2,5 days. The pre-purified effluent was subjected to further purification on a biofilter, then – on hydroponic equipment, the crop was barley, the seeding rate was 5 kg/m², the duration of growing hydroponic green fodder was 7 days.

As a result of the purification of livestock farm wastewater using biological treatment using anaerobic and aerobic aeration and a biofilter, as well as hydroponic equipment, the pH value decreased from 8,61 to 7,6, the COD decreased from 3282 mg/l to 746 mg/l, the BOD₅ decreased from 2177 mg/l to 96 mg/l, the nitrogen content decreased from 955 mg/l to 152 mg/l, the phosphorus content decreased from 180 mg/l to 7 mg/l. As a result of the use of the biofil-

ter, the suspended solids content decreased from 1520 mg/l to 70 mg/l.

The purified wastewater from the livestock farm after growing hydroponic green fodder can be used for technical purposes and cannot be used for direct discharge into water bodies.

It was established that the obtained feed corresponds in chemical composition to the GZK, which was grown on an artificially prepared base solution, and the optimal duration of cultivation is 7 days at an optimal seeding rate – 5 kg/m². The obtained research results give grounds to conclude that it is expedient to use combined technologies that include the processes of microbiological non-sterile fermentation and phytopurification. The resulting biomass can be used as hydroponic green fodder.

Key words: waste disposal, microbiological fermentation, phytoremediation, hydroponic green fodder, livestock effluents.



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>

Наукове видання

**Технологія виробництва
і переробки продукції тваринництва**

Збірник наукових праць

№ 1 (194) 2025

*Редактор О.В. Славінська
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. 15,0. Наклад 300.

Підписано до друку 22.05.2025 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.