

УДК 636.03.614.9

Григораш П. Б.*аспірант кафедри ветеринарного акушерства, внутрішньої патології та хірургії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»**Кам'янець-Подільський, Україна***E-mail:** vettsy@gmail.com**ORCID:** 0009-0005-5216-6381**Горюк Ю. В.***доктор ветеринарних наук, доцент,
професор кафедри ветеринарного акушерства, внутрішньої патології та хірургії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»**Кам'янець-Подільський, Україна***E-mail:** goruky@ukr.net**ORCID:** 0000-0002-7162-8992**Кухтин М. Д.***доктор ветеринарних наук, професор,
завідувач кафедри харчової біотехнології і хімії,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**Тернопіль, Україна***E-mail:** kuchtynnic@gmail.com**ORCID:** 0000-0002-0195-0767**Горюк В. В.***кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри ветеринарного акушерства, внутрішньої патології та хірургії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»**Кам'янець-Подільський, Україна***E-mail:** horiuky@ukr.net**ORCID:** 0000-0002-1633-7287

МІКРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА БІОАЕРОЗОЛЮ В БОКСАХ ДЛЯ ВІДГОДІВЛІ СВИНЕЙ

Анотація

Загальновідомо, що для комфортного самопочуття тварин у приміщеннях необхідно, щоб параметри мікроклімату явно не відрізнялися від атмосферного. Однак висока концентрація тварин на невеликій площі та зберігання протягом деякого часу відходів (гною, сечі) у ваннах під підлогою створюють умови, які негативно впливають на якість мікроклімату. У зв'язку із цим запроваджують різні сучасні системи оптимального забезпечення мікроклімату шляхом комп'ютеризованого регулювання завдяки подачі свіжого повітря із зовнішнього середовища. Дане дослідження мало на меті провести мікробіологічне оцінювання біоаерозолі в боксах для відгодівлі свиней із метою розроблення стратегій щодо покращення умов мікроклімату ферми.

Установлено, що показники вмісту МАФАНМ та грибів у біоаерозолі свинарників на відгодівлі залежали від пори року та тривалості відгодівлі. У зимові місяці кількість МАФАНМ у біоаерозолі свинарників протягом усього періоду відгодовування свиней була у 8,0 та 2,8 рази більша, ніж у літній й осінній місяці. Зокрема, узимку кількість МАФАНМ і грибів у біоаерозолі через 2,5 місяця відгодовування становила $8,8 \pm 0,3 \times 10^5$ та $1,3 \pm 0,08 \times 10^3$ КУО/м³ відповідно, а влітку – $1,1 \pm 0,09 \times 10^5$ та $8,1 \pm 0,2 \times 10^2$ КУО/м³ відповідно. Виявлено відносно низьку родову й видову варіацію складу мікрофлори біоаерозолі свинарників протягом року. Основні представники мікробіоти біоаерозолі протягом року були незмінні та склалися зі стафілококів, мікрококів і стрептококів, на частку яких припадало 50–60% від усіх ідентифікованих бактерій. Від 20 до 26% у складі біоаерозолі протягом року становлять грамнегативні форми бактерій. З біоаерозолі приміщень для відгодівлі свиней у літній і зимовий періоди виділяються в незначній кількості умовно патогенні види стафілококів (*S. aureus*), псевдомонад (*P. aeruginosa*), які можуть бути збудниками різних запальних процесів.

Отже, для забезпечення комфортного середовища у приміщенні для відгодівлі свиней необхідно налагодити відповідну систему вентиляції, яка має бути добре спроектована та керована, оскільки вона суттєво впливає на концентрацію біоаерозолів у свинарнику.

Ключові слова: мікроклімат у свинарниках, біоаерозоль, МАФАНМ, гриби, мікробіота повітря.

Вступ. Зростання попиту на харчові продукти стимулює інтенсивний розвиток тваринництва, що спричинює негативний вплив на навколишнє середовище. У різних частинах світу тваринництво є висококонцентрованим, тобто збільшується кількість тварин і, відповідно, зростає забруднення води, ґрунтів і атмосферного повітря. Свинарство належить до тваринницької галузі, яка суттєво впливає на екосистему через накопичення значної кількості відходів із неприємним запахом [24; 27]. Забруднювачі повітря, які утворюються на тваринницьких фермах, можуть безпосередньо впливати на здоров'я тварин, працівників господарств і осіб, які проживають у навколишній місцевості [10; 29].

Поряд із забруднювачами хімічної природи на свинофермах формується динамічне середовище з асоційованими мікробними спільнотами, які мають природні резервуари серед компонентів цієї екосистеми [9; 19]. Через розмаїття мікроорганізмів у такому середовищі застосування належних гігієнічних практик, рекомендованих європейським і українським законодавством, не завжди гарантує належні санітарно-гігієнічні умови.

Біоаерозолі на свинофермах є важливою біологічною частиною в повітрі та містять бактерії, гриби, віруси, ендотоксини [3; 7; 24]. Біоаерозолі, які забруднюють повітря, здатні спричиняти алергію, онкологічні, респіраторні й інфекційні захворювання як у людей, так і у тварин [4; 12; 25]. Серед мікроорганізмів, що переносяться повітрям, багато видів нині ідентифіковано як патогени [11; 13]. Тому розуміння формування хімічного та мікробіологічного складу біоаерозолів на свинофермах має велике значення для розроблення та впровадження різних профілактичних заходів щодо зменшення поширення неприємних запахів і патогенних мікроорганізмів. У закритих приміщеннях висока концентрація бактерій, яка є наслідком аерозоляції фекалій, кормів, фрагментів шкіри, під час переміщення тварин є досить небезпечною [5].

В Україні відсутні стандарти щодо нормування кількості мікроорганізмів у повітрі свинарників, хоча існує багато даних про небезпечність високого рівня мікроорганізмів для здоров'я людей, які працюють у галузі тваринництва [15; 26]. Згідно з нормативними документами Інституту сільського здоров'я в Любліні (Польща), для робочого середовища, яке забруднене органічним пилом, рекомендується, щоб кількість МАФАНМ не перевищувала 2×10^5 КУО/м³, грамнегативних бактерій – 2×10^4 КУО/м³ і грибів – до 5×10^4 КУО/м³ [22]. Перевищення даних значень збільшує ризик потенційних шкідливих наслідків у працівників, які зазнають впливу.

Дослідники повідомляють, що кількість мікроорганізмів у повітрі приміщень тваринницьких ферм може становити від $4,4 \times 10^4$ до $1,5 \times 10^7$ КУО/м³ [14]. За даними [24], у свинарниках для відгодівлі свиней, які утримувалися на солом'яній підстилці, загальна кількість бактерій (мезофільних) в 1 м³ повітря в зимовий сезон становила $3,6 \times 10^6$ КУО, тоді як улітку – $4,6 \times 10^6$ КУО.

Отже, з огляду на те, що промислове висококонцентроване свинарство в Україні активно розвивається, а дослідження щодо показників мікроклімату у приміщеннях є досить обмеженими, наявна наукова потреба у визначенні мікробіологічних загроз і розробленні профілактичних заходів щодо забезпечення належного гігієнічного й епідеміологічного стану середовища ферми та запобігання значному викиду біоаерозолів в атмосферне повітря.

Мета дослідження. Метою роботи було проведення мікробіологічного оцінювання біоаерозолів в боксах для відгодівлі свиней для розроблення стратегій щодо покращення умов мікроклімату ферми.

Виклад основного матеріалу дослідження. Лабораторні дослідження виконані у ЗВО «Подільський державний університет», а виробничі – у ПП «Аграрна компанія 2004» протягом 2023–2024 рр. У господарстві свиней утримують на решітчастій підлозі у приміщенні на 850 голів, яке розділено на бокси по 50 голів. Дослідження проведено у приміщеннях із відгодівлі свиней із 76 по 160 добу. У даних свинарниках установлена сучасна автоматизована система забезпечення оптимальних показників мікроклімату “Big Dutchman”, яка контролює такі показники залежно від кількості голів у приміщенні, як вологість, температуру, швидкість руху повітря, притоки вентиляції.

Дослідження повітря в боксах для відгодівлі свиней проводили загальновизнаним седиментаційним методом «способом конверта». Для цього підготовлені чашки Петрі із селективними середовищами для виділення різних видів бактерій розставляли на висоті 1 м від підлоги (чотири чашки по кутах, а п'ята – у центрі). Після 30 хвилин експозиції чашки Петрі закривали кришками та ставили в сумку-холодильник і доставляли в мікробіологічну лабораторію протягом 2 годин для дослідження. Визначення кількості МАФАНМ у біоаерозолі свинарників проводили на м'ясопептонному агарі (далі – МПА), стафілококів і мікрококів – на кров'яному агарі з 5% крові та 7% натрію хлориду, коринебактерій і стрептококів – на кров'яному агарі, *Streptococcus Selective Agar*, лактобацил – на *MRS*-середовищі, виділення псевдомонад проводили на ацетамідному середовищі, інші неферментуючі бактерії (*Acinetobacter spp.* і *Alcaligenes spp.*) – на МПА за інкубації чашок за температури +10 °С – 7 діб, ентеробактерії – на Ендо-середовищі, гриби – на Сабуро-середовищі (HiMedia, India). Час і температуру інкубації чашок із посівами вибирали з урахуванням оптимальної біохімічної активності для кожного виду мікроорганізмів [1; 17]. Ідентифікацію ізольованих культур мікроорганізмів проводили за мікроскопічною картиною та метаболічною активністю, за допомогою комерційних API-тестів (bioMérieux, Польща).

Усі результати досліджень характеризували за допомогою методів варіаційної статистики з використанням програми *Statistica 9.0* (StatSoft Inc., USA). Застосовували непараметричні методи досліджень (критерії Вілкоксона, Манна – Вітні). Визначали середнє арифметичне (М), стандартну похибку середньої величини ($M \pm m$). Різницю між порівнюваними величинами вважали достовірною за $P < 0,05$.

Щоби всебічно схарактеризувати мікробіоту біоаерозолі приміщення для відгодівлі свиней, було визначено кількісні мікробіологічні показники протягом періоду відгодівлі залежно від пори року. У таблиці 1 наведено дослідження забруднення повітря МАФАНМ та грибами у свинарнику для відгодівлі.

Таблиця 1. Мікробна контамінація повітря у свинарнику за відгодівлі свиней і забезпечення мікроклімату за допомогою системи “Big Dutchman”, $M \pm m$, $n = 45$

Пара року	Період утримання свиней у приміщенні	Вміст мікроорганізмів, КУО/м ³	
		КМАФАНМ	Гриби
Зима	10 діб	$1,3 \pm 0,1 \times 10^5$	$2,1 \pm 0,1 \times 10^2$
	1 міс.	$5,5 \pm 0,2 \times 10^{5**}$	$8,9 \pm 0,3 \times 10^2$
	2,5 міс.	$8,8 \pm 0,3 \times 10^{5**}$	$1,3 \pm 0,08 \times 10^{3**}$
Весна	10 діб	$1,0 \pm 0,08 \times 10^5$	$3,3 \pm 0,1 \times 10^2$
	1 міс.	$2,0 \pm 0,1 \times 10^{5*}$	$5,4 \pm 0,2 \times 10^2$
	2,5 міс.	$5,7 \pm 0,2 \times 10^{5**}$	$7,9 \pm 0,3 \times 10^{2*}$
Літо	10 діб	$5,2 \pm 0,2 \times 10^4$	$4,2 \pm 0,2 \times 10^2$
	1 міс.	$8,0 \pm 0,3 \times 10^4$	$7,5 \pm 0,3 \times 10^2$
	2,5 міс.	$1,1 \pm 0,09 \times 10^{5*}$	$8,1 \pm 0,2 \times 10^{2*}$
Осінь	10 діб	$7,2 \pm 0,2 \times 10^4$	$4,3 \pm 0,2 \times 10^2$
	1 міс.	$9,3 \pm 0,3 \times 10^4$	$7,8 \pm 0,3 \times 10^2$
	2,5 міс.	$3,1 \pm 0,1 \times 10^{5**}$	$1,1 \pm 0,1 \times 10^{3*}$

Примітка: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$ – порівняно з кількістю на 10 добу.

З даних табл. 1 спостерігаємо закономірну тенденцію щодо найменшого вмісту бактеріальної та грибової мікробіоти в біоаерозолі свинарників на початку відгодівлі (10 доба) з поступовим збільшенням концентрації мікрофлори в повітрі в наступні місяці відгодовування. Зокрема, узимку протягом 1 місяця відгодівлі кількість МАФАНМ у біоаерозолі свинарників зростала в 4,2 раза ($P < 0,01$), а впродовж 2,5 місяця – у 6,7 раза ($P < 0,01$), що становило $5,5 \pm 0,2 \times 10^5$ та $8,8 \pm 0,3 \times 10^5$ КУО/м³ відповідно.

У теплі періоди року динаміка забруднення повітря мікроорганізмами у свинарнику була нижча, ніж у холодні. Так, весною у визначені періоди дослідження біоаерозолі у свинарнику кількість МАФАНМ зростала у 2,0 раза ($P < 0,05$) та 5,7 раза ($P < 0,01$), відповідно до $5,7 \pm 0,2 \times 10^5$ КУО/м³. У літні й осінні місяці динаміка накопичення мікрофлори в біоаерозолі свинарників за відгодівлі свиней була ще нижча, ніж навесні. Зростання МАФАНМ протягом першого місяця відгодівлі літом і восени було в 1,5 та 1,2 раза, відповідно – до $8,0 \pm 0,3 \times 10^4$ та $9,3 \pm 0,3 \times 10^4$ КУО/м³. За 2,5 місяці відгодівлі кількість МАФАНМ у літні місяці в біоаерозолі збільшилася у 2,1 раза ($P < 0,05$), а в осінні – у 4,3 раза ($P < 0,01$), була найменша порівняно з іншими місяцями дослідження. До того ж встановлено, що в зимові місяці кількість МАФАНМ у біоаерозолі свинарників протягом усього періоду відгодовування була у 8,0 та 2,8 раза більша, ніж у літні й осінні місяці.

Аналіз кількості грибової мікробіоти в біоаерозолі свинарників за відгодівлі свиней виявив таку ж тенденцію, як за динаміки МАФАНМ. Зокрема, початкова кількість грибів через десять діб відгодівлі становила $2,1\text{--}4,3 \times 10^2$ КУО/м³, з найбільшим зростанням узимку – у 6,1 раза ($P < 0,01$) протягом 2,5 місяці відгодівлі, у середньому у 2,5 раза ($P < 0,05$) у весняні й осінні місяці, водночас найменше збільшення вмісту грибів у повітрі свинарників реєстрували літом – в 1,5 раза ($P < 0,05$).

Отже, дослідження показує, що під час відгодівлі свиней у біоаерозолі поступово відбувається накопичення бактеріальної та грибової мікробіоти, яка може передаватися повітряно-крапельним шляхом. Тому забезпечення ефективної роботи системи мікроклімату є запорукою зниження концентрації мікроорганізмів у повітрі та негативного «тиску» на імунну систему тварин.

З наукового погляду для детального розуміння чинників і джерел формування біоаерозолі у свинарниках за сучасних способів відгодівлі свиней мають проводитися дослідження з визначення родового складу мікробіоти. На рис. 1 наведено дані з ідентифікації мікроорганізмів, виділених з біоаерозолі у свинарниках.

У результаті проведеного аналізу родового складу мікрофлори біоаерозолі приміщення для утримання свиней на відгодівлі (рис. 1) відзначаємо, що стафілококи становлять найбільшу частку ідентифікованої мікробіоти – 35,0%. Приблизно в 1,8 раза менше становили у складі мікробіоти біоаерозолі бактерії роду *Micrococcus* – 19,5%, у 5,4 раза менше, ніж стафілококи, були представлені стрептококи – 6,5%. Сумарно ці три роди грампозитивних коків становили більшу частину мікрофлори біоаерозолі свинарників у літній період – 61%. Серед грампозитивних паличкоподібних бактерій найпоширенішим був рід *Lactobacillus*, частка якого у складі мікробіоти біоаерозолі становила 7,4%, а роду *Bacillus* – 4,8%.

Необхідно відзначити, що досить значну частку мікробіоти біоаерозолі свинарників становили грамнегативні бактерії – 19,8%, серед них на рід *Acinetobacter* припадала половина від цих бактерій. Інші ідентифіковані у складі повітря свинарників бактерії мали незначну частку – до 3%.

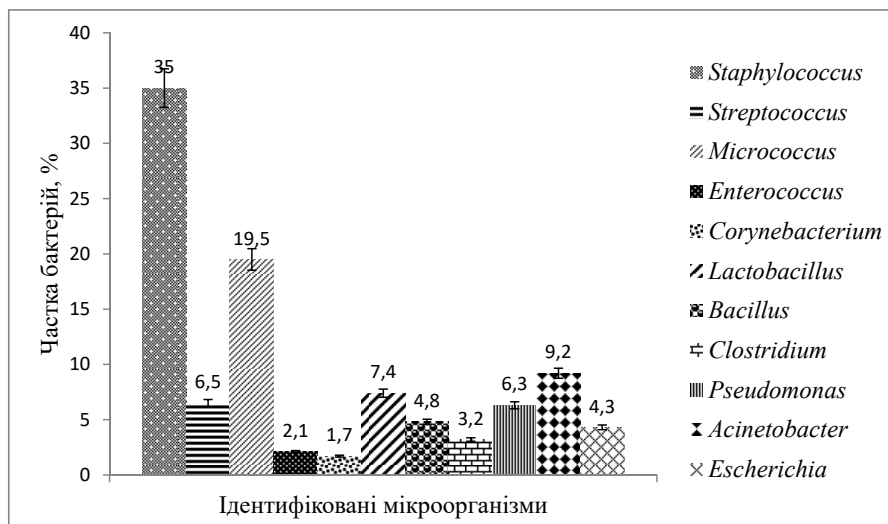


Рис. 1. Відсотковий склад ідентифікованої мікробіоти біоаерозолі свинарників для відгодівлі у літній період

Отже, біоаерозоль приміщень за відгодівлі свиней у літній період в основному представлений грампозитивними бактеріями, серед яких стафілококи, мікрококи та стрептококи є панівною мікробіотою, у складі яких можуть бути повітряно-крапельні збудники.

Дослідження складу мікробіоти біоаерозолі свинарників у зимовий період наведено на рис. 2.

З рис. 2 спостерігаємо, що загалом відсотковий склад основних морфологічних груп бактерій біоаерозолі в зимовий період не змінився порівняно з літнім періодом, водночас відмічаємо деякі особливості. А саме, зменшення частки грампозитивної мікробіоти в біоаерозолі та збільшення грамнегативних бактерій. Так, зазначено сумарне зростання псевдомонад, коліформних бактерій і ацінобактерій – до 26,8%, зменшення кокової групи (стафілококи, мікрококи, стафілококи) – до 25,1%. Усі інші ідентифіковані роди не зазнавали вірогідних змін щодо відсоткової частки у складі біоаерозолі приміщень за відгодівлі свиней у зимовий період.

Отже, особливістю мікробіологічного складу біоаерозолі свинарників за використання сучасних систем забезпечення мікроклімату в зимовий період є збільшення частки грамнегативної мікрофлори.

Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, ідентифіковано п'ять родів патогенних мікроорганізмів, що здатні інфікувати людей через біоаерозоль і спричиняти захворювання (*Pseudomonas*, *Escherichia-Shigella*, *Acinetobacter*, *Streptococcus* і *Staphylococcus*). Оскільки працівники ферм перебувають у постійному контакті із тваринами, необхідно оцінити ризик їх інфікування. Тому нами було проведено ідентифікацію найбільш значущих умовно патогенних видів бактерій біоаерозолі приміщень за відгодівлі свиней у різні періоди року.

З рис. 3 видно, що в літній період у складі біоаерозолі свинарників бактерії роду *Staphylococcus* у 88,7% випадків були представлені коагулазонегативними видами стафілококів (далі – КНС), які зазвичай вважаються

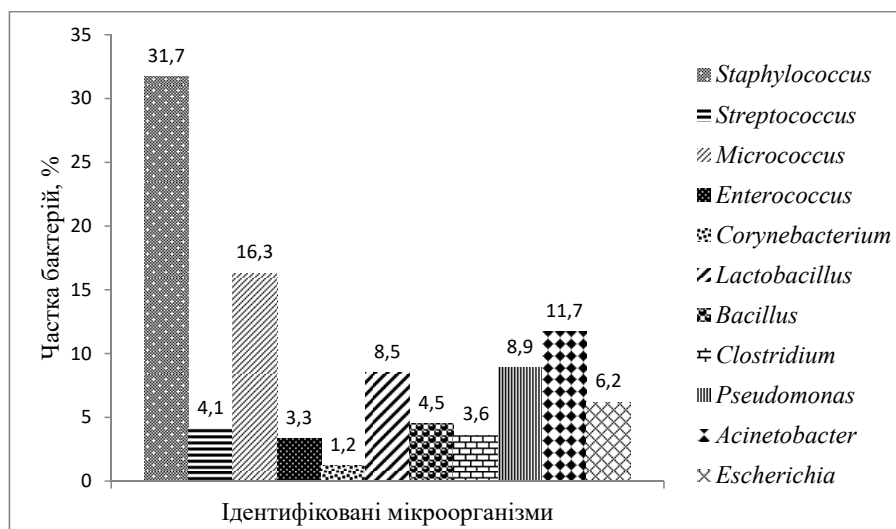


Рис. 2. Відсотковий склад ідентифікованої мікробіоти біоаерозолі свинарників для відгодівлі в зимовий період

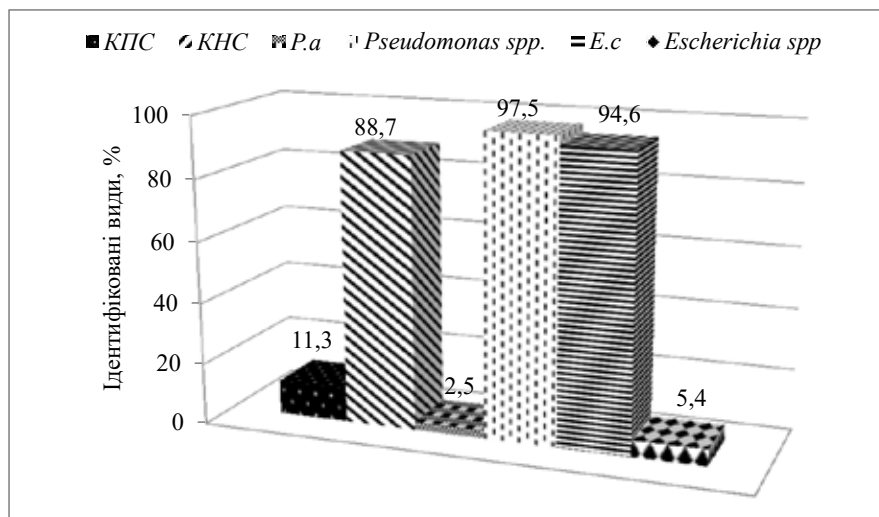


Рис. 3. Ідентифікація найбільш значущих умовно патогенних видів бактерій мікробіоти біоаерозолі свинарників для відгодівлі в літній період

сапрофітними. Водночас на частку умовно патогенних, які є збудниками різних запальних процесів – коагулазопозитивних видів (далі – КПС) припадало 11,3% серед усієї стафілококової мікробіоти. Бактерії роду *Pseudomonas* у 2,5% були представлені умовно патогенним видом *P. aeruginosa*, який вважається потенційно небезпечним для людей і тварин. Ідентифіковані з біоаерозолі свинарників *Escherichia* були представлені в 94,6% видом *E. coli*.

Отже, з біоаерозолі приміщень для відгодівлі свиней у літній період виділяються, хоч і не у значній кількості, умовно патогенні види стафілококів, псевдомонад, які можуть бути збудниками різних запальних процесів.

Ідентифікація складу трьох родів бактерій, виділених із біоаерозолі в зимовий період, наведена на рис. 4.

Відмічаємо збільшення на 4,6% КПС і в середньому удвічі *P. aeruginosa* у складі біоаерозолі в зимовий період, порівняно з біоаерозолем, дослідженим у літній період (рис. 4).

Загалом можна відзначити, що в біоаерозолі свинарників навіть за використання сучасної системи регулювання мікроклімату присутні умовно патогенні бактерії, які можуть передаватися повітряно-крапельним шляхом. Тому поряд із застосуванням ефективної системи контролю мікроклімату необхідно запроваджувати інші санітарно-гігієнічні заходи із прибирання та біодеградації гною, оскільки це прямий шлях формування мікробіоти біоаерозолі.

Загальновідомо, що для комфортного самопочуття тварин у приміщеннях необхідно, щоб параметри мікроклімату явно не відрізнялися від атмосферного. Однак висока концентрація тварин на невеликій площі та зберігання протягом деякого часу відходів (гною, сечі) у ваннах під підлогою створюють умови, які негативно впливають на якість мікроклімату. У зв'язку із цим запроваджують різні сучасні системи оптимального забезпечення мікроклімату шляхом комп'ютеризованого регулювання завдяки подачі свіжого повітря із зовнішнього

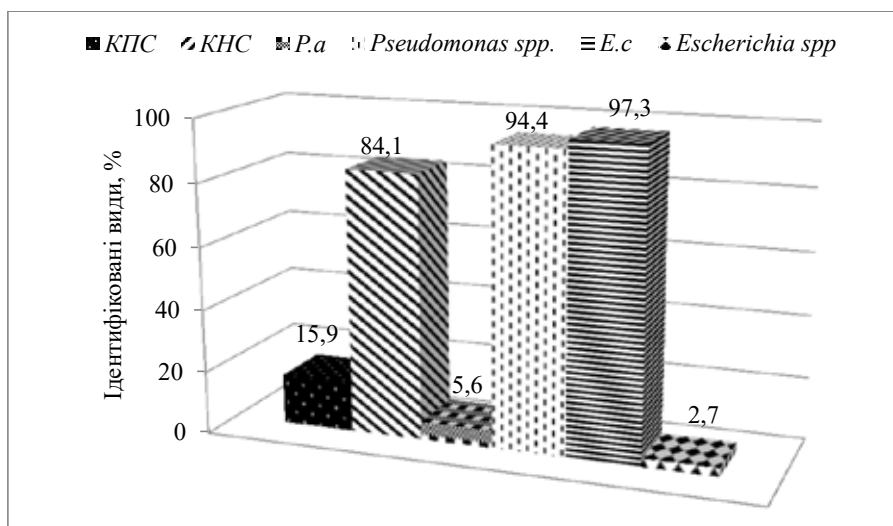


Рис. 4. Ідентифікація найбільш значущих умовно патогенних видів бактерій мікробіоти біоаерозолі свинарників для відгодівлі в зимовий період

середовища. Дане дослідження мало на меті проведення мікробіологічного оцінювання біоаерозолі в боксах для відгодівлі свиней для розроблення стратегій щодо покращення умов мікроклімату ферми.

Установлено, що показники вмісту МАФАНМ і грибів у біоаерозолі свинарників на відгодівлі залежали від пори року та тривалості відгодівлі. Найбільшу кількість мікроорганізмів у біоаерозолі виявляли взимку та наприкінці терміну відгодівлі (2,5 місяця), порівняно з літом і першими 10 днями відгодівлі. У зимові місяці кількість МАФАНМ у біоаерозолі свинарників протягом усього періоду відгодовування свиней була у 8,0 та 2,8 рази більша, ніж у літні й осінні місяці. Зокрема, взимку кількість МАФАНМ і грибів у біоаерозолі через 2,5 місяця відгодовування становила $8,8 \pm 0,3 \times 10^5$ та $1,3 \pm 0,08 \times 10^3$ КУО/м³ відповідно, а літом – $1,1 \pm 0,09 \times 10^5$ та $8,1 \pm 0,2 \times 10^2$ КУО/м³ відповідно. Тобто в літні місяці показники мікроклімату у свинарниках за вмістом МАФАНМ відповідали гігієнічним нормативам, які рекомендують у Польщі [22], протягом усього періоду відгодовування, а взимку – тільки протягом перших 10 днів відгодовування. У дослідженнях, проведених на невеликих свинокомплексках, з поголів'ям до 100 тварин, автори реєстрували такі мікробіологічні параметри мікроклімату: у зимовий сезон кількість МАФАНМ становила $3,6 \times 10^6$ КУО/м³, $4,6 \times 10^6$ КУО/м³ – улітку, тобто дослідники не виявили залежності протягом року [24]. Водночас система вентиляції в даному відгодівельному цеху була заснована на природно-механічній вентиляції з термодатчиком. Вентилятори автоматично вмикалися, якщо температура у приміщенні піднімалася до 18 °С. За низьких температур повітрообмін здійснювався тільки природним шляхом. Отримані значення більше як на один порядок перевищували гігієнічні нормативи, орієнтовані на здоров'я людини ($2,0 \times 10^5$ КУО/м³) для цього сектору [24; 29], що є також свідченням дуже низького санітарного стану приміщень.

На нашу думку, на кількість мікроорганізмів у повітрі біоаерозолі виробничих приміщень суттєвий вплив має запровадження ефективної системи контролю мікроклімату та заходів щодо видалення гною та роздачі кормів. У невеликих господарствах не завжди є матеріальна зацікавленість у запровадженні такої системи, а наявна зазвичай не є автоматизованою. Застосована в нашому господарстві система контролю мікроклімату "Big Dutchman" контролює показники залежно від кількості голів у приміщенні та постійно підтримує сталу вологість, температуру, швидкість руху повітря, притоки вентиляції. Очевидно, завдяки сучасним технологіям контролю мікроклімату навіть на великих свинокомплексках можна краще забезпечувати оптимальні умови мікроклімату. Про високий рівень мікробного забруднення повітря у свинарниках повідомлялося й в інших країнах [6; 16]. У нашому дослідженні ми вважаємо, що підвищена концентрація мікроорганізмів у повітрі взимку є результатом зниження швидкості руху повітря, про таку динаміку повідомляють також інші автори у своїх дослідженнях [21; 23].

Наші дослідження узгоджуються з даними [8] про те, що органічний пил, що походить переважно з кормів, фекалій і шкіри тварин, є основним чинником формування біоаерозолі, що відбувається у тваринницьких приміщеннях. Дослідники [20] вказують, що збільшення концентрації пилу в повітрі призводить не тільки до збільшення вмісту аміаку, алергенних сполук, але й загальної кількості мікроорганізмів, що потрапляють у повітря.

Отримані нами результати дослідження показують відносно низьку родову й видову варіацію складу мікрофлори біоаерозолі свинарників протягом року. Основні представники мікробіоти біоаерозолі протягом року були незмінні та складалися зі стафілококів, мікрококів і стрептококів, на частку яких припадало 50–60% усіх ідентифікованих бактерій. Від 20 до 26% у складі біоаерозолі протягом року становлять грамнегативні форми бактерій. Ці результати узгоджуються з даними [18; 24; 29] про те, що грампозитивні бактерії з роду *Staphylococcus* та *Micrococcus* становлять високий відсотковий внесок у загальну кількість мікроорганізмів повітря тваринницьких приміщень. Хоча існують і протилежні дані [28], що мікробне розмаїття у свинарнику було вищим взимку, ніж улітку. Цю різницю можна пояснити різною практикою ведення тваринництва в різних країнах, зокрема й будовою приміщень, системою вентиляції, технологіями утримання тварин, годівлі й обробки гною. Тому ми вважаємо, що загальна мікробіота біоаерозолі на свинокомплексках формується з одних джерел – фекалій, корми, шкірний покрив.

Наші дослідження також виявили, що в біоаерозолі свинарників циркулюють умовно патогенні бактерії, як-от КПС, синьогнійна та кишкова палички, тобто бактерії, які є збудниками різних запальних процесів і небезпечні для людей. Водночас дослідники [2] виявляли велику частку *Lactobacillus* і *Aerococcus* у носі свиней і на їхній шкірі, що могло б після випадання та потенційної аерозоляції пояснити збільшення їхньої частки в повітрі свиноферми. Отже, отримані нами результати щодо бактеріального забруднення повітря свиноферм викликають занепокоєння та підкреслюють необхідність більш глибоких досліджень складу мікробіоти біоаерозолів. Особливо щодо того, чи може біоаерозоль свиноферм бути джерелом передачі антибіотикостійких бактерій працівникам ферм і через інші предмети навколишнього середовища.

Тому ми вважаємо, незважаючи на застосування сучасної системи забезпечення мікроклімату, велике значення має дотримання санітарних умов у приміщенні. У разі утримання свиней на решітчастій підлозі – ще й застосування біодеструкторів для розкладання гною та сечі у ваннах під підлогою. Використання біодеструкторів має базуватися на врахуванні технології утримання свиней і способів компостування відходів, оскільки склад мікробних препаратів різний, мікроорганізми та додані ензими є активними за визначених умов (температура, рН, вологість тощо).

Отже, для забезпечення комфортного середовища у приміщенні для відгодівлі свиней необхідно налагодити відповідну систему вентиляції, яка має бути добре спроектована і керована, оскільки вона суттєво впливає на концентрацію біоаерозолів у свинарнику. До того ж необхідно підтримувати санітарний стан у приміщеннях з одночасним застосуванням біодеструкторів.

Висновки. 1. Установлено, що показники вмісту МАФАНМ та грибів у біоаерозолі свинарників на відгодівлі залежали від пори року та тривалості відгодівлі. У зимові місяці кількість МАФАНМ у біоаерозолі свинарників протягом усього періоду відгодовування свиней була у 8,0 та 2,8 раза більша, ніж у літні й осінні місяці. Зокрема, узимку кількість МАФАНМ і грибів у біоаерозолі через 2,5 місяця відгодовування становила $8,8 \pm 0,3 \times 10^5$ і $1,3 \pm 0,08 \times 10^3$ КУО/м³ відповідно, а літом – $1,1 \pm 0,09 \times 10^5$ і $8,1 \pm 0,2 \times 10^2$ КУО/м³ відповідно.

2. Виявлено відносно низьку родову й видову варіацію складу мікрофлори біоаерозолу свинарників протягом року. Основні представники мікробіоти біоаерозолу протягом року були незмінні та склалися зі стафілококів, мікрококів і стрептококів, на частку яких припадало 50–60% усіх ідентифікованих бактерій. Від 20 до 26% у складі біоаерозолу протягом року становлять грамнегативні форми бактерій.

3. З біоаерозолу приміщень для відгодівлі свиней у літній і зимовий періоди виділяються в незначній кількості умовно патогенні види стафілококів (*S. aureus*), псевдомонад (*P. aeruginosa*), які можуть бути збудниками різних запальних процесів.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні нових способів для забезпечення комфортного середовища у приміщенні для відгодівлі свиней – необхідно налагодити відповідну систему вентиляції, яка має бути добре спроектована та керована, оскільки вона суттєво впливає на концентрацію біоаерозолів у свинарнику.

Список використаних джерел

1. Кухтин М.Д., Кравченко Х.Ю. Лабораторний практикум з мікробіології молока і молочних продуктів : навчальний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 157 с.
2. A detailed investigation of the porcine skin and nose microbiome using universal and *Staphylococcus* specific primers / M.L. Strube et al. *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8. № 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30689-y>.
3. A systematic review of the public health risks of bioaerosols from intensive farming / P. Douglas et al. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2018. Vol. 221. № 2. P. 134–173. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.019>.
4. Antibiotics, Bacteria, and Antibiotic Resistance Genes: Aerial Transport from Cattle Feed Yards via Particulate Matter / A. D. McEachran et al. *Environmental Health Perspectives*. 2015. Vol. 123. № 4. P. 337–343. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408555>.
5. Arfken A.M., Song B., Sung J.-S. Comparison of Airborne Bacterial Communities from a Hog Farm and Spray Field. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2015. Vol. 25. № 5. P. 709–717. <https://doi.org/10.4014/jmb.1408.08005>.
6. Banhazi T.M., Rutley D.L., Pitchford W.S. Identification of Risk Factors for Sub-Optimal Housing Conditions in Australian Piggeries : Part 4. Emission Factors and Study Recommendations. *Journal of Agricultural Safety and Health*. 2008. Vol. 14. № 1. P. 53–69. <https://doi.org/10.13031/2013.24123>.
7. Bioaerosol is an important transmission route of antibiotic resistance genes in pig farms / L. Song et al. *Environment International*. 2021. Vol. 154. P. 106559. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106559>.
8. Bottcher R.W. An Environmental Nuisance: Odor Concentrated and Transported by Dust. *Chemical Senses*. 2001. Vol. 26. № 3. P. 327–331. <https://doi.org/10.1093/chemse/26.3.327>.
9. Brouček J., Čermák B. Emission of Harmful Gases from Poultry Farms and Possibilities of Their Reduction. *Ekologia*. 2015. Vol. 34. № 1. <https://doi.org/10.1515/eko-2015-0010>.
10. Buoi E., Cialini C., Costa A. Air Quality Assessment in Pig Farming: The Italian Classyfarm. *Animals*. 2023. Vol. 13. № 14. P. 2297. <https://doi.org/10.3390/ani13142297>.
11. Characteristics of aerosols from swine farms: A review of the past two-decade progress / T. Liu et al. *Environment International*. 2023. P. 108074. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108074>.
12. Concentration and composition of bioaerosol emissions from intensive farms: Pig and poultry livestock / T.L. Gladding et al. *Journal of Environmental Management*. 2020. Vol. 272. P. 111052. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111052>.
13. Concentration, Size Distribution, and Infectivity of Airborne Particles Carrying Swine Viruses / C. Alonso et al. *PLOS ONE*. 2015. Vol. 10. № 8. P. e0135675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135675>.
14. Concentrations and Emissions of Airborne Endotoxins and Microorganisms in Livestock Buildings in Northern Europe / J. Seedorf et al. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1998. Vol. 70. № 1. P. 97–109. <https://doi.org/10.1006/jaer.1997.0281>.
15. Diversity of tetracycline- and erythromycin-resistant bacteria in aerosols and manures from four types of animal farms in China / M. Chen et al. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019. Vol. 26. № 23. P. 24213–24222. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05672-3>.
16. Eduard W. Do farming exposures cause or prevent asthma? Results from a study of adult Norwegian farmers. *Thorax*. 2004. Vol. 59. № 5. P. 381–386. <https://doi.org/10.1136/thx.2004.013326>.
17. Effect of lactic acid microorganisms on the content of nitrates in tomato in the process of pickling / M. Kukhtyn et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1. № 11 (91). P. 69–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.120548>.
18. Exposure of Workers to Airborne Microorganisms in Open-Air Swine Houses / C.W. Chang et al. *Applied and Environmental Microbiology*. 2001. Vol. 67. № 1. P. 155–161. <https://doi.org/10.1128/aem.67.1.155-161.2001>.
19. Forcada F., Abecia J.A. How Pigs Influence Indoor Air Properties in Intensive Farming: Practical Implications – A Review. *Annals of Animal Science*. 2019. Vol. 19. № 1. P. 31–47. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0030>.

20. Grigorash P.B., Horiuk Y.V. Characterization of harmful gases and bioaerosols of pig farms: a review of the existing literature. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 2024. Vol. 26. № 113. P. 24–29. <https://doi.org/10.32718/nvivet11304>.
21. Influence of microclimate conditions on the cumulative exposure of nursery pigs to swine influenza A viruses / J. B. Ferreira et al. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2017. Vol. 65. № 1. P. e145 – e154. <https://doi.org/10.1111/tbed.12701>.
22. Krzysztofik B. Mikrobiologia Powietrza. Warsaw : Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, 1992.
23. Mielcarek-Bocheńska P., Rzeźnik W. The Impact of Microclimate Parameters on Odour Emissions from Pig Production in Spring. *Ecological Chemistry and Engineering S*. 2019. Vol. 26. № 4. P. 697–707. <https://doi.org/10.1515/eces-2019-0050>.
24. Occupational exposure level of pig facility workers to chemical and biological pollutants / A. Chmielowiec-Korzeniowska et al. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2018. Vol. 25. № 2. P. 262–267. <https://doi.org/10.26444/aaem/78479>.
25. Respiratory diseases and allergy in farmers working with livestock: a EAACI position paper / T. Sigsgaard et al. *Clinical and Translational Allergy*. 2020. Vol. 10. № 1. <https://doi.org/10.1186/s13601-020-00334-x>.
26. Spread of airborne antibiotic resistance from animal farms to the environment: Dispersal pattern and exposure risk / H. Bai et al. *Environment International*. 2022. Vol. 158. P. 106927. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106927>.
27. Succession of organics metabolic function of bacterial community in swine manure composting / K. Wang et al. *Journal of Hazardous Materials*. 2018. Vol. 360. P. 471–480. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.032>.
28. The Indoor-Air Microbiota of Pig Farms Drives the Composition of the Pig Farmers' Nasal Microbiota in a Season-Dependent and Farm-Specific Manner / J.G. Kraemer et al. *Applied and Environmental Microbiology*. 2019. Vol. 85. № 9. <https://doi.org/10.1128/aem.03038-18>.
29. Zinc-binding proteins in stallion seminal plasma as potential sperm function regulators / M. Mogielnicka-Brzozowska et al. *Annals of Animal Science*. 2022. Vol. 22. № 1. P. 89–107. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0015>.

Grigorash P. B.

Postgraduate Student at the Department of Veterinary Obstetrics, Internal Pathology and Surgery,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: vettsv@gmail.com
ORCID: 0009-0005-5216-6381

Horiuk Y. V.

Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Professor at the Department of Veterinary Obstetrics, Internal Pathology and Surgery,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: goruky@ukr.net
ORCID: 0000-0002-7162-8992

Kukhtyn M. D.

Doctor of Veterinary Sciences, Professor,
Head of the Department of Food Biotechnology and Chemistry,
Ternopil Ivan Puluj National Technical University
Ternopil, Ukraine
E-mail: kuchtynnic@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0195-0767

Horiuk V. V.

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Veterinary Obstetrics, Internal Pathology and Surgery,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: horiuky@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1633-7287

MICROBIOLOGICAL EVALUATION OF BIOAEROSOL IN PIG FATTENING PENS

Abstract

It is well known that for the comfort of animals in the premises, it is necessary that the microclimate parameters do not differ significantly from the atmospheric one. However, the high concentration of animals in a small area and the storage of waste (manure, urine) in the baths under the floor for a certain time create conditions that negatively affect the quality of the microclimate. In this regard, various modern systems are being introduced to optimally ensure the microclimate, through computerized regulation by supplying fresh air from the outside environment. This study aimed to conduct a microbiological assessment of bioaerosol in pig

fattening pens to develop strategies for improving the microclimate conditions of the farm. It was established that the content of MAFAnM and fungi in the bioaerosol of pig fattening pens depended on the season and duration of fattening. In the winter months, the number of MAFAnM in the bioaerosol of pig farms during the entire period of pig fattening was 8,0 and 2,8 times higher than in the summer and autumn months. In particular, in winter, the number of MAFAnM and fungi in the bioaerosol after 2,5 months of fattening was $8,8 \pm 0,3 \times 10^5$ and $1,3 \pm 0,08 \times 10^3$ CFU/m³, respectively, and in summer $1,1 \pm 0,09 \times 10^5$ and $8,1 \pm 0,2 \times 10^2$ CFU/m³, respectively. A relatively low genus and species variation in the composition of the microflora of the bioaerosol of pig farms during the year was found. Since the main representatives of the bioaerosol microbiota during the year were unchanged and consisted of staphylococci, micrococci and streptococci, which accounted for 50–60% of all identified bacteria. Gram-negative forms of bacteria make up from 20 to 26% of the bioaerosol composition throughout the year. From the bioaerosol of pig fattening premises in the summer and winter periods, conditionally pathogenic species of staphylococci (*S. aureus*), pseudomonads (*P. aeruginosa*), which can be causative agents of various inflammatory processes, are released in small quantities.

Therefore, to ensure a comfortable environment in a pig fattening facility, it is necessary to establish an appropriate ventilation system, which must be well designed and managed, since it significantly affects the concentration of bioaerosols in the pig house.

Key words: microclimate in pig houses, bioaerosol, MAFAnM, fungi, air microbiota.

References

1. Kukhtyn, M.D., & Kravchenuk, K.Yu. (2023). Laboratornyi praktykum z mikrobiolohii molka i molochnykh produktiv: Navchalnyi posibnyk [Laboratory practical on microbiology of milk and dairy products: training manual]. Ternopil: Ternopilskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet imeni Ivana Puliuia [in Ukrainian].
2. Strube, M.L., Maru, G., Gharibi, R., Ellington, A.D., & Zimmer, J. (2018). A detailed investigation of the porcine skin and nose microbiome using universal and Staphylococcus-specific primers. *Scientific Reports*, 8 (1), 30689. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30689-y> [in English].
3. Douglas, P., Keene, W., Finch, R., & Bell, R. (2018). A systematic review of the public health risks of bioaerosols from intensive farming. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221 (2), 134–173. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.019> [in English].
4. McEachran, A.D., Blackwell, B.R., Hanson, J.D., Wooten, K.J., Mayer, G.D., Cox, S.B., & Smith, P.N. (2015). Antibiotics, bacteria, and antibiotic resistance genes: Aerial transport from cattle feed yards via particulate matter. *Environmental Health Perspectives*, 123 (4), 337–343. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408555> [in English].
5. Arfken, A.M., Song, B., & Sung, J.-S. (2015). Comparison of airborne bacterial communities from a hog farm and spray field. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25 (5), 709–717. <https://doi.org/10.4014/jmb.1408.08005> [in English].
6. Banhazi, T.M., Rutley, D.L., & Pitchford, W.S. (2008). Identification of risk factors for sub-optimal housing conditions in Australian piggeries: Part 4. Emission factors and study recommendations. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 14 (1), 53–69. <https://doi.org/10.13031/2013.24123> [in English].
7. Song, L., Zhang, M., Zhang, D., & Jiang, Y. (2021). Bioaerosol is an important transmission route of antibiotic resistance genes in pig farms. *Environment International*, 154, 106559. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106559> [in English].
8. Bottcher, R.W. (2001). An environmental nuisance: Odor concentrated and transported by dust. *Chemical Senses*, 26 (3), 327–331. <https://doi.org/10.1093/chemse/26.3.327> [in English].
9. Brouček, J., & Čermák, B. (2015). Emission of harmful gases from poultry farms and possibilities of their reduction. *Ekologia*, 34 (1). <https://doi.org/10.1515/eko-2015-0010> [in English].
10. Buio, E., Cialini, C., & Costa, A. (2023). Air quality assessment in pig farming: The Italian Classyfarm. *Animals*, 13 (14), 2297. <https://doi.org/10.3390/ani13142297> [in English].
11. Liu, T., Li, H., Zhang, Z., & Xu, X. (2023). Characteristics of aerosols from swine farms: A review of the past two-decade progress. *Environment International*, 108074. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108074> [in English].
12. Gladding, T.L., Yu, Z., & Zhang, L. (2020). Concentration and composition of bioaerosol emissions from intensive farms: Pig and poultry livestock. *Journal of Environmental Management*, 272, 111052. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111052> [in English].
13. Alonso, C., Medina, R., & Santos, E. (2015). Concentration, size distribution, and infectivity of airborne particles carrying swine viruses. *PLOS ONE*, 10 (8), e0135675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135675> [in English].
14. Seedorf, J., Otten, L., & Brus, P. (1998). Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70 (1), 97–109. <https://doi.org/10.1006/jaer.1997.0281> [in English].
15. Chen, M., Qiu, T., Sun, Y., Song, Y., Wang, X., & Gao, M. (2019). Diversity of tetracycline- and erythromycin-resistant bacteria in aerosols and manures from four types of animal farms in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (23), 24213–24222. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05672-3> [in English].
16. Eduard, W. (2004). Do farming exposures cause or prevent asthma? Results from a study of adult Norwegian farmers. *Thorax*, 59 (5), 381–386. <https://doi.org/10.1136/thx.2004.013326> [in English].
17. Kukhtyn, M., Kravchenuk, X., & Luchyk, M. (2018). Effect of lactic acid microorganisms on the content of nitrates in tomato in the process of pickling. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11), 69–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.120548> [in English].
18. Chang, C.W., Hsieh, J., & Tsai, S. (2001). Exposure of workers to airborne microorganisms in open-air swine houses. *Applied and Environmental Microbiology*, 67 (1), 155–161. <https://doi.org/10.1128/aem.67.1.155-161.2001> [in English].
19. Forcada, F., & Abecia, J.A. (2019). How pigs influence indoor air properties in intensive farming: Practical implications – A review. *Annals of Animal Science*, 19 (1), 31–47. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0030> [in English].
20. Grigorash, P.B., & Horiuk, Y.V. (2024). Characterization of harmful gases and bioaerosols of pig farms: A review of the existing literature. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 26 (113), 24–29. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11304> [in English].

21. Ferreira, J.B., Gomes, M.F., & Macedo, S. (2017). Influence of microclimate conditions on the cumulative exposure of nursery pigs to swine influenza A viruses. *Transboundary and Emerging Diseases*, 65 (1), e145 – e154. <https://doi.org/10.1111/tbed.12701> [in English].
22. Krzysztofik, B. (1992). *Mikrobiologia Powietrza [Microbiology of the Atmosphere]*. Warsaw: Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej [in Polish].
23. Mielcarek-Bocheńska, P., & Rzeźnik, W. (2019). The impact of microclimate parameters on odour emissions from pig production in spring. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 26 (4), 697–707. <https://doi.org/10.1515/eces-2019-0050> [in English].
24. Chmielowiec-Korzeniowska, A., Kowalski, J., & Zajac, M. (2018). Occupational exposure level of pig facility workers to chemical and biological pollutants. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 25 (2), 262–267. <https://doi.org/10.26444/aaem/78479> [in English].
25. Sigsgaard, T., Jensen, P., & Korsgaard, J. (2020). Respiratory diseases and allergy in farmers working with livestock: A EAACI position paper. *Clinical and Translational Allergy*, 10 (1). <https://doi.org/10.1186/s13601-020-00334-x> [in English].
26. Bai, H., Li, Z., & Zhang, Y. (2022). Spread of airborne antibiotic resistance from animal farms to the environment: Dispersal pattern and exposure risk. *Environment International*, 158, 106927. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106927> [in English].
27. Wang, K., Zhang, Y., & Li, H. (2018). Succession of organics metabolic function of bacterial community in swine manure composting. *Journal of Hazardous Materials*, 360, 471–480. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.032> [in English].
28. Kraemer, J.G., Dewhirst, D., & Yang, P. (2019). The indoor-air microbiota of pig farms drives the composition of the pig farmers' nasal microbiota in a season-dependent and farm-specific manner. *Applied and Environmental Microbiology*, 85 (9). <https://doi.org/10.1128/aem.03038-18> [in English].
29. Mogielnicka-Brzozowska, M., & Zielinska, J. (2022). Zinc-binding proteins in stallion seminal plasma as potential sperm function regulators. *Annals of Animal Science*, 22(1), 89–107. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0015> [in English].