УДК 636.4.082.352:636.083:612.12
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-2-10

Лихач В. Я.
доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *vylykhach80@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-9150-6730*

Леньков Л. Г.
кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник лабораторії годівлі, фізіології та здоров'я тварин,
Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН
Полтава, Україна
E-mail: *lenkovleonid@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-1596-6740*

Отченашко В. В.
доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН України,
професор кафедри годівлі тварин та технології кормів ім. П. Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *otchenashko@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-0336-9340*

Мельник В. В.
доктор історичних наук, доцент,
професор кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *melnikvika@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-2491-757X*

Зламанюк Л. М.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *zlamanuk@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-3323-4658*

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ РІЗНИХ ТИПІВ ВЕНТИЛЯЦІЇ НА ПОКАЗНИКИ БІОХІМІЧНОГО ПРОФІЛЮ КРОВІ КНУРІВ-ПЛІДНИКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ВІКУ ТА СЕЗОНУ РОКУ

Анотація

Забезпечення стабільного метаболічного гомеостазу та високої репродуктивної здатності кнурів-плідників є однією з найважливіших проблем інтенсивного свинарства, яка суттєво загострюється внаслідок несприятливих сезонних коливань параметрів мікроклімату. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває пошук і фізіологічне обґрунтування новітніх технологічних рішень для оптимізації повітряного середовища, зокрема енергоефективних геотермальних систем вентиляції, та оцінка їхнього комплексного впливу на організм тварин у різні вікові періоди.

У статті представлено результати дослідження ізольованого та сумісного впливу віку, сезону року й конструктивних особливостей вентиляції на біохімічні показники крові кнурів-плідників. Експеримент проведено протягом 2021–2022 рр.

© Лихач В. Я., Леньков Л. Г., Отченашко В. В., Мельник В. В., Зламанюк Л. М., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

на базі ПрАТ «Племзавод «Степной» Запорізької області на кнурах великої білої породи, ландрас та дюрок у віці 6, 12 та 24 місяців (n = 18). Тварини контрольної групи утримувалися за класичної поперечної вентиляції, а дослідної – в умовах автоматизованої геотермальної системи з підземним повітропроводом. Біохімічний аналіз сироватки крові (загальний білок, альбуміни, глобуліни, сечовина, лужна фосфатаза) виконували на автоматичному аналізаторі ERBA XL-640. Статистичний аналіз здійснювали за допомогою трифакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) у пакеті STATISTICA.

Установлено, що метаболічний статус плідників формується під комплексним впливом ендогенних та екзогенних чинників. Рівні загального білка та альбумінів вірогідно залежали від усіх чинників (P < 0,01). Геотермальна вентиляція забезпечила підвищення загального білка у 24-місячних кнурів в усі сезони, тоді як у 6-місячних тварин цей показник залишався стабільним. Вміст глобулінів визначався вентиляцією та сезоном (P≤0,002), а потрійна інтерференція чинників (P≤0,001) підтвердила, що геотермальна система сприяє збереженню оптимального співвідношення білкових фракцій та покращенню адаптаційного статусу тварин у критичні періоди (взимку для 12-місячних та влітку для 24-місячних тварин). Рівень сечовини знижувався за умов геотермального повітрообміну у 6-місячних кнурів в усі сезони, що свідчить про краще засвоєння азоту корму та зниження технологічного стресу. Активність лужної фосфатази залежала від віку та вентиляції (P<0,001), виявляючи максимальні відмінності в період активного росту кнурів (6 міс.).

Доведено, що геотермальна вентиляція є фізіологічно обґрунтованою технологією, яка стабілізує метаболічний гомеостаз та підвищує адаптаційну здатність кнурів-плідників за рахунок нівелювання температурно-вологісних коливань.

Ключові слова: *кнури-плідники, порода, біохімія крові, геотермальна вентиляція, трифакторний дисперсійний аналіз, метаболічний гомеостаз, вік, сезонність.*

Вступ. Сучасна інтенсифікація свинарства та перехід до концепції точного тваринництва (*Precision Livestock Farming*) висувають дедалі жорсткіші вимоги до технологічної оптимізації умов утримання високопродуктивних генотипів тварин. Особливе місце в селекційно-племінній роботі посідають кнури-плідники, чий фізіологічний стан, адаптаційний потенціал та репродуктивна спроможність безпосередньо визначають темпи генетичного прогресу та загальну економічну ефективність галузі. Оскільки свині надзвичайно чутливі до коливань параметрів повітряного середовища, підтримання стабільного й фізіологічно оптимального мікроклімату в свинарниках є базовою передумовою збереження їхнього здоров'я та високої продуктивності [12; 17; 19].

Традиційні системи примусової вентиляції (зокрема класичні системи поперечного типу) часто виявляються малоефективними під час критичних сезонних коливань температур – екстремальної літньої спеки чи зимових морозів. Це призводить до виникнення температурного стресу тварин, що супроводжується глибокими функціональними збоями в їх організмі. У зв'язку з цим актуальним і науково обґрунтованим напрямом є впровадження енергоефективних геотермальних систем вентиляції. Використання природної теплової енергії ґрунту через мережу підземних тунелів-повітропроводів дозволяє здійснювати пасивне кондиціонування припливного повітря (підігрів узимку та охолодження влітку), суттєво нівелюючи негативний вплив погодних аномалій на тварин [3; 4; 21–23].

Для об'єктивної оцінки фізіологічного відгуку організму кнурів на технологічні зміни умов утримання найінформативнішим є дослідження їхнього метаболічного профілю. Біохімічний склад крові є тонкішим та чутливішим індикатором стану гомеостазу, ніж загальноклінічні показники, оскільки він відображає субклінічні зрушення в обміні речовин задовго до появи перших симптомів патології. Особливу діагностичну цінність для оцінки адаптаційного потенціалу кнурів-плідників має моніторинг показників білкового метаболізму (загального білка, альбумінів і глобулінів), азотистого обміну (сечовини) та активності лужної фосфатази, які безпосередньо пов'язані з інтенсивністю білкового синтезу, імунологічною резистентністю, функціональним станом гепатобіліарної системи та фосфорно-кальцієвим метаболізмом [6; 15; 17; 18; 24]. Проте в сучасній науковій літературі практично відсутні комплексні дані щодо синергічного впливу віку тварин, сезону року та різних типів вентиляційних систем на ці біохімічні показники.

Розв'язання цієї проблеми потребує застосування системного математико-статистичного підходу, зокрема алгоритмів трифакторного дисперсійного аналізу. Це дозволяє не лише диференціювати ізольований вплив вікової групи, типу вентиляції та сезону року, а й кількісно оцінити силу впливу ефектів їхньої взаємодії другого та третього порядків.

З огляду на це, передбачається проведення комплексної експериментальної оцінки та наукового обґрунтування закономірностей формування метаболічного статусу й адаптаційних можливостей кнурів-плідників різних генотипів за ізольованого та поєднаного впливу вікових чинників, сезонних коливань довкілля та конструктивно-технологічних рішень систем мікроклімату. Для реалізації поставлених завдань передбачалося встановлення сили впливу та характеру взаємодії головних факторів («вікова група», «тип вентиляції», «сезон року»), а також ефектів їхньої інтерференції другого і третього порядків на динаміку біохімічних маркерів сироватки крові (вміст загального білка, альбумінів, глобулінів, сечовини та активність лужної фосфатази) за умов використання класичної поперечної та енергоефективної геотермальної вентиляції.

Метою роботи є статистичне оцінювання та порівняльний аналіз сили впливу віку, сезону року та способу організації повітрообміну (поперечного та геотермального типів вентиляції) на метаболічний гомеостаз кнурів-плідників трьох провідних генотипів (велика біла, ландрас та дюрок) за результатами трифакторного дисперсійного аналізу біохімічних маркерів крові.

Матеріал і методи. Експериментальну частину роботи було виконано на базі ПрАТ «Племзавод «Степной» (Запорізька область) – одного з провідних племінних підприємств України із високим рівнем селекційно-племінної

роботи та стандартизації технологічних процесів протягом 2021–2022 рр. Об'єктом досліджень слугували кнури-плідники трьох генотипів: велика біла, ландрас та дюрок. Для проведення науково-господарського досліду за принципом аналогів було сформовано експериментальні групи чисельністю 18 голів у віці 6, 12 та 24 місячного віку.

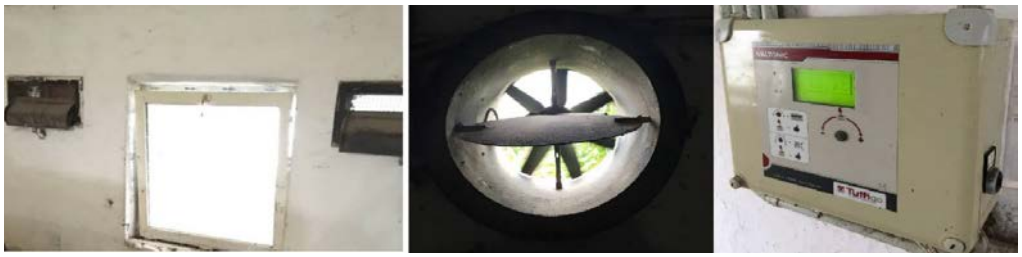
Утримання кнурів-плідників здійснювали на підстилці в індивідуальних станках площею 7 м^2 із бетонною підлогою, облаштованою ефективною тепло- та вологоізоляцією. На момент формування дослідних груп та впродовж усього експериментального періоду піддослідні тварини всіх досліджуваних порід перебували у фізіологічно та клінічно здоровому стані. Повітрообмін та оптимальний температурно-вологісний режим у приміщенні підтримували за допомогою автоматизованої комбінованої системи, яка поєднувала примусову поперечну та геотермальну вентиляцію з електронним програмним керуванням. Параметри мікроклімату під час утримання кнурів повністю відповідали чинним нормативним вимогам [2; 5; 9; 10; 14].

Годівля тварин була індивідуальною, дворазовою (о 08:00 та 16:00 год) відповідно до технологічного регламенту підприємства. Як основний раціон використовували повнораціонний комбікорм у добовому обсязі 2,8–3,0 кг на одну голову. Поживна цінність 1 кг кормосуміші характеризувалася вмістом сирого протеїну на рівні 202,6 г та концентрацією обмінної енергії 12,4 МДж. Рецептурний склад використовуваного комбікорму включав кукурудзу (20,0 %), пшеницю (18,4 %), висівки пшеничні (25,0 %), макуху соєву (22,6 %), шрот соняшниковий (10,0 %) та білково-мінерально-вітамінну добавку «Аміномікс» (4,0 %) [9; 11]. Напування кнурів здійснювалося в автоматичному режимі за допомогою ніпельних напувалок, що забезпечувало безперешкодний та постійний доступ тварин до питної води нормативної якості.

Усі маніпуляції з тваринами, умови їх утримання, годівлі, щоденного догляду, а також система профілактичних і ветеринарно-санітарних заходів повністю відповідали вимогам вітчизняного та європейського законодавства у сфері захисту тварин і забезпечення їхнього благополуччя [13; 16; 24].

Методологічні підходи та протокол поводження з кнурами-плідниками під час проведення експериментів були узгоджені й повністю схвалені Комісією з питань біоетики Національного університету біоресурсів і природокористування України (експертний висновок / протокол № 007/2021).

Для формування контрольної групи за принципом аналогів було відібрано по 3 кнури-плідники кожної з трьох досліджуваних порід [9; 10]. Тварин цієї групи утримували в індивідуальних станках у приміщенні, де оптимізація повітряного середовища забезпечувалася класичною системою поперечної вентиляції. Даний технологічний комплекс включав настінні припливні клапани (1), витяжні настінні вентилятори (2) та автоматизовану систему контролю мікроклімату (3), загальну схему розстановки та взаємодії яких представлено на рис. 1.



1 2 3

Рис. 1. Конструктивні елементи поперечної вентиляції для утримання кнурів різних порід контрольної групи

Джерело: фото авторів

Технологічний процес повітрообміну передбачав надходження свіжих повітряних мас в об'єм приміщення через настінні клапани, тоді як виведення відпрацьованого повітря здійснювалося примусово. При цьому ключові робочі параметри системи – зокрема частота обертання крильчаток витяжних вентиляторів та ступінь (кут) відкриття заслінок припливних клапанів – динамічно й синхронно коригувалися комп'ютеризованим модулем управління на основі зворотного зв'язку від датчиків, що дозволяло підтримувати стабільні параметри мікроклімату відповідно до заданих технологічних режимів.

Утримання кнурів-плідників дослідної групи здійснювали у приміщенні, ключовою конструктивною особливістю якого було застосування енергоефективної геотермальної системи вентиляції (рис. 2). Технологічна схема організації повітрообміну в цій системі передбачала первинний забір свіжого атмосферного повітря через припливну повітрозабірну шахту (1) та його подальше транспортування підземним тунелем-повітропроводом (2). Проходячи цим контуром, повітряний потік піддавався природній терморегуляції за рахунок теплового потенціалу ґрунту: у холодну пору року він попередньо підігрівався, а в літній період – охолоджувався. Після проходження підземного колектора підготовлене повітря подавалося безпосередньо у свинарник через нижні вентиляційні стійки (3), які були рівномірно розташовані в приміщенні поблизу витяжних вентиляційних шахт, призначених для примусового виведення відпрацьованого повітря за його межі. Функціонування та узгоджена взаємодія всіх конструктивних елементів цього вентиляційного комплексу координувалися в автоматичному режимі за допомогою спеціалізованого пристрою електронного керування мікрокліматом (4), що забезпечувало точне й динамічне підтримання заданих параметрів повітряного середовища.



1 2 3 4

Рис. 2. Конструктивні елементи геотермальної вентиляції для утримання кнурів різних порід дослідної групи

Джерело: фото авторів

Приміщення, в яких утримували піддослідних кнурів-плідників обох груп (контрольної та дослідної) за різних систем вентиляції, мали абсолютно тотожне конструктивно-планувальне вирішення. Обидві будівлі були зведені за єдиним проєктом з аналогічних будівельних матеріалів із рівнозначними теплофізичними характеристиками, а також мали однакову просторову орієнтацію відносно переважаючої рози вітрів цієї місцевості, що дозволило повністю нівелювати вплив зовнішніх аеродинамічних чинників на параметри внутрішнього мікроклімату.

Внутрішня інфраструктура приміщень була повністю уніфікована: кількість та корисна площа індивідуальних станків, а також технологічне вирішення систем автонапування, транспортування та роздавання кормів були абсолютно ідентичними в обох свинарниках. Очищення обох приміщень від гною здійснювали за допомогою горизонтальних скребкових транспортерів з наступним вивантаженням за допомогою виносних похилих транспортерів безпосередньо у тракторні причепи для подальшого транспортування до гноєсховища.

Біохімічний профіль крові є чутливим індикатором, що інтегрально відображає стан гомеостазу, інтенсивність метаболічних процесів та адаптаційний потенціал організму тварин за дії різноманітних ендогенних та екзогенних чинників [6; 8]. Систематичний контроль біохімічних показників у кнурів-плідників має вирішальне значення для своєчасної діагностики субклінічних змін в організмі, оцінки загального стану здоров'я та збереження високої репродуктивної здатності під впливом умов утримання.

Для проведення лабораторних досліджень відбір проб крові здійснювали у ранковий час натщесерце (до ранкового згодовування корму) шляхом пункції яремної вени. Маніпуляцію проводили у клінічно здорових кнурів-плідників з кожної групи. Зразки цільної крові збирали в одноразові вакуумні системи (пробірки) з активатором згортання для прискорення процесу коагуляції. Відокремлення сироватки крові здійснювали шляхом центрифугування отриманих проб за загальноприйнятим технологічним режимом розділення фракцій. Комплексний біохімічний аналіз зразків сироватки виконували на базі лабораторії ТОВ «Експертний центр «Біолайтс»» із застосуванням сучасного автоматичного біохімічного аналізатора ERBA XL-640 (Erba Lachema, Чехія) та фірмових сертифікованих наборів реактивів відповідно до верифікованих методичних протоколів [6; 8].

З метою нівелювання специфічного породного впливу та отримання узагальнених закономірностей фізіологічного відгуку кнурів-плідників на тип вентиляції, експериментальні групи були збалансовані за генотиповим складом (велика біла, ландрас, дюрок у рівних співвідношеннях – по 3 голови кожного генотипу в групі). Попередній статистичний аналіз за критерієм ANOVA не виявив вірогідного ізольованого впливу чинника «генотип» ($P>0,05$) на досліджувані біохімічні маркери сироватки крові, що дозволило консолідувати дані в межах вікових та сезонних підгруп для оцінки визначальних факторів мікроклімату.

Для комплексної оцінки ізольованого та сумісного впливу вікової групи, типу вентиляції та сезону року на показники біохімії крові кнурів-плідників (концентрація загального білку, альбумінів, глобулінів, сечовини та лужної фосфатази) було застосовано алгоритм трифакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з фіксованими факторами. У межах побудованої моделі, окрім оцінки головних ефектів, розраховували значення дисперсійного відношення (критерію Фішера) для інтерференцій чинників другого порядку («вікова група» × «тип вентиляції», «вікова група» × «сезон року», «тип вентиляції» × «сезон року») та третього порядку («вікова група» × «тип вентиляції» × «сезон року»). Оцінку сили впливу окремих чинників та їхніх поєднань (η^2, %) визначали як частку від ділення відповідної факторіальної суми квадратів (*SS*) на загальну суму квадратів (*MS*) усього дисперсійного комплексу. Математико-статистичний аналіз проводили диференційовано – окремо для кожного досліджуваного генотипу тварин (велика біла, ландрас та дюрок). Для всіх комбінацій головних факторів визначали групові середні арифметичні значення та їхні 95%-ві довірчі інтервали (95% ДІ). Розрахунки та біометричну обробку масиву експериментальних даних виконували у спеціалізованому програмному пакеті STATISTICA (StatSoft Inc., США) на основі стандартних статистичних алгоритмів [1; 7].

Виклад основного матеріалу дослідження. Оцінка міжпородної мінливості біохімічного профілю крові свідчить, що досліджувані кнури-плідники великої білої породи, ландрас та дюрок за умов дотримання нормативних параметрів годівлі та утримання характеризувалися зіставимими показниками білкового та азотистого обміну. Статистично значущих відмінностей між генотипами за вмістом загального білка, альбумінів, глобулінів, сечовини та активністю лужної фосфатази встановлено не було ($P>0,05$). Це вказує на універсальний характер метаболічних реакцій організму плідників зазначених генотипів на зміни чинників мікроклімату та дає підстави для узагальнення одержаних закономірностей.

Результати трифакторного дисперсійного аналізу свідчать при наявність вірогідного (у всіх випадках: $P < 0,001$) впливу всіх головних факторів (вікової групи, типу вентиляції та місяця року) на концентрацію загального білку в крові (табл. 1).

Таблиця 1. Результати трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на концентрацію загального білку

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	1626,5	2	813,3	170,0	< 0,001	52,9
Вентиляція (2)	273,4	1	273,4	57,1	< 0,001	8,9
Сезон (3)	187,4	3	62,5	13,1	< 0,001	6,1
1×2	484,1	2	242,0	50,6	< 0,001	15,7
1×3	65,5	6	10,9	2,3	0,051	2,1
2×3	26,0	3	8,7	1,8	0,158	0,8
1×2×3	181,9	6	30,3	6,3	< 0,001	5,9
Помилка	229,7	48	4,8	-	-	7,5
Разом	3074,4	71	-	-	-	100,0

Примітки (тут і далі): джерела мінливості (чинники): (1) – вікова група кнурів (6, 12 та 24 місяці); (2) – тип вентиляційної системи (поперечна та геотермальна); (3) – сезон року (зима, весна, літо, осінь). Взаємодія чинників: 1×2 – «вік × вентиляція»; 1×3 – «вік × сезон»; 2×3 – «вентиляція × сезон»; 1×2×3 – потрійна інтерференція «вік × вентиляція × сезон». Статистичні показники: *SS* – факторіальна сума квадратів відхилень; *df* – число ступенів свободи; *MS* – середній квадрат; *F* – розрахункове значення критерію Фішера; *P* – досягнутий рівень статистичної значущості; η^2 – сила впливу чинника (частка впливу джерела мінливості у загальній дисперсії комплексу), %. Ефекти та їхні взаємодії вважали статистично значущими за рівня помилки $P < 0,05$.

Що стосується сполучення факторів другого та третього порядку, то вірогідний вплив було відмічено для сполучень «вікова група» × «тип вентиляції» та «вікова група» × «тип вентиляції» × «сезон року» (в обох випадках: $P < 0,001$). Це пов'язано із тим, що у віці 6 міс. концентрація загального білку у крові не залежала ані від сезону року, ані від типу вентиляції (рис. 3), тоді як у віці 24 міс. тварини, що утримувалися в умовах геотермальної вентиляції характеризувалися підвищеною концентрацією загального білку у крові незалежно від сезону року. Нарешті, у віці 12 міс. вірогідні відмінності між групами тварин, що утримувалися при різних типах вентиляції, були відмічені у відношенні концентрації загального білку у крові навесні та восени. При цьому, навесні переважали тварини, що утримувалися в умовах геотермальної вентиляції, а восени, навпаки, в умовах поперечної вентиляції.

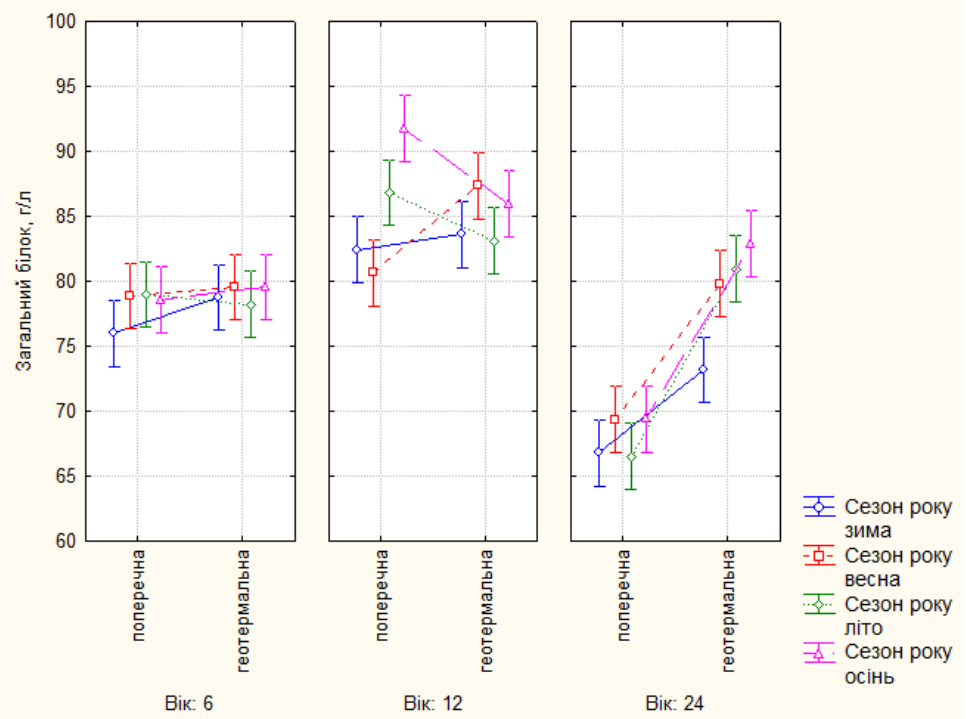


Рис. 3. Оцінки середніх арифметичних (± 95% ДІ) концентрації загального білку залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

Аналогічно, результати трифакторного дисперсійного аналізу свідчать при наявність вірогідного (у всіх випадках: P < 0,001-0,002) впливу всіх головних факторів (вікової групи, типу вентиляції та місяця року) на концентрацію альбумінів в крові (табл. 2). Що стосується сполучення факторів другого та третього порядку, то вірогідний вплив було відмічено лише для сполучення «вікова група» × «сезон року» (P = 0,003).

Таблиця 2. Результати трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на концентрацію альбумінів

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	182,9	2	91,5	33,4	< 0,001	36,5
Вентиляція (2)	30,5	1	30,5	11,1	0,002	6,1
Сезон (3)	45,9	3	15,3	5,6	0,002	9,2
1×2	6,3	2	3,1	1,1	0,326	1,3
1×3	64,1	6	10,7	3,9	0,003	12,8
2×3	15,2	3	5,1	1,9	0,150	3,0
1×2×3	24,2	6	4,0	1,5	0,208	4,8
Помилка	131,5	48	2,7	-	-	26,3
Разом	500,7	71	-	-	-	100,0

Якщо проаналізувати оцінки середніх арифметичних концентрації альбумінів в крові залежно від вікової групи, типу вентиляції та місяця року (рис. 4), то можна відмітити що, вірогідні відмінності були відмічені лише між тваринами, що утримувалися при різних типах вентиляції у віці 6 міс. та 12-місячного віку взимку.

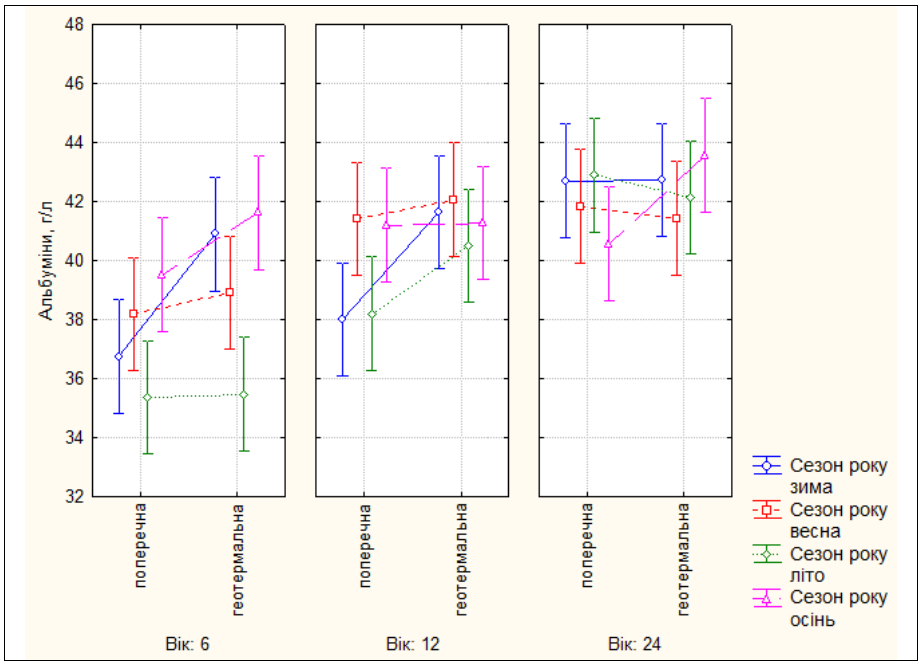


Рис. 4. Оцінки середніх арифметичних (± 95% ДІ) концентрації альбумінів залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

У відношенні концентрації глобулінів (рис. 5) результати трифакторного дисперсійного аналізу свідчать при наявність вірогідного впливу лише двох головних факторів – типу вентиляції та місяця року (в обох випадках: P < 0,001-0,002). Що стосується сполучення факторів другого та третього порядку, то вірогідний вплив було відмічено для всіх із них без виключення. Особливо суттєвий вплив мав місце для сполучення «вікова група» × «сезон року» та «вікова група» × «тип вентиляції» × «сезон року» (в обох випадках: P < 0,001).

Цей вплив обумовлено тим, що у віці 6 міс. концентрація глобулінів у крові не залежала від типу вентиляції, але була значно вищою восени, особливо серед тварин, що утримувалися в умовах поперечного типу вентиляції (рис. 3). У віці 12 міс. вірогідний вплив типу вентиляції на концентрацію глобулінів у крові мав місце лише взимку і, відповідно, тварини, що утримувалися в умовах геотермальної вентиляції значно переважали тих, що утримувалися в умовах поперечного типу вентиляції.

Таблиця 3. Результати трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на концентрацію глобулінів

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	3,5	2	1,7	1,8	0,182	2,0
Вентиляція (2)	10,6	1	10,6	10,8	0,002	5,9
Сезон (3)	38,5	3	12,8	13,0	< 0,001	21,5
1×2	6,7	2	3,3	3,4	0,043	3,7
1×3	31,0	6	5,2	5,2	< 0,001	17,3
2×3	9,7	3	3,2	3,3	0,029	5,4
1×2×3	31,5	6	5,3	5,3	< 0,001	17,6
Помилка	47,4	48	1,0	-	-	26,5
Разом	178,8	71	-	-	-	100,0

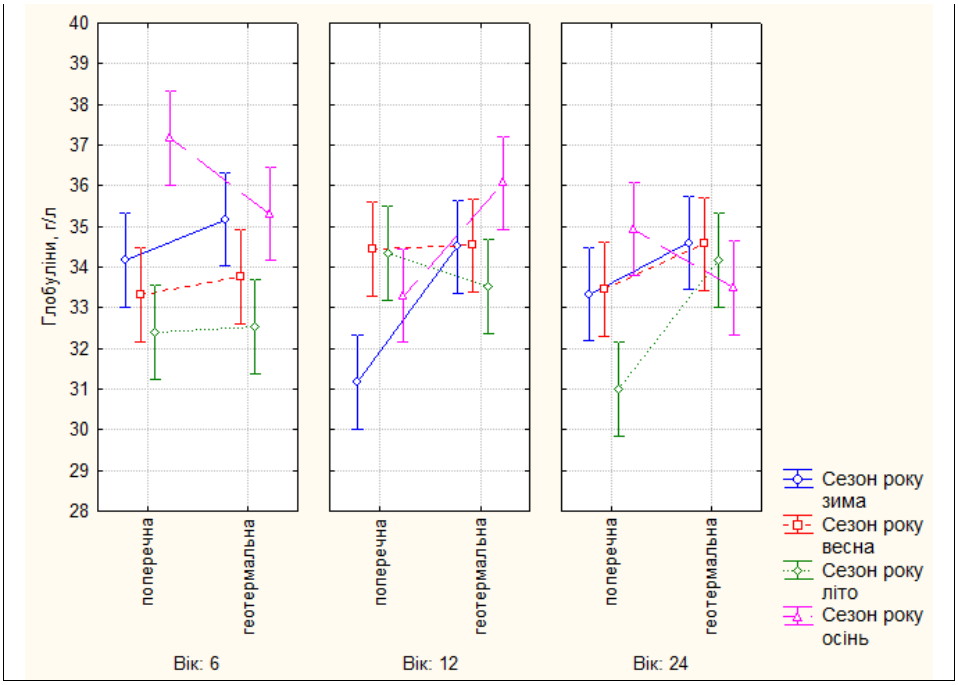


Рис. 5. Оцінки середніх арифметичних (± 95% ДІ) концентрації глобулінів залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

Аналогічну закономірність було відмічено і восени. У віці 24 міс. вірогідний вплив типу вентиляції на концентрацію глобулінів у крові мав місце лише влітку і, відповідно, тварини, що утримувалися в умовах геотермальної вентиляції значно переважали тих, що утримувалися в умовах поперечного типу вентиляції.

Результати трифакторного дисперсійного аналізу свідчать при наявність вірогідного (у всіх випадках: $P < 0,001$) впливу всіх головних факторів (вікової групи, типу вентиляції та місяця року) на концентрацію сечовини в крові (табл. 4).

Таблиця 4. Результати трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на концентрацію сечовини

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	72,3	2	36,2	50,6	< 0,001	27,0
Вентиляція (2)	89,3	1	89,3	125,0	< 0,001	33,3
Сезон (3)	23,7	3	7,9	11,1	< 0,001	8,9
1×2	23,8	2	11,9	16,7	< 0,001	8,9
1×3	4,9	6	0,8	1,1	0,353	1,8
2×3	5,2	3	1,7	2,4	0,076	2,0
1×2×3	14,2	6	2,4	3,3	0,008	5,3
Помилка	34,3	48	0,7	-	-	12,8
Разом	267,9	71	-	-	-	100,0

Що стосується сполучення факторів другого та третього порядку, то вірогідний вплив на концентрацію сечовини було відмічено для сполучення «вікова група» × «тип вентиляції» ($P < 0,001$), а також «вікова група» × «тип вентиляції» × «сезон року» ($P = 0,008$).

Аналізуючи характер мінливості даної ознаки можна вказати, що, по-перше, спостерігається чітка тенденція до зниження сили впливу типу вентиляції із зростанням віку тварин (рис. 6). Якщо у віці 6 міс. вірогідний вплив типу вентиляції на концентрацію сечовини мав місце у всі сезони року, при цьому, тварини, що утримувалися в умовах геотермального типу вентиляції значно поступалися аналогам, що утримувалися в умовах поперечної вентиляції. Але у віці 12 міс. аналогічна закономірність мала місце лише восени та в меншому ступені навесні. Нарешті, у віці 24 міс. певний вплив типу вентиляції на концентрацію сечовини було відмічено лише навесні.

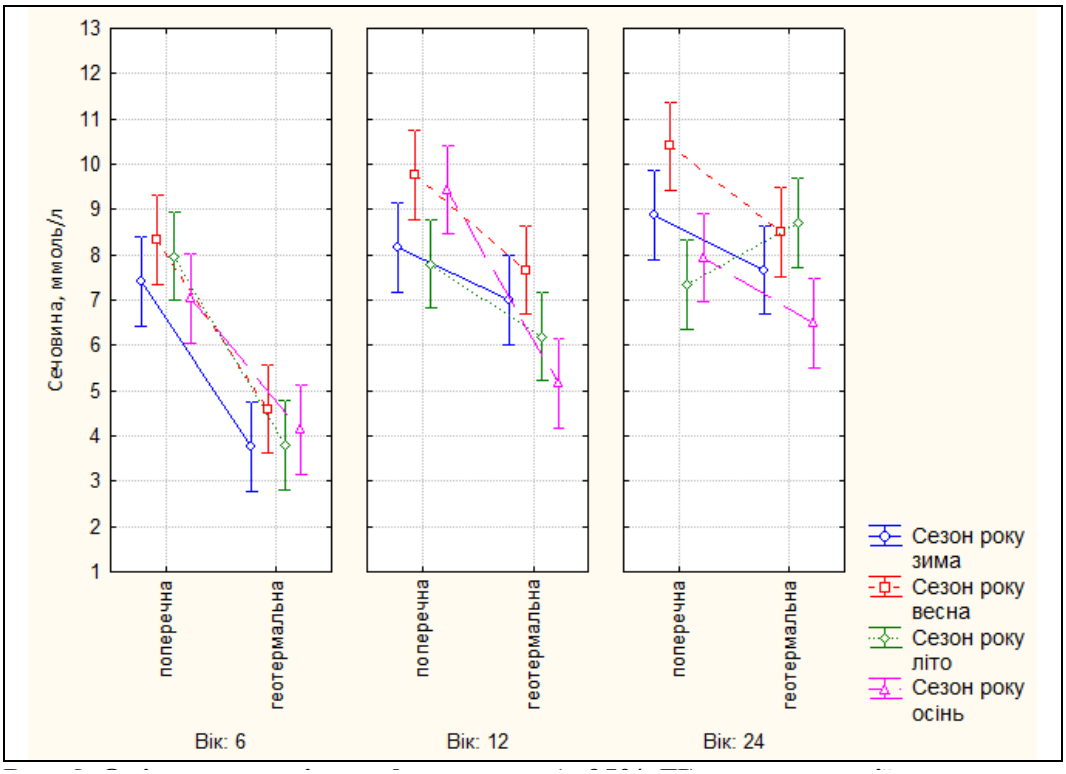


Рис. 6. Оцінки середніх арифметичних (± 95% ДІ) концентрації сечовини залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

Результати трифакторного дисперсійного аналізу свідчать при наявність вірогідного впливу на концентрацію лужної фосфатази в крові (табл. 5) лише для вікової групи та типу вентиляції (в обох випадках: $P < 0,001$). Що стосується сполучення факторів другого та третього порядку, то вірогідний вплив на концентрацію лужної фосфатази було відмічено, як і в попередньому випадку, для сполучення «вікова група» × «тип вентиляції» ($P < 0,001$), а також «вікова група» × «тип вентиляції» × «сезон року» ($P = 0,025$).

Не залежно від вікової групи, було відмічено вірогідний вплив типу вентиляції на концентрацію лужної фосфатази у всі сезони року без виключення (рис. 7). При цьому, у віці 6 міс. ці відмінності були більш суттєвими, ніж у віці 12 та 24 міс.

Таблиця 5. Результати трифакторного дисперсійного аналізу впливу вікової групи, типа вентиляції та сезону року на концентрацію лужної фосфатази

Джерело мінливості	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2, %
Вік (1)	7912,3	2	3956,2	28,7	< 0,001	8,6
Вентиляція (2)	64201,4	1	64201,4	465,8	< 0,001	69,4
Сезон (3)	558,7	3	186,2	1,4	0,269	0,6
1×2	9331,4	2	4665,7	33,9	< 0,001	10,1
1×3	1145,3	6	190,9	1,4	0,240	1,2
2×3	490,8	3	163,6	1,2	0,325	0,5
1×2×3	2214,0	6	369,0	2,7	0,025	2,4
Помилка	6616,0	48	137,8	-	-	7,2
Разом	92470,0	71	-	-	-	100,0

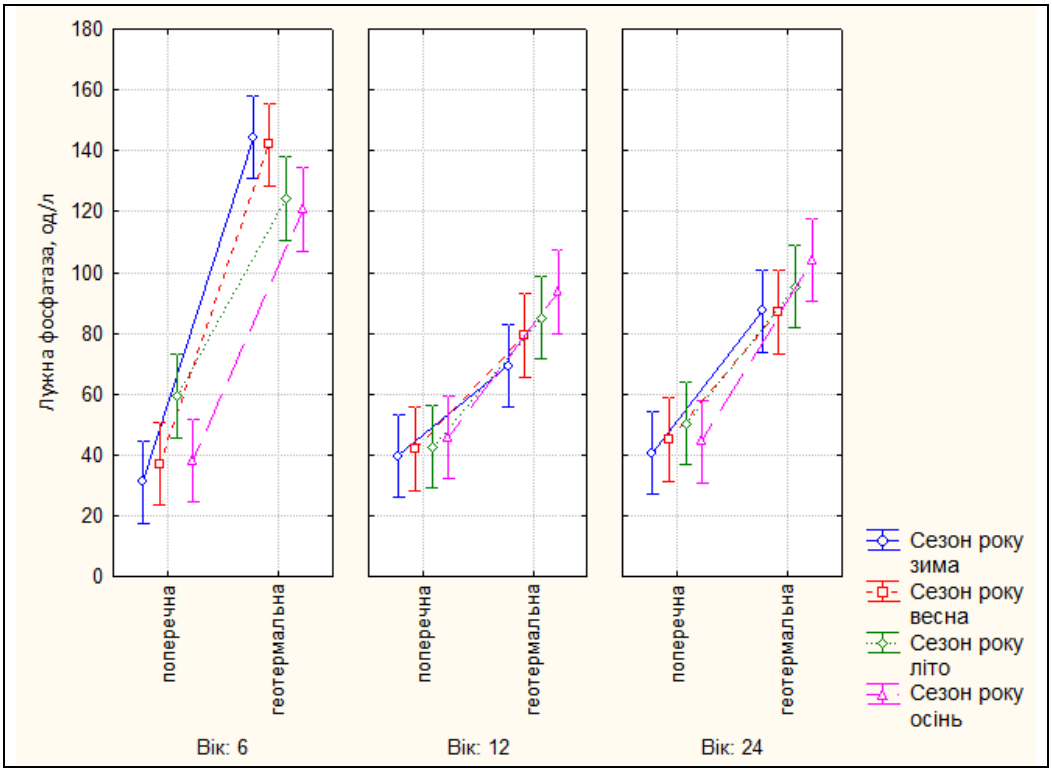


Рис. 7. Оцінки середніх арифметичних (± 95% ДІ) концентрації лужної фосфатази залежно від вікової групи, типу вентиляції та сезону року

Висновки. 1. Встановлено відсутність вірогідної міжпородної диференціації ($P > 0,05$) за основними біохімічними маркерами сироватки крові (загальний білок, альбуміни, глобуліни, сечовина, лужна фосфатаза) між кнурами-плідниками великої білої породи, ландрас та дюрок. Це підтверджує універсальний характер виявлених закономірностей стабілізації метаболічного гомеостазу за умов застосування геотермальної вентиляції незалежно від генотипу тварин.

2. Встановлено, що метаболічний статус кнурів-плідників формується під комплексним і взаємопов'язаним впливом ендогенних (вік тварин) та екзогенних (тип вентиляції та сезон року) чинників, причому характер цієї взаємодії має виражену специфіку залежно від конкретного біохімічного маркера сироватки крові.

3. Показники білкового обміну (концентрація загального білка та альбумінів) вірогідно залежать від усіх трьох головних факторів ($P < 0,001$ та $P \leq 0,002$ відповідно). Використання геотермальної вентиляції забезпечує виражений позитивний вплив на білковосинтезувальну функцію організму дорослих тварин: у кнурів у віці 24 місяців зафіксовано підвищену концентрацію загального білка в усі сезони року, тоді як у молодих тварин (6 міс.) цей показник залишається стабільним незалежно від способу повітрообміну та сезонних коливань.

4. Концентрація глобулінової фракції білків крові значною мірою визначається типом вентиляції та сезоном року ($P \leq 0,002$), тоді як ізольований вплив вікового фактора не є статистично значущим ($P = 0,182$). Проте інтерференція другого та третього порядків («вік × сезон» та «вік × тип вентиляції × сезон», $P < 0,001$) вказує на те, що оптимізація мікроклімату за допомогою геотермальної системи сприяє збереженню оптимального співвідношення білкових фракцій та покращенню адаптаційного статусу тварин у критичні сезони року: у 12-місячних кнурів – у зимовий та осінній періоди, а у 24-місячних – у літню спеку.

5. Дослідження азотистого метаболізму за концентрацією сечовини виявило високодостовірний вплив усіх головних чинників ($P < 0,001$) та їхньої потрійної взаємодії ($P = 0,008$). Встановлено закономірне зниження сили впливу вентиляційної системи на цей показник у міру дорослішання кнурів. У 6-місячному віці використання геотермальної вентиляції сприяло вірогідному зниженню рівня сечовини в крові в усі сезони року, що вказує на раціональніше використання амінокислот корму для пластичних потреб та нижчий рівень технологічного стресу у молодих плідників порівняно з контрольною групою.

6. Активність лужної фосфатази в сироватці крові регулюється переважно віком тварин та типом вентиляції ($P < 0,001$), тоді як вплив сезонного фактора є неістотним ($P = 0,269$). Оптимізація повітряного середовища завдяки геотермальній системі забезпечує виражені відмінності в активності цього ферменту в усі пори року, які є найбільш суттєвими у молодих кнурів (6 міс.), що відображає інтенсивніший перебіг фосфорно-кальцієвого обміну та остеогенезу в період їхнього активного росту.

7. Впровадження автоматизованої геотермальної вентиляції з підземним тунелем-повітропроводом у технологію утримання кнурів-плідників є фізіологічно та екологічно обґрунтованим рішенням. На відміну від

класичної поперечної вентиляції, геотермальна система нівелює температурно-вологісні коливання зовнішнього середовища, забезпечуючи стабільний метаболічний гомеостаз, покращення використання поживних речовин корму та вищий адаптаційний потенціал тварин у різні вікові періоди.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні прямого взаємозв'язку між оптимізованим метаболічним гомеостазом кнурів-плідників за умов використання геотермальної вентиляції та кількісними і якісними характеристиками спермопродукції, а також запліднювальною здатністю у різні вікові періоди. Важливим вектором майбутніх розробок є розрахунок еколого-економічної ефективності, оцінка енергозбереження та інженерне моделювання окупності автоматизованих геотермальних систем у межах реалізації концепції точного (прецизійного) свинарства.

Список використаних джерел

1. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв: МНАУ, 2019. 211 с.
2. Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми), ВНТП-АПК – 02.05. К. : Мінагрополітики України, 2005. 98 с. URL : https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf (дата звернення 20.06.2026).
3. Дещенко О.С., Лихач А.В. Вплив температурного фактору за різних систем вентиляції на фізіологічні показники кнурів-плідників. *Подільський вісник*: *сільське господарство, техніка, економіка*, 2023. № 41. С. 19–25. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-4.3
4. Іванов В. О., Волощук В. М. Біологія свиней : навч. посіб. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2009. 304 с.
5. Інструкція із штучного осіменіння свиней. Київ: Аграрна наука, 2003. 56 с.
6. Інтер'єр сільськогосподарських тварин : навч. посіб. / Й. З. Сірацький та ін. Київ: Вища освіта, 2009. 280 с.
7. Крамаренко О. С., Луговий С. І., Крамаренко С. С. Сучасні генетико-селекційні методи аналізу відтворювальних якостей свиней та овець : монографія. Миколаїв: МНАУ, 2022. 150 с.
8. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / за ред. В. В. Влізла. Львів: СПОЛОМ, 2012. 764 с.
9. Ладика В. І., Хмельничий Л. М., Повод, М. Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: підручник для аспірантів. Одеса: Олді+, 2023. 244 с.
10. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : посібник / за ред. І. І. Ібатуліна, О. М. Жукорського. Київ, 2017. 328 с.
11. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин / Г. В. Проваторов та ін. Суми: ТОВ ВДТ «Університетська книга», 2007. 488 с.
12. Підвищення продуктивності свиней за використання сучасного генофонду та інноваційних технологічних рішень : монографія / В. Я. Лихач та ін. Миколаїв: Іліон, 2022. 275 с. URL: http://dglib.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/9332 (дата звернення: 10.07.2026).
13. Про затвердження вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання : наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України від 08 лют. 2021 р. № 224. Зареєстр. в Міністерстві юстиції України 18 лют. 2021 р. за № 206/35828.
14. Технологія виробництва продукції свинарства : навчальний посібник / М. Повод та ін. ; за ред. М. Г. Повода. Київ: Науково-методичний центр ВФПО, 2021. 360 с.
15. Юр'єва К. В., Черненко О. М., Поліщук А. А., Вербельчук Т. В., Ільченко М. О., Кузьменко М. В., Кобернюк В. В., Марченко Є. І., Колот О. В. Спермопродуктивність кнурів материнських порід і батьківської лінії та вплив генотипу на кількісні та якісні показники сперми. *Вісник Сумського національного аграрного університету.* Серія: Тваринництво. 2026. № 1. С. 174–188. DOI: https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2026.1.19
16. Council Directive 2008/120/EC. (2008, December). URL : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL. (дата звернення 24.06.2026).
17. Deschenko A., Lykhach A., Lykhach V., Lenkov L., Barkar Y., Shpetny M. The impact of ventilation system type on the microclimate of boar's pen and their clinical triad parameters. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 2024. Vol. 34(3). P. 420–434. DOI: https://doi.org/10.29133/yyutbd.1424785
18. Deschenko O., Lykhach A. Behavioural patterns of boars by breed depending on age, season, and type of ventilation. *Animal Science and Food Technology*, 2024. Vol. 15(2), P. 72–92. DOI: https://doi.org/10.31548/animal.2.2024.72
19. Flowers W. L. Factors affecting the production of quality ejaculates from boars. *Animal Reproduction Science*. 2022. Vol. 246. Art. 106840. DOI: https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106840.
20. Gourdine J.-L., Rauw W. M., Gilbert H., Poullet N. The Genetics of Thermoregulation in Pigs: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. Art. 770480. DOI: https://doi.org/10.3389/fvets.2021.770480
21. Hu Z., Yang Q., Tao Y., Shi L., Tu J., Wang Y. A review of ventilation and cooling systems for large-scale pig farms. *Sustainable Cities and Society*. 2023. Vol. 89. Art. 104372. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104372.
22. Kim H., Lee I., Aarnink A., Lee B., Jeong D., Jeong H. Development and validation of an air recirculated ventilation system. Part 1: Application of system in a pig farm and evaluation of pig productivity during winter. *Biosystems Engineering*. 2023. Vol. 230. P. 106–130. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.04.008
23. Liu F., Zhao W., Le H. H., Cottrell J. J., Green M. P., Leury B. J., Dunshea F. R., Bell A. W. Review: What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry? *Animal*. 2022. Vol. 16, № 2. Art. 100349. DOI: https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100349
24. Welfare of pigs : monograph / V. Y. Lykhach, A. V. Lykhach, L. G. Lenkov, L.V. Chepil, E.V. Barkar. Mykolaiv : Ilyon, 2025. 435 p., 60 tables, 84 figures.

Lykhach V. Ya.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Animal Technology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *vylykhach80@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-9150-6730*

Lenkov L. G.
Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher at the Laboratory of Animal Nutrition, Physiology, and Health,
Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production,
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Poltava, Ukraine
E-mail: *lenkovleonid@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-1596-6740*

Otchenashko V. V.
Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Professor at the Department of Animal Nutrition and Feed Technology named after P. D. Pshenychnyi,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *otchenashko@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-0336-9340*

Melnik V. V.
Doctor of Historical Sciences, Associate Professor,
Professor at the Department of Animal Technology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *melnikvika@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-2491-757X*

Zlamanuk L. M.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Animal Technology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *zlamanuk@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-3323-4658*

A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF VENTILATION ON THE BIOCHEMICAL PROFILE OF BLOOD IN BREEDING BOARS, DEPENDING ON AGE AND SEASON

Abstract

Ensuring stable metabolic homeostasis and high reproductive performance in breeding boars is one of the most critical challenges in intensive swine production, a challenge that is significantly exacerbated by adverse seasonal fluctuations in microclimate parameters. In this regard, the search for and physiological justification of the latest technological solutions for optimizing the air environment-in particular, energy-efficient geothermal ventilation systems-and the assessment of their comprehensive impact on the animals' bodies at different life stages have become particularly relevant.

This article presents the results of a study on the isolated and combined effects of age, season, and ventilation design features on the biochemical parameters of the blood of breeding boars. The experiment was conducted during 2021–2022 at the «Stepnoy» Breeding Farm (PJSC) in the Zaporizhzhia region on boars of the Large White, Landrace, and Duroc breeds aged 6, 12, and 24 months (n = 18). Animals in the control group were housed under conventional cross-ventilation, while those in the experimental group were housed under an automated geothermal system with an underground air duct. Biochemical analysis of blood serum (total protein, albumin, globulins, urea, alkaline phosphatase) was performed using an ERBA XL-640 automatic analyzer. Statistical analysis was conducted using a three-factor analysis of variance (ANOVA) in the STATISTICA software package.

It has been established that the metabolic status of breeding stock is determined by the combined influence of endogenous and exogenous factors. Total protein and albumin levels were significantly influenced by all factors ($P < 0.01$). Geothermal ventilation increased total protein levels in 24-month-old boars during all seasons, whereas this parameter remained stable in 6-month-old animals. Globulin content was determined by ventilation system and season ($P \leq 0.002$), while the significant three-way interaction of the factors ($P \leq 0.001$) confirmed that the geothermal ventilation system contributes to maintaining an optimal balance of protein fractions and improving the adaptive status of animals during critical periods (in winter in 12-month-old animals and in summer in 24-month-old animals). Urea levels decreased under geothermal ventilation conditions in 6-month-old boars during all seasons, indicating better utilization of dietary nitrogen and reduced technological stress. Alkaline phosphatase activity depended on age and ventilation ($P < 0.001$), with the greatest differences observed during the period of active growth in boars (6 months).

It has been proven that geothermal ventilation is a physiologically sound technology that stabilizes metabolic homeostasis and enhances the adaptive capacity of breeding boars by leveling out temperature and humidity fluctuations.

Key words: *breeding boars, breed, blood biochemistry, geothermal ventilation, three-factor analysis of variance, metabolic homeostasis, age, seasonality.*

References

1. Kramarenko, S. S., Lugovoy, S. I., Lykhach, A. V. & Kramarenko O. S. (2019). *Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn [Analysis of biometric data in animal breeding and selection]*. Mykolayiv: MNAU, 211. [in Ukrainian].

2. *Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Svynarski pidpryiemstva (kompleksy, fermy, mali fermy), VNTP-APK – 02.05. [Departmental norms of technological design Pig enterprises (complexes, farms, small farms), VNTP-APK - 02.05].* K.: Minahropolityky Ukrainy, (2005), 98. Retrieved from: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf [in Ukrainian].

3. Deshchenko, O. S., & Lykhach, A. V. (2023). Vplyv temperaturnoho faktoru za riznykh system ventyliatsii na fiziolohichni pokaznyky knuriv-plidnykiv [Effect of temperature under different ventilation systems on physiological parameters of breeding boars]. Podilskyi Visnyk: Silske Hospodarstvo, Tekhnika, Ekonomika, 41, 19–25. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-4.3 [in Ukrainian].

4. Ivanov, V. O., & Voloshchuk, V. M. (2009). Biolohiia svynei [Pig biology]. Nichlava, 304. [in Ukrainian].

5. Instruktsiia iz shtuchnoho osimeninnia svynei [Instructions for artificial insemination of pigs]. (2003). Agrarna Nauka. 56. [in Ukrainian].

6. Siratskyi, Y. Z., et al. (2009). Interier silskohospodarskykh tvaryn [Exterior and constitution of farm animals]. Vyshcha Osvita, 280. [in Ukrainian].

7. Kramarenko, O. S., Luhovyi, S. I., & Kramarenko, S. S. (2022). *Suchasni henetyko-selektsiini metody analizu vidtvoriuvalnykh yakostei svynei ta ovets [Modern genetic and breeding methods for analyzing reproductive traits of pigs and sheep]*. Mykolaiv National Agrarian University, 150. [in Ukrainian].

8. Vlizlo, V. V. (2012). Laboratorni metody doslidzhen u biolohii, tvarynnytstvi ta veterynarnii medytsyni [Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine]. SPOLOM, 764. [in Ukrainian].

9. Ladyka, V. I., Khmelnychiy, L. M., Povod, M. G. (2023). *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva: pidruchnyk dlia aspirantiv [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for graduate students]*. Odesa: Oldi+, 244. [in Ukrainian].

10. Ibatulin, I. I., Zhukorskyi, O. M. (2017). *Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynnytstvi [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry]*. K., 328. [in Ukrainian].

11. Provatorov, H. V., Ladyka, V. I., Bondarchuk, L. V., Provatorova, V. O. & Opara V. O. (2007). *Normy hodivli, ratsiony i pozhyvnist kormiv dlia riznykh vydiv silskohospodarskykh tvaryn [Feeding rates, rations and feed nutrition for different types of farm animals].* Sumy: TOV VDT «Universytetska knyha», 488. [in Ukrainian].

12. Lykhach, V. Ya., Faustov, R. V., Shebanin, P. O., Lykhach, A. V. & Lenkov L. H. (2022). *Pidvyshchennia produktyvnosti svynei za vykorystannia suchasnoho henofondu ta innovatsiinykh tekhnolohichnykh rishen [Increasing pig productivity using modern gene pool and innovative technological solutions : monohrafiia].* Mykolaiv : Ilion, 275. [in Ukrainian].

13. Ministry for Development of Economy, Trade and Agriculture of Ukraine. (2021). Pro zatverdzhennia vymoh do blahopoluchchia silskohospodarskykh tvaryn pid chas yikh utrymannia [On approval of requirements for the welfare of farm animals during keeping] (Order No. 224). [in Ukrainian].

14. Povod, M. H. (2021). Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii svynarstva [Pig production technology]. Scientific and Methodological Center for Higher and Professional Pre-Higher Education, 360. [in Ukrainian].

15. Yurieva, K. V., Chernenko, O. M., Polishchuk, A. A., Verbelchuk, T. V., Ilchenko, M. O., Kuzmenko, M. V., Koberniuk, V. V., Marchenko, Ye. I., & Kolot, O. V. (2026). Spermoproduktyvnist knuriv materynskykh porid i batkivskoi linii ta vplyv henotypu na kilkisni ta yakisni pokaznyky spermy [Sperm production of boars of maternal breeds and paternal line and the effect of genotype on quantitative and qualitative semen parameters]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia: Tvarynnytstvo, (1), 174–188. https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2026.1.19 [in Ukrainian].

16. Council Directive 2008/120/EC. (2008, December). Retrieved from: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL.

17. Deschenko, A., Lykhach, A., Lykhach, V., Lenkov, L., Barkar, Y., & Shpetny, M. (2024). The impact of ventilation system type on the microclimate of boar's pen and their clinical triad parameters. Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences, 34(3), 420–434. https://doi.org/10.29133/yyutbd.1424785 [in English].

18. Deschenko, O., & Lykhach, A. (2024). Behavioural patterns of boars by breed depending on age, season, and type of ventilation. Animal Science and Food Technology, 15(2), 72–92. https://doi.org/10.31548/animal.2.2024.72 [in English].

19. Flowers, W. L. (2022). Factors affecting the production of quality ejaculates from boars. Animal Reproduction Science, 246, Article 106840. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106840 [in English].

20. Gourdine, J.-L., Rauw, W. M., Gilbert, H., & Poullet, N. (2021). The genetics of thermoregulation in pigs: A review. Frontiers in Veterinary Science, 8, Article 770480. https://doi.org/10.3389/fvets.2021.770480 [in English].

21. Hu, Z., Yang, Q., Tao, Y., Shi, L., Tu, J., & Wang, Y. (2023). A review of ventilation and cooling systems for large-scale pig farms. Sustainable Cities and Society, 89, Article 104372. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104372 [in English].

22. Kim, H., Lee, I., Aarnink, A., Lee, B., Jeong, D., & Jeong, H. (2023). Development and validation of an air recirculated ventilation system. Part 1: Application of system in a pig farm and evaluation of pig productivity during winter. Biosystems Engineering, 230, 106–130. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.04.008 [in English].

23. Liu, F., Zhao, W., Le, H. H., Cottrell, J. J., Green, M. P., Leury, B. J., Dunshea, F. R., & Bell, A. W. (2022). Review: What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry? Animal, 16(2), Article 100349. https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100349 [in English].

24. Lykhach, V. Y., Lykhach, A. V., Lenkov, L. G., Chepil, L. V., & Barkar, E. V. (2025). Welfare of pigs. Ilyon, 435. [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 20.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 12.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.10.2026