

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ СВИНАРСТВА І
АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

СВИНАРСТВО

І АГРОПРОМИСЛОВЕ ВИРОБНИЦТВО

*МІЖВІДОМЧИЙ ТЕМАТИЧНИЙ
НАУКОВИЙ ЗБІРНИК*

Випуск
4(82)

Полтава
2024

Свинарство і агропромислове виробництво : міжвідом. темат. наук. зб. / Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН. Вип. 4(82). Полтава, 2024. 132 с. doi 10.37143/2786-7730-2024-4(82)

У збірнику публікуються результати теоретичних та експериментальних досліджень, оглядові статті з актуальних питань галузі тваринництва, зокрема свинарства, розглядаються проблеми біорізноманіття та екологічні проблеми природокористування, технології виробництва та переробки продукції тваринництва, ветеринарної медицини, біобезпеки та благополуччя тварин.

Засновник – Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН. Видання є правонаступником міжвідомчого тематичного наукового збірника «Свинарство», що виходив друком з 1966 р. (ISSN 0371-4365).

Свідомство про державну реєстрацію збірника «Свинарство і агропромислове виробництво» – серія КВ № 25401-15341ПР від 03.01.2023 р.; ідентифікатор друкованого медіа в Реєстрі суб'єктів у сфері медіа – R3 0-01976.

Періодичність – два рази на рік. Мови видання – українська, англійська (змішаними мовами). Ліцензія CC BY-NC 4.0 (Licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License).

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор *Церенюк О. М.*, д. с.-г. н., проф., Інститут свинарства і АПВ НААН

Заступник головного редактора *Балацький В. М.*, д. с.-г. н., проф., Інститут свинарства і АПВ НААН

Біологічні науки

Буслик Т. В., к. біол. н., ст. досл., Інститут біології тварин НААН

Кургалюк Н. М., д. біол. н., проф., Інститут Біології, Поморський університет у Слупську (Польща)

Пахомов О. В., к. біол. н., ст. досл., Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН

Стефанишин О. М., к. біол. н., с. н. с., Інститут біології тварин НААН

Страчецька А., д. біол. н., проф., Природничий університет у Любліні (Польща)

Сукач О. М., д. біол. н., с. н. с., Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН

Ткаченко Г. М., д. біол. н., проф., Інститут Біології, Поморський університет у Слупську (Польща)

Шкурюпат А. В., к. біол. н., доц., Херсонський державний університет

Сільськогосподарські науки

Бабіч М., д. с.-г. н., проф., Природничий університет у Любліні (Польща)

Ващенко П. А., д. с.-г. н., с. н. с., Полтавський державний аграрний університет

Гетья А. А., д. с.-г. н., проф., Нац. університет біоресурсів і природокористування України

Ільченко М. О., к. с.-г. н., ст. досл., Полтавський державний аграрний університет

Кропівець-Доманська К., к. с.-г. н., Природничий університет у Любліні (Польща)

Лихач В. Я., д. с.-г. н., проф., Нац. університет біоресурсів і природокористування України

Олійниченко Є. К., к. с.-г. н., Університет Західної Англії (Англія)

Руска Д., д. с.-г. н., доц., Латвійський університет наук про життя і технологій (Латвія)

Саєнко А. М., к. с.-г. н., ст. досл., Інститут свинарства і АПВ НААН

Сусол Р. Л., д. с.-г. н., проф., Одеський державний аграрний університет

Халак В. І., к. с.-г. н., с. н. с., Державна установа «Інститут зернових культур НААН»

Хохлов А. М., д. с.-г. н., проф., Державний біотехнологічний університет

Ветеринарні науки

Бобрицька О. М., д. вет. н., проф., Державний біотехнологічний університет

Бузун А. І., к. вет. н., доц., ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини»

Кольчик О. В., к. вет. н., с. н. с., ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини»

Кручиненко О. В., д. вет. н., проф., Полтавський державний аграрний університет

Наливайко Л. І., д. вет. н., проф., Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Родіонова К. О., к. вет. н., доц., Одеський державний аграрний університет

Сумакова Н. В., к. вет. н., ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини»

Яценко І. В., д. вет. н., проф., Державний біотехнологічний університет

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту свинарства і АПВ НААН (протокол № 15 від 11.12.2024).

Відповідальний за випуск – Кунець В. В., к. іст. н., с. н. с., Інститут свинарства і АПВ НААН

Збірник зареєстровано у Міжнародному центрі періодичних видань (ISSN International Centre, France), системі Crossref, науково-метричній базі даних Index Copernicus, порталі НБУ ім. В. І. Вернадського, загальнодержавній реферативній базі даних «Україніка наукова», виданні УРЖ «Джерело», базі даних наукових цитувань «OUCI», базі даних журналів відкритого доступу CiteFactor, WorldCat.

**NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF
UKRAINE**

**INSTITUTE OF PIG BREEDING AND
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION**

**PIG BREEDING
AND AGROINDUSTRIAL PRODUCTION**

***INTERDEPARTMENTAL SUBJECT
SCIENTIFIC DIGEST***

**Issue
4(82)**

Poltava
2024

Pig Breeding and Agroindustrial Production : interdepartmental subject scientific digest of Institute of Pig Breeding and AIP NAAS. Poltava, 2024. Is. 4(82). 132 p. doi 10.37143/2786-7730-2024-4(82)

In the digest it is published the results of theoretical and experimental research, review articles on topical issues of animal husbandry, in particular pig breeding, biodiversity and environmental problems of nature management, technology of production and processing of livestock products, veterinary medicine, biosafety and animal welfare.

The founder is Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production NAAS. The publication is the successor of the interdepartmental subject scientific digest "Pig Breeding", published since 1966 (ISSN 0371-4365).

The certificate of the state registration of the scientific digest "Pig Breeding and Agroindustrial Production" – KV series No. 25401-15341PR dated January 3, 2023; the identifier of printed media in the Register of subjects in the field of media is R3 0-01976.

The periodicity – twice a year. The languages of the publication are Ukrainian, English (in mixed languages). Licence CC BY-NC 4.0 (Licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License).

EDITORIAL BOARD:

Editor in Chief *Tsereniuk O. M.*, Doc. of Agricul. Sci., Prof., Institute of Pig Breeding and AIP NAAS

Deputy Editor-in-Chief *Balatsky V. M.*, Doc. of Agricul. Sci., Prof., Institute of Pig Breeding and AIP NAAS

Biological Sciences

Buslyk T. V., Cand. of Biol. Sci., Senior Researcher, Institute of Animal Biology NAAS

Kurhaluk N. M., Doc. of Biol. Sci., Prof., Institute of Biology, Pomeranian University in Slupsk (Poland)

Pakhomov O. V., Cand. of Biol. Sci., Senior Researcher, Institute of Problems of Cryobiology and Cryomedicine NAS

Stefanyshyn O. M., Cand. of Biol. Sci., Institute of Animal Biology NAAS

Strachecka A., Doc. of Biol. Sci., Prof., University of Life Sciences in Lublin (Poland)

Sukach O. M., Doc. of Biol. Sci., Institute of Problems of Cryobiology and Cryomedicine NAS

Tkaczhenko H. M., Doc. of Biol. Sci., Prof., Institute of Biology, Pomeranian University in Slupsk (Poland)

Shkuropat A. V., Cand. of Biol. Sci., Assoc. Prof., Kherson State University

Agricultural Sciences

Babic M., Doc. of Agricul. Sci., Prof., University of Life Sciences in Lublin (Poland)

Vashchenko P. A., Doc. of Agricul. Sci., Senior Researcher, Poltava State Agrarian University

Getia A. A., Doc. of Agricul. Sci., Prof., National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine

Ilchenko M. O., Cand. of Agricul. Sci., Senior Researcher, Poltava State Agrarian University

Kropiwiec-Domanska K., Cand. of Agricul. Sci., University of Life Sciences in Lublin (Poland)

Lykhach V. Ya., Doc. of Agricul. Sci., Prof., National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine

Oliinychenko Ye. K., Cand. of Agricul. Sci., University of the West of England (England)

Ruska D., Doc. of Agricul. Sci., Assoc. Prof., Latvian University of Life Sciences and Technologies (Latvia)

Saienko A. M., Cand. of Agricul. Sci., Senior Researcher, Institute of Pig Breeding and AIP NAAS

Susol R. L., Doc. of Agricul. Sci., Prof., Odesa State Agrarian University

Khalak V. I., Cand. of Agricul. Sci., Senior Researcher, State Institute of Grain Crops of NAAS

Khokhlov A. M., Doc. of Agricul. Sci., Prof., State Biotechnological University

Veterinary Sciences

Bobrytska O. M., Doc. of Vet. Sci., Prof., State Biotechnological University

Buzun A. I., Cand. of Vet. Sci., Assoc. Prof., NSC "Institute of Experimental & Clinical Veterinary Medicine"

Kolchuk O. V., Cand. of Vet. Sci., Senior Researcher, NSC "Institute of Experimental & Clinical Veterinary Medicine"

Kruchynenko O. V., Doc. of Vet. Sci., Prof., Poltava State Agrarian University

Nalyvaiko L. I., Doc. of Vet. Sci., Prof., Eastern Ukrainian National University named after V. Dalia

Rodionova K. O., Cand. of Vet. Sci., Assoc. Prof., Odesa State Agrarian University

Sumakova N. V., Cand. of Vet. Sci., NSC "Institute of Experimental & Clinical Veterinary Medicine"

Yatsenko I. V., Doc. of Vet. Sci., Prof., State Biotechnological University

It is recommended for the publication by the Scientific Council of Institute of Pig Breeding and AIP NAAS (protocol No. 15 dated December 11, 2024).

Responsible for the issue – Kunets V. V., Cand. of Hist. Sci., Senior Researcher, Institute of Pig Breeding and AIP NAAS

The digest is registered in the International Center for Periodicals (ISSN International Centre, France), the Crossref system, scientific and metric database Index Copernicus, the NBU portal named after V.I. Vernadskyi, the national reference database "Ukrainika Naukova", the "Jerelo" publication of URZ, the search system and database of scientific citations "Open Ukrainian Citation Index", the database of open access journals CiteFactor, the bibliographic database WorldCat.

З М І С Т / C O N T E N T S

БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ *BIODIVERSITY AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF NATURE MANAGEMENT*

- Дубінін Д. С., Зінов'єв С. Г., Саєнко А. М.** Внутрішньопечінкові жовчні протоки людини та свині: структурні адаптації до складу раціону
Dubin D. S., Zinoviev S. G., Saienko A. M. Intrahepatic bile ductes of humans and pigs: structural adaptations to the diet composition 7
- Маменко О. М., Портянник С. В., Онищенко А. О.** Оцінка екологічного ризику за допомогою кореляційного аналізу концентрації свинцю та кадмію в агробіогеоценозах
Mamenko O. M., Portianyk S. V., Onyshchenko A. O. Assessment of environmental risk using correlation analysis of plumbum and cadmium concentrations in agrobiogeocenoses 21
- Саєнко А. М., Акімов О. В., Пека М. Ю., Лобченко О. В., Дубінін Д. С., Балацький В. М.** Дослідження плейотропного ефекту гена вертнину (*VRTN*) на продуктивні ознаки свиней
Saienko A. M., Akimov O. V., Peka M. Yu., Lobchenko O. V., Dubinin D. S., Balatsky V. M. Study of the pleiotropic effect of the vertnin (*VRTN*) gene on pig productivity traits 38

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА *TECHNOLOGY OF PRODUCTION AND PROCESSING OF LIVESTOCK PRODUCTS*

- Войтенко С. Л.** Моніторинг генофонду молочних та молочно-м'ясних порід в Україні та чинники впливу на поліпшення продуктивності телиць і корів
Voitenko S. L. Monitoring of the gene fund of dairy and dairy-meat breeds in Ukraine and factors of influence on the improvement of the productivity of heifers and cows 50
- Скрипник В. О., Церенюк О. М., Акімов О. В.** Відтворювальні якості свиноматок різних порід та поєднань
Skrypnyk V. O., Tsereniuk O. M., Akimov O. V. Reproductive qualities of sows of different breeds and combinations 67

**ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА, БІОБЕЗПЕКА ТА
БЛАГОПОЛУЧЧЯ ТВАРИН
*VETERINARY MEDICINE, BIOSAFETY AND ANIMAL WELFARE***

- Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Харченко О. М., Бєлих О. В.**
Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів:
інноваційні підходи в екологічному бджільництві
Syromiatnykov Yu. M., Shablia V. P., Kharchenko O. M., Belykh O. V. Biological
control of varroa using Microbial preparations: innovative approaches in
ecological beekeeping 80

- Jelonek A., Kurasz Ja., Tkaczewski H., Kurhaluk N.** Current trends in the
diagnosis of infectious diseases in pigs
Jelonek A., Kurasz Ja., Tkaczewski H., Kurhaluk N. Сучасні тенденції в
діагностиці інфекційних хвороб у свиней 93

ЮВІЛЕЙНІ ТА ПАМ'ЯТНІ ДАТИ

- Сокирко М. П., Глущенко Л. Д.** Полтавська сільськогосподарська
дослідна станція – 140 років у процесі розв'язання нагальних виробничих
питань в аграрному секторі
Sokyrko M. P., Glushchenko L. D. Poltava Agricultural Research Station –
140 years in the process of solving immediate production problems in the
agricultural sector 123
- Вимоги до оформлення статей до міжвідомчого тематичного наукового
збірника «Свинарство і агропромислове виробництво»
Rules for the design of articles to the interdepartmental subject scientific digest
"Pig Breeding and Agroindustrial Production" 129

**БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
BIODIVERSITY AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF
NATURE MANAGEMENT**

УДК 591.436:[636.4+611.36]
doi 10.37143/2786-7730-2024-4(82)1

**ВНУТРІШНЬОПЕЧІНКОВІ ЖОВЧНІ ПРОТОКИ ЛЮДИНИ ТА СВИНІ:
СТРУКТУРНІ АДАПТАЦІЇ ДО СКЛАДУ РАЦІОНУ**

Д. С. Дубінін, С. Г. Зінов'єв, А. М. Саєнко

*Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН
вул. Шведська Могила, 1, м. Полтава, Україна, 36013*

Мета. Метою роботи було вивчення структурної організації внутрішньопечінкових жовчовивідних шляхів у людини та свині у порівняльно-анатомічному аспекті для визначення спільних і відмінних особливостей, зумовлених структурою раціону, особливостями живлення та функціональним навантаженням. **Методи.** У дослідженні застосовували загальногістологічні методи для аналізу будови стінок внутрішньопечінкових жовчних проток. Препарати фарбували гематоксиліном і еозином. Для належної фіксації зразки промивали 10 %-м розчином нейтрального формаліну, після чого макропрепарати занурювали в цей самий розчин для подальшої фіксації. Було досліджено 15 зразків печінки свиней живою вагою 90–105 кг, що утримувалися в умовах господарства з сухим типом годівлі. Аналогічне дослідження провели на 15 зразках печінки людей віком від 30 до 50 років, які померли без виявлених патологій гепатобіліарної системи. Вилучення органів здійснювали не пізніше ніж через 12 годин після смерті. Аналізували структурну організацію стінок внутрішньопечінкових жовчних проток. **Результати.** Будова міжчасточкової жовчної протоки свині подібна до людської, однак має певні морфометричні відмінності зумовлені особливостями їх структури раціону та живлення. У слизовій оболонці переважають кубічні епітеліоцити, хоча їхня кількість децю вища — приблизно $18,04 \pm 1,73$ клітин на поперечному зрізі. Аналіз структури міжсегментних жовчних проток людини показав, що слизова оболонка представлена переважно кубічним епітелієм, хоча зустрічаються й призматичні клітини. Середня кількість епітеліоцитів на поперечному зрізі становила близько $20,21 \pm 2,03$ клітин. У свині міжсегментні жовчні протоки мають певні відмінності порівняно з людиною.

Внутрішній епітеліальний шар представлений призматичними клітинами, які є більшими за розміром. Загальна кількість епітеліоцитів у поперечному зрізі

Дубінін Дмитро Сергійович, док. філ., н. с. лаб. годівлі, фізіології та здоров'я тварин,
e-mail: dmytrudubinin4@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5547-1614>
Зінов'єв Сергій Георгійович к. с.-г. н., с. н. с., в. о. зав. лаб. екологічної безпеки у тваринництві,
e-mail: kvazimodo2077@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-3757-3860>
Саєнко Артем Михайлович, к. с.-г. н., ст. дослідник, в. о. зав. лаб. генетики,
e-mail: saenko_artem@meta.ua <https://orcid.org/0000-0002-0527-5367>

коливалася в межах $24,54 \pm 2,03$ клітин. Дослідження показало, що міжчасткові жовчні протоки людини мають двошарову будову: внутрішній шар утворений призматичним епітелієм, а зовнішній – пухкою сполучною тканиною. Епітеліоцити розташовуються на базальній мембрані в один шар, їх середня кількість на поперечному зрізі становила $28,65 \pm 5,03$ клітин. Міжчасткові жовчні протоки свині мали схожу морфологічну організацію, проте спостерігалися певні особливості. Епітеліоцити мали призматичну форму і були дещо меншими за розміром, ніж у людини. Середня кількість клітин у поперечному зрізі становила $36,45 \pm 4,73$ клітин. **Висновки.** Суттєвих відмінностей у структурній організації внутрішньопечінкових жовчних проток людини та свині не виявлено. Незначні відмінності у морфометричних показниках можуть бути пов'язані з особливостями розмірів організму, проте загальна гістоархітектоніка залишається подібною.

Ключові слова: печінка, жовчовивідні шляхи, всеїдні ссавці, жовчні протоки, свиня, гістологія, епітеліоцити.

Посилатися на статтю так:

БІБЛІОГРАФІЯ за ДСТУ: Дубінін Д. С., Зінов'єв С. Г., Саєнко А. М. Внутрішньопечінкові жовчні протоки людини та свині: структурні адаптації до складу раціону. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2024. Вип. 4(82). С. 7–20. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)1

REFERENCES за APA style: Dubinin, D. S., Zinoviev, S. G., & Saienko A. M. (2024). Vnutrishnypechinkovi zhovchni protoky liudyny ta svyni: strukturni adaptatsii do skladu ratsionu. [Intrahepatic bile ductes of humans and pigs: structural adaptations to the diet composition]. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 4(82), 7–20 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)1

Вступ. Вивчення структурної організації внутрішньопечінкових жовчовивідних шляхів є важливим для розуміння механізмів функціонування травної системи у ссавців. Внутрішньопечінкові жовчні протоки виконують ключову роль у процесах синтезу, транспортування та модифікації жовчі, що є необхідним для метаболізму жирів і детоксикації організму. Разом з тим їх будова й адаптаційні механізми залишаються недостатньо дослідженими, особливо у зв'язку з еволюційними й екологічними аспектами [1–3].

За даними попередніх досліджень інших авторів [4] є інформація, що морфологічні особливості жовчних проток можуть змінюватися залежно від типу харчування та функціонального навантаження. Дослідження внутрішньопечінкових жовчних проток людини [5] здебільшого зосереджені на їхній морфології у нормі, проте вони не охоплюють порівняльний аналіз із жовчними протоками інших видів. Свині, як всеїдні ссавці, представляють цінну модель для порівняльно-анатомічних досліджень із людиною, оскільки обидва види демонструють подібність у будові та функціонуванні жовчовивідної системи. Вивчення морфологічних і гістологічних особливостей внутрішньопечінкових протоків у цих видів дає змогу не лише розкрити загальні закономірності організації гепатобіліарної системи, але й з'ясувати механізми адаптації до різних типів харчування й екологічних умов. Дослідження цього аспекту є важливим для еволюційної біології, оскільки дає змогу зрозуміти, як структурні особливості жовчних протоків сприяють адаптації організму до середовища проживання та харчової поведінки. Результати таких досліджень можуть також бути корисними

для біомедичних наук, зокрема в контексті трансплантології, гастроентерології та ветеринарії [6–8].

Мета досліджень. Метою роботи було вивчення структурної організації внутрішньопечінкових жовчовивідних шляхів у людини та свині у порівняльно-анатомічному аспекті для визначення спільних і відмінних особливостей, зумовлених типом харчування та функціональним навантаженням.

Матеріали та методи досліджень. У дослідженні використовували загальногістологічні методи для аналізу будови стінок внутрішньопечінкових жовчних проток. Фарбування препаратів проводили гематоксиліном і еозином.

Для забезпечення належної фіксації зразки промивали 10 %-м розчином нейтрального формаліну, після чого макропрепарат занурювали у цей же розчин для подальшої фіксації.

Було досліджено 15 зразків печінки свиней живою вагою 90–105 кг, що утримувалися в умовах господарства з сухим типом годівлі. Зразки були відібрані в умовах Полтавського м'ясокомбінату. Аналізували структуру стінок внутрішньопечінкових жовчних проток [9].

Дослідження також проводили на 15 зразках печінки людей віком від 30 до 50 років, які померли без виявлених патологій гепатобіліарної системи. Вилучення органів здійснювали не пізніше ніж через 12 годин після смерті. У цьому дослідженні також аналізували структурну організацію стінок внутрішньопечінкових жовчних проток.

Матеріал для дослідження був отриманий у Патанатомічному відділі на підставі Договору № 55 від 17 травня 2023 р. про науково-практичну співпрацю між Полтавським державним медичним університетом та Полтавським обласним патанатомічним бюро Полтавської обласної ради. Наукові дослідження відповідали морально-етичним нормам згідно з принципами Гельсінської декларації з прав людини, Конвенції про права людини та біомедицину Ради Європи, наказу МОЗ України "Про проведення клінічних випробувань лікарських засобів" (Наказ № 66 від 13 лютого 2006 р.), а також Етичному кодексу лікаря та вченого України.

Дослідження на свинях здійснювали відповідно до Міжнародних принципів Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей (Страсбург, 1985) [10] та відповідно до Директиви 2010/63/EU Європейського парламенту і ради європейського союзу від 22 вересня 2010 р. з охорони тварин, що використовуються в наукових цілях [11].

Мікрофотографування здійснювали за допомогою мікроскопа Biogex-3 VM-500T, використовуючи мікрофотонасадку DCM 900. Отримані зображення обробляли у програмі TSVIEW.

Статистичний аналіз даних здійснювали за допомогою програмного забезпечення Statistic for Windows 7.0 (StatSoft Inc., США). Обчислювали середні значення, стандартну похибку середнього (m). Вірогідність різниці (p) розраховували з використанням t -тесту для незалежних вибірок, а отримані результати вважали достовірними при $p < 0,05$ [12].

Результати дослідження та їх обговорення.

Міжчасточкова жовчна протока людини. При дослідженні міжчасточкових жовчних проток печінки людини встановлено, що їхня стінка складається з двох основних шарів: внутрішньої слизової оболонки та зовнішньої сполучнотканинної оболонки. Епітеліальний шар представлений кубічними клітинами, які розташовані в один ряд і спираються на базальну мембрану. Середня кількість епітеліоцитів на поперечному зрізі становила приблизно $16,6 \pm 1,73$ клітин (рис. 1).

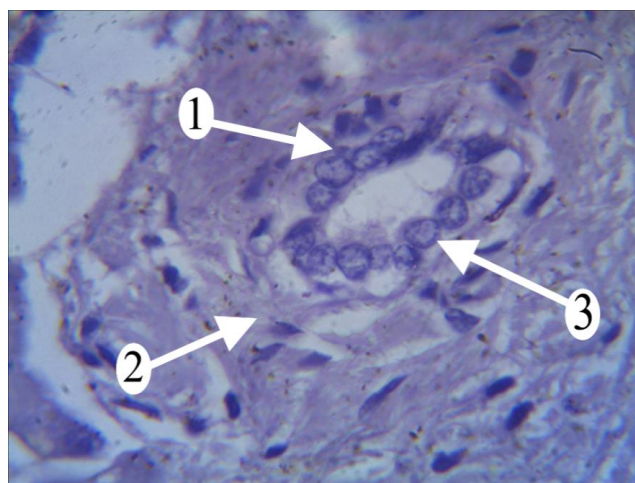


Рис. 1. Внутрішньопечінкова міжчасточкова жовчна протока людини

Примітка* Забарвлення гематоксилін-еозин. Збільшення: об. X100

1 – Слизова оболонка; 2 – Адвентиційна оболонка; 3 – Епітеліальні клітини (холангіоцити)

Цитоплазма епітеліоцитів мала базофільне забарвлення, а ядра, які здебільшого розташовувалися у центральній частині клітин, займали значну частину цитоплазматичного об'єму. Співвідношення площі ядра до цитоплазми становило приблизно $0,37 \pm 0,04$ мкм.

Зовнішній шар протоки складався з пухкої сполучної тканини, що містила фібробластичні клітини та колагенові волокна. Виявлено, що зовнішній діаметр міжчасточкової протоки у людини становить приблизно $44,68 \pm 1,2$ мкм, тоді як внутрішній діаметр сягає $24,93 \pm 4,23$ мкм.

Міжчасточкова жовчна протока свині. Будова міжчасточкової жовчної протоки свині подібна до людської, однак має певні морфометричні відмінності. У слизовій оболонці також переважають кубічні епітеліоцити, хоча їхня кількість дещо вища — близько $18,04 \pm 1,73$ клітин (рис. 2) на поперечному зрізі. Ця різниця не досягла рівня статистичної значущості ($p=0,08$), що свідчить про загальну подібність морфологічної організації міжчасточкових жовчних проток у цих видів.

Цитоплазма цих клітин мала базофільне забарвлення, а ядра, розташовані у центральній частині, займали значний об'єм клітини. Встановлено, що ядерно-цитоплазматичне співвідношення в епітеліоцитах свині становить $0,38 \pm 0,04$ мкм.

Зовнішній шар міжчасточкової протоки свині також утворений пухкою сполучною тканиною, як і у людини. Морфометричні вимірювання показали, що зовнішній діаметр протоки в середньому становить $45,01 \pm 3,2$ мкм, а внутрішній — близько $26,09 \pm 2,2$ мкм. Це засвідчує загальне зменшення розмірів проток у свині відносно людини.

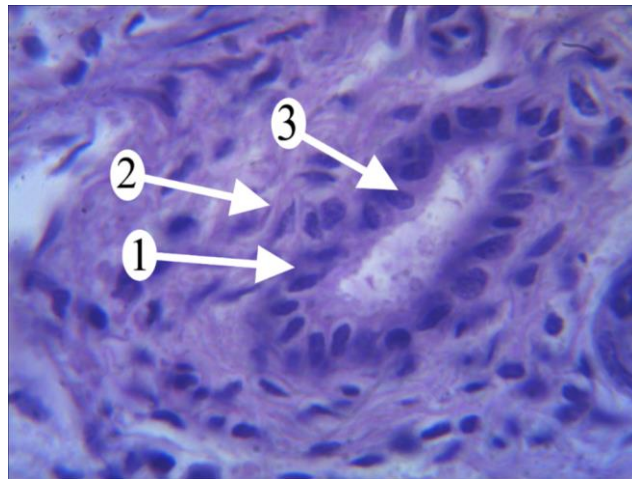


Рис. 2. Внутрішньопечінкова міжчасточкова жовчна протока свині

Примітка* Забарвлення гематоксилін-еозин. Збільшення: об. X100

1 – Слизова оболонка; 2 – Адвентиційна оболонка; 3 – Епітеліальні клітини (холангіоцити)

Міжсегментна жовчна протока людини. Аналіз структури міжсегментних жовчних проток людини показав, що слизова оболонка представлена переважно кубічним епітелієм, хоча зустрічаються й призматичні клітини. Середня кількість епітеліоцитів на поперечному зрізі становила близько $20,21 \pm 2,03$ клітин (рис. 3).

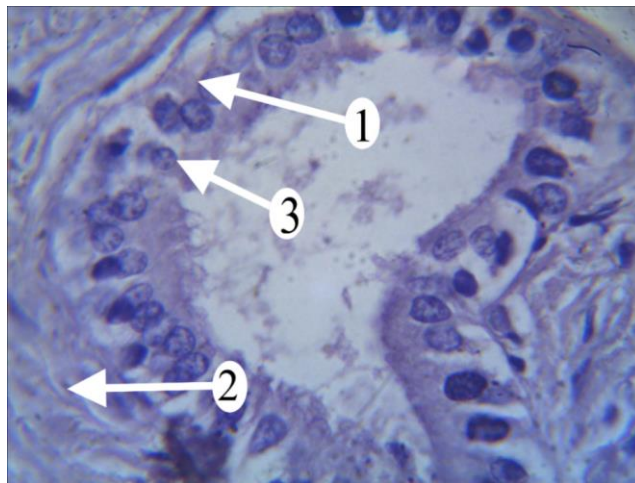


Рис. 3. Внутрішньопечінкова міжсегментна жовчна протока людини

Примітка* Забарвлення гематоксилін-еозин. Збільшення: об. X100

1 – Слизова оболонка; 2 – Адвентиційна оболонка; 3 – Епітеліальні клітини (холангіоцити)

Цитоплазма епітеліоцитів мала базофільне забарвлення, а ядра частіше розташовувалися ближче до апікальної частини клітини, хоча деякі знаходилися в центрі. Ядерно-цитоплазматичне співвідношення було досить високим і становило $0,63 \pm 0,04$ мкм, що свідчить про значну ядерну частину клітин.

Зовнішня оболонка міжсегментних проток людини складалася зі сполучної тканини без значних структурних змін. Морфометричні вимірювання показали, що у середньому зовнішній діаметр протоки становив приблизно $164,29 \pm 3,8$ мкм, а внутрішній – $58,56 \pm 2,8$ мкм.

Міжсегментна жовчна протока свині. У свині міжсегментні жовчні протоки мають певні відмінності порівняно з людиною. Внутрішній епітеліальний шар представлений призматичними клітинами, які є більшими за розміром. Загальна кількість епітеліоцитів у поперечному зрізі коливалася в межах $24,54 \pm 2,03$ клітин (рис. 4). Отримані відмінності є статистично значущими ($p=0,04$), що може свідчити про інтенсивнішу секреторну активність жовчних проток у свині.

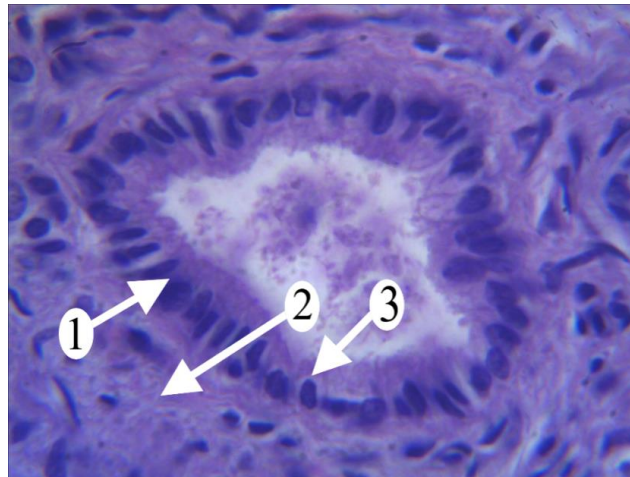


Рис. 4. Внутрішньопечінкова міжсегментна жовчна протока свині

Примітка* Забарвлення гематоксилін-еозин. Збільшення: об. X100

1 – Слизова оболонка; 2 – Адвентиційна оболонка; 3 – Епітеліальні клітини (холангіоцити)

Цитоплазма мала базофільне забарвлення, а ядра здебільшого розташовувалися в базальній частині клітини, мали овальну або паличкоподібну форму. Ядерно-цитоплазматичне співвідношення було нижчим ніж у людини і становило $0,38 \pm 0,04$ мкм.

Зовнішня оболонка міжсегментної протоки свині була представлена пухкою сполучною тканиною, як і у людини. Морфометричні вимірювання показали, що середній зовнішній діаметр становив приблизно $260,54 \pm 6,8$ мкм, а внутрішній – $54,65 \pm 5,8$ мкм, що свідчить про загальне збільшення розмірів міжсегментних проток у свині порівняно з людиною.

Міжчасткові жовчні протоки людини. Дослідження показало, що міжчасткові жовчні протоки людини мають двошарову будову: внутрішній шар утворений призматичним епітелієм, а зовнішній – пухкою сполучною тканиною. Епітеліоцити розташовувалися на базальній мембрані в один шар, їх середня кількість на поперечному зрізі становила $28,65 \pm 5,03$ клітин (рис. 5).

Цитоплазма епітеліоцитів мала виражену базофільну структуру, а ядра, які здебільшого знаходилися ближче до апікальної частини клітини, мали овальну форму. Ядерно-цитоплазматичне співвідношення становило приблизно $0,47 \pm 0,05$ мкм, що свідчить про відносно високу активність клітин.

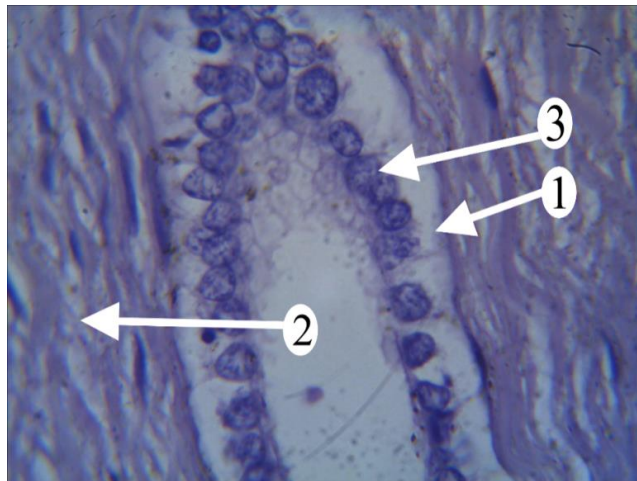


Рис. 5. Внутрішньопечінкова міжчасткова жовчна протока людини

Примітка* Забарвлення гематоксилін-еозин. Збільшення: об. X100

1 – Слизова оболонка; 2 – Адвентиційна оболонка; 3 – Епітеліальні клітини (холангіоцити)

Зовнішній шар протоки був представлений сполучною тканиною, без значних змін. Вимірювання діаметра показали, що середній зовнішній діаметр протоки становив $273 \pm 15,8$ мкм, а внутрішній – $149 \pm 5,8$ мкм.

Міжчасткові жовчні протоки свині. Міжчасткові жовчні протоки свині мали схожу морфологічну організацію, проте спостерігалися певні особливості. Епітеліоцити мали призматичну форму і були дещо меншими за розміром, ніж у людини. Середня кількість клітин у поперечному зрізі становила $36,45 \pm 4,73$ клітин (рис. 6).

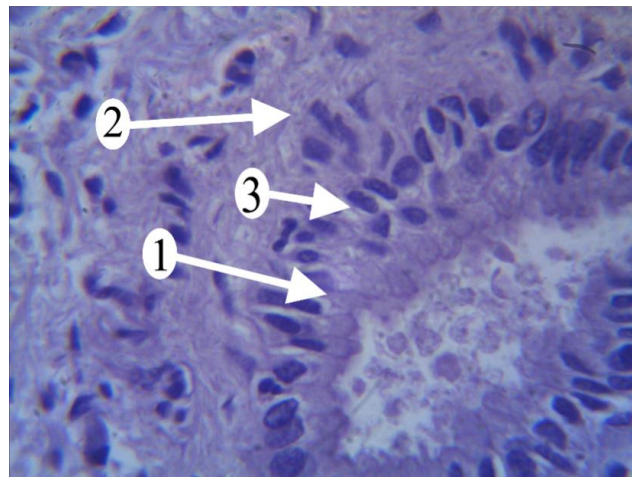


Рис. 6. Внутрішньопечінкова міжчасткова жовчна протока свині

Примітка* Забарвлення гематоксилін-еозин. Збільшення: об. X100

1 – Слизова оболонка; 2 – Адвентиційна оболонка; 3 – Епітеліальні клітини (холангіоцити)

Однак ця різниця не досягла рівня статистичної значущості ($p=0,06$), що вказує на відносну подібність морфологічної структури міжчасткових жовчних проток у двох видів.

Цитоплазма мала базофільне забарвлення, а ядра, розташовані в базальній частині клітини, були видовженої форми. Ядерно-цитоплазматичне співвідношення було нижчим, ніж у людини і становило $0,37 \pm 0,06$ мкм.

Зовнішня оболонка міжчасткових жовчних проток свині також була сформована пухкою сполучною тканиною. Морфометричні вимірювання показали, що середній зовнішній діаметр протоки становив $301,65 \pm 14,8$ мкм, а внутрішній – $131,33 \pm 6,3$ мкм.

Таким чином, отримані результати свідчать про загальну морфологічну подібність міжчасточкових жовчних проток людини та свині. Проте у структурі міжчасточкових жовчних проток свині спостерігається невелике збільшення кількості епітеліоцитів – $18,04 \pm 1,73$ клітин, порівняно з їх кількістю у людини – $16,6 \pm 1,73$ клітин. Це може бути зумовлено інтенсивнішим жовчовиділенням у свині через особливості її травної системи.

У свині спостерігається більше епітеліоцитів ($24,54 \pm 2,03$ клітин) у складі міжсегментних жовчних проток порівняно з людиною ($20,21 \pm 2,03$ клітин). Це узгоджується з дослідженнями [13–16], які вказують на те, що у свиней, як представників всеїдних тварин зі змішаним типом харчування, спостерігається дещо вища щільність епітеліоцитів. Однак ця відмінність не є суттєвою, що може свідчити про схожі механізми жовчовиділення у свиней і людей [17, 18].

Кількість епітеліоцитів у міжчасткових жовчних протоках свині є дещо вищою, ніж у людини ($36,45 \pm 4,73$ проти $28,65 \pm 5,03$ клітин), проте ця відмінність не є суттєвою з функціонального погляду. Оскільки як людина, так і свиня є всеїдними видами, їхня жовчовидільна система адаптована до перетравлення змішаного раціону, що не вимагає значних морфологічних змін у внутрішньопечінкових протоках. Відповідно, невелика різниця у кількості епітеліоцитів не чинить значного впливу на основні функції жовчовивідної системи [6, 19, 20].

Висновки. 1. Міжчасточкові жовчні протоки у свині мають вищу щільність епітеліоцитів у порівнянні з людиною. У людини середня кількість клітин на поперечному зрізі становить $16,6 \pm 1,73$, тоді як у свині – $18,04 \pm 1,73$. Водночас у людини ядерно-цитоплазматичне співвідношення становить $0,37 \pm 0,04$, тоді як у свині – $0,38 \pm 0,04$.

2. Міжсегментні жовчні протоки у свині мають більший загальний діаметр, але менший внутрішній просвіт порівняно з людиною. У людини середній зовнішній діаметр становить $164,29 \pm 3,8$ мкм, внутрішній – $58,56 \pm 2,8$ мкм, тоді як у свині ці показники становлять відповідно $260,54 \pm 6,8$ мкм і $54,65 \pm 5,8$ мкм.

3. Міжчасткові жовчні протоки людини мають більший внутрішній просвіт, ніж у свині. У людини середній внутрішній діаметр становить $149 \pm 5,8$ мкм, зовнішній – $273 \pm 15,8$ мкм, а у свині – $131,33 \pm 6,3$ мкм та $301,65 \pm 14,8$ мкм відповідно.

4. Аналіз структури епітелію показав відмінності у будові слизової оболонки. У людини в міжчасточкових і міжсегментних протоках переважають кубічні епітеліоцити з поступовою трансформацією у призматичні клітини ($20,21 \pm 2,03$ клітин на зрізі), тоді як у свині одразу домінує призматичний епітелій ($24,54 \pm 2,03$ клітин).

5. Суттєвих відмінностей у структурній організації внутрішньопечінкових жовчних проток людини та свині не виявлено. Незначні відмінності у морфометричних показниках можуть бути пов'язані з особливостями

розмірів організму, проте загальна гістоархітектоніка залишається подібною.

Перспективи подальших досліджень. Отримані результати підтверджують загальну схожість морфологічної організації внутрішньопечінкових жовчних проток людини та свині, а також виявляють певні видоспецифічні відмінності. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на порівняння жовчовивідної системи у різних груп ссавців, зокрема травоядних і хижих тварин, з метою виявлення загальних закономірностей, зумовлених типом живлення, а також застосування отриманих результатів у біомедичних і ветеринарних дослідженнях, зокрема у трансплантології та розробці нових методів лікування патологій гепатобіліарної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мустафіна Г. М., Старченко І. І., Кока В. М., Лукачіна Є. І., Мустафіна Г. М. Сучасні погляди на функціональну морфологію та репаративні властивості печінки. *Вісник проблем біології і медицини* / Полтав. держ. мед. ун-т. Полтава, 2020. Вип. 2(156). С. 43–48. doi: 10.29254/2077-4214-2020-2-156-36-42
2. Губергріц Н. Б., Беляєва Н. В., Цис О. В., Гомозова О. А., Супрун О. О. Печінката целиакія (огляд літератури). *Сучасна гастроентерологія*. 2023. № 5(133). С. 78–84. doi: 10.30978/mg-2023-5-78
3. Дзигал О. Ф. Формування полісиндромної недостатності хворих на цироз печінки з портальною гіпертензією. *Вісник наукових досліджень*. 2017. № 2. С. 88–92. doi: 10.11603/2415-8798.2017.2.7844
4. Дубінін С. І., Рябушко О. Б., Улановська-Циба Н. А., Передерій Н. О. Будова стінки жовчного міхура риб зі змішаним типом харчування. *Актуальні проблеми сучасної медицини*. 2014. Т. 14. № 2(46). С. 121–123.
5. Дубінін Д. С., Шепітько В. І., Степук Є. В., Дубінін С. І., Борута Н. В., Левченко О. Л., Улановська-Циба Н. А. Характеристика структурних компонентів внутрішньопечінкових жовчних шляхів людини. *Світ медицини та біології*. 2023. № 2(84). С. 209–213. doi: 10.26724/2079-8334-2023-2-84-209-213
6. Рябушко О. Б. Структурна організація будови стінки жовчного міхура травоядних тварин. *Вісник проблем біології і медицини*. 2015. Вип. 2. Т. 3 (120). С. 84–88.
7. Малоштан О. В., Неклюдов А. О., Смачило Р. М., Тищенко О. М., Кльосова М. О., Волченко О. В. Патоморфологічні зміни внутрішньопечінкових жовчних проток та холедоха у хворих на гострий та хронічний холангіт. *Харківська хірургічна школа*. 2020. № 1(100). С. 72–76. doi: 10.37699/2308-7005.1.2020.09
8. Саволук С. І. Постдекомпресійна дисфункція печінки як проблема хірургічного лікування не пухлинної патології позапечінкових жовчних протоків. *Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П. Л. Шупика*. 2019. Вип. 33. С. 211–222.
9. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві / за ред. І. І. Ібатулліна, О. М. Жукорського. Київ: Аграрна наука, 2017. 328 с. URL: https://elearn.nubip.edu.ua/pluginfile.php/768090/mod_resource/content/1/Verstka_Ibat.-Juk2_compressed.pdf (дата звернення: 30.11.2024).
10. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS No. 123) (Strasbourg, 18.03.1986).

Verkhovna Rada Ukrainy: zakonodavstvo Ukrainy [Official site of Verkhovna Rada of Ukraine: Legislation of Ukraine]. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_137#Text [in Ukrainian] (date of access: 30.11.2024).

11. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union. 2010. L 276/33. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0033:0079:en:PDF> (date of access: 30.11.2024).

12. Glantz S. A. Primer of Biostatistics. 7e. McGraw Hill. Retrieved from <https://accessanesthesiology.mhmedical.com/book.aspx?bookid=665&isMissingChapter=true> (date of access: 30.11.2024).

13. Дубінін Д. С., Шепітько В. І., Дубінін С. І., Стецук Є. В., Борута Н. В., Вільхова О. В., Улановська-Циба Н. А. Аналіз будови внутрішньопечінкових жовчних шляхів ссавців зі змішаним типом харчування. *Біологія та екологія*. 2022. № 8(2). С. 129–134. doi: 10.33989/2022.8.2.285321

14. Миколаєнко Я. О. Морфологічні зміни печінки щурів в умовах моделювання атрезії позапечінкового жовчного протоку. *Актуальні питання теоретичної та практичної медицини* : зб. тез доповідей II Міжнар. наук.-практ. конф. студентів та молодих вчених, м. Суми, 16–18 квіт. 2014 р. М. В. Погорєлов. Суми: СумДУ, 2014. С. 87.

15. Рябушко О. Б. Морфологічні особливості стінки жовчного міхура трав'яних риб. *Світ медицини та біології*. 2014. № 2(44). С. 154–158.

16. Сторожук М. В. Дослідження клінічного статусу собак за печінкової патології в умовах ветеринарної клініки «Вікторія». *Сучасні аспекти лікування і профілактики хвороб тварин*: матеріали V Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., (20–21 жовт., 2021). Полтава, 2021. С. 91–135. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/1239/zbirnyktez2021poltava.pdf> (дата звернення: 30.11.2024).

17. Сураєва Н. О., Морозенко Д. В. γ -глутамілтрансфераза та її клініко-діагностичне значення за хвороб печінки у тварин. *Ветеринарна медицина та фармація* : всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю. 2022. С. 347–348.

18. Рябушко О. Б. Структурна організація відділів стінки жовчного міхура птахів зі змішаним типом харчування. *Вісник проблем біології і медицини*. 2014. Вип. 4. Т. 2(114). С. 78–82.

19. Попович О. О., Мороз Л. В., Авдосьєв Ю. В., Чабанов Ф. А., Войналович О. О. Вроджений фіброз печінки (клінічний випадок). *Запорізький медичний журнал*. 2021. Т. 23(6). С. 882–888. doi: 10.14739/2310-1210.2021.6.229102

20. Ничитайло М. Ю., Дзюбановський О. І. Темп декомпресії жовчних протокта динаміка показників синтетичної функції печінки після транспаплярного ендоскопічного біліарного втручання у хворих на обтураційну жовтяницю, зумовлену холедохолітазом. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. 2017. Т. 16. № 4. С. 37–41.

REFERENCES

1. Mustafina, H. M., Starchenko, I. I., Koka, V. M., Lukachina, Ye. I., & Mustafina, H. M. (2020). Suchasni pohliady na funktsionalnu morfolohiiu ta reparatyvni vlastyvyosti pechinky [Modern attitudes for chronic wound treatment]. *Visnyk Problem Biolohii i Medytsyny* [Bulletin of problems biology and medicine]. Poltava, 2(156), 43–48 [in Ukrainian]. doi: 10.29254/2077-4214-2020-2-156-36-42
2. Gubergrits, N. B., Byelyayeva, N. V., Tsys, O. V., Gomozova, O. A., & Suprun, O. O. (2023). Pechinka ta tseliakiia (Ohliad literatury) [Liver and celiac disease. Review]. *Suchasna gastroenterolohiia* [Modern Gastroenterology], 5(133), 78–84 [in Ukrainian]. doi: 10.30978/mg-2023-5-78.
3. Dzygal, O. F. (2017). Formuvannia polisindromnoi nedostatnosti khvorykh na tsyroz pechinky z portalnoi hipertenziei. [Polyorganic insufficiency development in patients with liver cirrhosis with portla hypertension]. *Visnyk naukovykh doslidzen*, (2), 88–92 [in Ukrainian]. doi: 10.11603/2415-8798.2017.2.7844.
4. Dubinin, S. I., Ryabushko, O. B., Ulanovska-Tsyba, N. A., & Perederiy, N. O. (2014). Budova stinky zhovchnoho mikhura ryb zi zmishanym typom kharchuvannia [Structure of the gallbladder wall in fish with a mixed type of nutrition]. *Aktualni problemy suchasnoi medytsyny*, 14(2(46)), 121–123 [in Ukrainian].
5. Dubinin, D. S., Shepitko, V. I., Stetsuk, Ye. V., Dubinin, S. I., Boruta, N. V., Levchenko, O. L., & Ulanovska-Tsyba, N. A. (2023). Kharakterystyka strukturnykh komponentiv vnutrishnopechinkovykh zhovchnykh shliakhiv liudyny [Characteristics of structural components of intrahepatic biliary tracts in humans]. *World of Medicine and Biology*, 2(84), 209–213 [in Ukrainian]. doi: 10.26724/2079-8334-2023-2-84-209-213.
6. Ryabushko, O. B. (2015). Strukturna orhanizatsiia budovy stinky zhovchnoho mikhura travoidnykh tvaryn [Structural organization of the gallbladder wall in herbivorous animals]. *Visnyk Problem Biolohii i Medytsyny*, 2(3(120)), 84–88 [in Ukrainian].
7. Maloshtan, O. V., Neklyudov, A. O., Smachylo, R. M., Tyshchenko, O. M., Klosova, M. O., & Volchenko, O. V. (2020). Patomorfologichni zminy vnutrishnopechinkovykh zhovchnykh protok ta kholedokha u khvorykh na hostryi ta khronichniy kholanhit [Pathomorphological changes in structure of intrahepatic ducts and choledoch in patients with acute and chronic cholangitis]. *Kharkiv Surgical School*, 1(100), 72–76 [in Ukrainian]. doi: 10.37699/2308-7005.1.2020.09.
8. Savolyuk, S. I. (2019). Postdekompresiina dysfunksiia pechinky yak problema khirurhichnoho likuvannia ne pukhlynnoi patolohii pozapechinkovykh zhovchnykh protokiv [Post-decompression liver dysfunction as a problem of surgical treatment of non-tumorous pathology of extrahepatic bile ducts]. *Collection of Scientific Works of Staff Members of P. L. Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education*, 33, 211–222 [in Ukrainian].
9. Ibatullin, I. I., & Zhukorskyi, O. M. (Eds.). (2017). Postdekompresiina dysfunksiia pechinky yak problema khirurhichnoho likuvannia ne pukhlynnoi patolohii pozapechinkovykh zhovchnykh protokiv [Methodology and Organization of Scientific Research in Animal Husbandry]. Kyiv: Agrarna Nauka [in Ukrainian]. Retrieved from https://elearn.nubip.edu.ua/pluginfile.php/768090/mod_resource/content/1/Verstka_Ibat.-Juk2_compressed.pdf (date of access: 30.11.2024).
10. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for

Experimental and other Scientific Purposes (ETS No. 123) (Strasbourg, 18.03.1986). Verkhovna Rada Ukrainy: zakonodavstvo Ukrainy [Official site of Verkhovna Rada of Ukraine: Legislation of Ukraine]. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_137#Text [in Ukrainian] (date of access: 30.11.2024).

11. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes (Text with EEA relevance). *Official J. of the European Union*. 2010. L 276/33. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0033:0079:en:PDF> (date of access: 30.11.2024).

12. Glantz S. A. Primer of Biostatistics. 7e. McGraw Hill. Retrieved from <https://accessanesthesiology.mhmedical.com/book.aspx?bookid=665&isMissingChapter=true> (date of access: 30.11.2024).

13. Dubinin, D. S., Shepitko, V. I., Dubinin, S. I., Stetsuk, Ye. V., Boruta, N. V., Vilkhova, O. V., & Ulanovska-Tsyba, N. A. (2022). Analiz budovy vnutrishnopechinkovykh zhovchnykh shliakhiv ssavtsiv zi zamishanyim typom kharchuvannia [Analysis of the structure of the intrahepatic bile ducts of mammals with a mixed type of nutrition]. *Biology and Ecology*, 8(2), 129–134 [in Ukrainian]. doi: 10.33989/2022.8.2.285321

14. Mykolayenko, Ya. O. (2014). Morfolohichni zminy pechinky shchuriv v umovakh modeliuvannia atrezii pozapechinkovoho zhovchnoho protoku [Morphological changes in the liver of rats under conditions of modeling extrahepatic bile duct atresia]. In M. V. Pohorielov (Ed.), *Actual Issues of Theoretical and Practical Medicine: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists*, Sumy, April 16–18, 2014 (p. 87). Sumy: Sumy State University [in Ukrainian].

15. Ryabushko, O. B. (2014). Morfolohichni osoblyvosti stinky zhovchnoho mikhura travoidnykh ryb [Morphological features of the gallbladder wall in herbivorous fish]. *World of Medicine and Biology*, 2(44), 154–158 [in Ukrainian].

16. Storozhuk, M. V. (2021). Doslidzhennia klinichnoho statusu sobak za pechinkovoi patolohii v umovakh veterynarnoi kliniky «Viktorii» [Investigation of the clinical status of dogs with liver pathology in the conditions of the veterinary clinic "Victoria"]. In *Modern aspects of treatment and prevention of animal diseases: Proceedings of the V All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference*, Poltava, October 20–21, 2021 (pp. 91–135). Poltava: Poltava State Agrarian University [in Ukrainian]. Retrieved from <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/1239/zbirnyktez2021poltava.pdf> (date of access: 30.11.2024).

17. Suraieva, N. O., & Morozenko, D. V. (2022). γ -hlutamyltransferaza ta yii kliniko- diahnostychnye znachennia za khvorob pechinky u tvaryn [γ -Glutamyltransferase and its clinical and diagnostic significance in liver diseases in animals]. In *Veterinary Medicine and Pharmacy: All-Ukrainian Scientific and Practical Conference with International Participation* (pp. 347–348) [in Ukrainian].

18. Ryabushko, O. B. (2014). Strukturna orhanizatsiia viddiliv stinky zhovchnoho mikhura ptakhiv zi zmishanyim typom kharchuvannia [Structural organization of the gallbladder wall sections in birds with a mixed type of nutrition]. *Visnyk Problem Biolohii i Medytsyny*, 4(2(114)), 78–82 [in Ukrainian].

19. Popovych, O. O., Moroz, L. V., Avdosiev, Yu. V., Chabanov, F. A., & Voinalovych, O. O. (2021). Vrodzhenyi fibroz pechinky (klinichniy випадок) [Congenital hepatic fibrosis (a case report)]. *Zaporizhzhia Medical J.*, 23(6), 882–888 [in Ukrainian]. doi: 10.14739/2310-1210.2021.6.229102.

20. Nychytailo, M. Yu., & Dziubanovskyi, O. I. (2017). Temp dekompresii zhovchnykh protok ta dynamika pokaznykiv syntetychnoi funktsii pechinky pislia transpapiliarnoho endoskopichnoho biliarnoho vtruchannia u khvorykh na obturatsiinu zhovtianytsiu, zumovlenu kholedocholitiazom [Rate of bile duct decompression and dynamics of liver synthetic function indicators after transpapillary endoscopic biliary intervention in patients with obstructive jaundice caused by choledocholithiasis]. *Clinical Anatomy and Operative Surgery*, 16(4), 37–41 [in Ukrainian].

INTRAHEPATIC BILE DUCTES OF HUMANS AND PIGS: STRUCTURAL ADAPTATIONS TO THE DIET COMPOSITION

D. S. Dubinin, S. G. Zinoviev, A. M. Saienko

Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production NAAS

1 Shvedska Mohyla Str., Poltava, Ukraine, 36013

Objective. The purpose of the work was to study the structural organization of the intrahepatic biliary tract in humans and pigs in a comparative anatomical aspect to determine common and distinctive features caused by the structure of the diet, nutritional characteristics, and functional load. **Methods.** In the study it was used the general histological methods to analyze the structure of the walls of the intrahepatic bile ducts. The preparations were stained with hematoxylin and eosin. For proper fixation, the samples were washed with 10 % neutral formalin solution, after which the macropreparations were immersed in the same solution for further fixation. 15 samples of liver from pigs with a live weight of 90–105 kg, housed in the conditions of the farm with dry-type feeding, were studied. A similar study was conducted on 15 liver samples from people aged 30 to 50 years who died without any detected pathologies of the hepatobiliary system. Organ removal was carried out no later than 12 hours after death. The structural organization of the walls of the intrahepatic bile ducts was analyzed. **Results.** The structure of the pig interlobular bile duct is similar to that of the human, but has certain morphometric differences due to the peculiarities of their diet and nutrition structure. Cubical epithelial cells predominate in the mucosa, although their number is somewhat higher – about 18.04 ± 1.73 cells on a cross-section. Analysis of the structure of human intersegmental bile ducts showed that the mucous membrane is represented mainly by cubic epithelium, although prismatic cells are also found. The average number of epithelial cells on a cross-section was about 20.21 ± 2.03 cells. In pigs, intersegmental bile ducts have certain differences compared to humans. The inner epithelial layer is represented by prismatic cells, which are larger in size. The total number of epithelial cells in the cross section ranged from 24.54 ± 2.03 cells. The study showed that the human interlobular bile ducts have a two-layer structure: the inner layer is formed by prismatic epithelium, and the outer layer is loose connective tissue. Epitheliocytes were located on the basement membrane in a single layer, their average number in the cross section was 28.65 ± 5.03 cells. The interlobular bile ducts of the pig had a similar morphological organization, but certain features were observed. Epitheliocytes had a prismatic shape

*and were somewhat smaller in size than in humans. The average number of cells in the cross section was 36.45 ± 4.73 cells. **Conclusions:** No significant differences in the structural organization of the intrahepatic bile ducts of humans and pigs were found. Minor differences in morphometric parameters may be associated with the characteristics of the body size, but the overall histoarchitectonics remains similar.*

Keywords: liver, biliary tract, cholecystitis, cholelithiasis, omnivorous mammals, bile ducts, pig, histology, epitheliocytes.

Отримано 04.11.2024

Отримано після доопрацювання 19.11.2024

Затверджено до видання 11.12.2024

УДК 632.2:502:519.2
doi 10.37143/2786-7730-2024-4(82)2

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ЗА ДОПОМОГОЮ КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ КОНЦЕНТРАЦІЇ СВИНЦЮ ТА КАДМІЮ В АГРОБІОГЕОЦЕНОЗАХ

О. М. Маменко,¹ С. В. Портянник,² А. О. Онищенко²

¹Інститут тваринництва НААН,
вул. Тваринників, 1-А, м. Харків, Україна, 61026

²Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН
вул. Шведська Могила, 1, м. Полтава, Україна, 36013

Науковці з різних країн світу приділяють значну увагу оцінюванню екологічних ризиків, пов'язаних із забрудненням довкілля різними політантами, в тому числі важкими металами, які завдають значної шкоди агробіогеоценозам та екологічній безпеці у цілому. Екологічна ситуація в різних регіонах України залишається напруженою не лише внаслідок техногенного впливу, інтенсивного ведення аграрного виробництва, але й через бойові дії. Тому оцінювання екологічного ризику в агробіогеоценозах з використанням отриманих в науково-господарських дослідках результатів лабораторного хімічного аналізу кормів для дійних корів і їх органічних відходів за концентрацією кадмію та плюмбуму значуще з погляду науки й практики. Кореляційний аналіз отриманих результатів досліджень є одним з важливих методів статистичної обробки даних. Він дає змогу швидко встановити силу взаємозв'язку між змінною Y (вміст важких металів в органічних відходах) та векторною змінною X (вміст важких металів в кормах раціону), статистичну значущість кореляції між цими показниками. Кореляційний аналіз як метод прогнозування навантаження ґрунту важкими металами, встановлення вірогідних джерел забруднення, динаміки розсіювання політантів у довкіллі в практиці екологічного моніторингу застосовується вченими зі Сполучених Штатів Америки, країн Європейського Союзу, Китаю інших країн. **Метою** досліджень була оцінка екологічного ризику забруднення ґрунту агробіогеоценозів після застосування органічних добрив на основі аналізу сили кореляції між вмістом кадмію і плюмбуму в кормах раціону тварин і їх органічних відходів. **Методи.** Експерименти проведено на продуктивних молочних коровах з різними типами годівлі. До раціону входили корми, що містили політанти. Екотоксичність кадмію та плюмбуму спричинила перехід їх з кормів раціону в організм тварин й органічні відходи тваринництва. Хімічний аналіз зразків рослинного й тваринного походження на вміст важких металів, проводили

Маменко Олексій Михайлович, д. с.-г. н., проф., г. н. с. лаб. годівлі, фізіології живлення с.-г. тварин та кормовиробництва,
e-mail: z-t_e-y2015@meta.ua <https://orcid.org/0000-0003-3638-2525>
Портянник Сергій Васильович, к. с.-г. н., доц., с. н. с. лаб. екологічної безпеки в тваринництві,
e-mail: portynnyk@i.ua <https://orcid.org/0000-0001-5716-7352>
Онищенко Андрій Олексійович, к. с.-г. н., с. н. с., в. о. заст. директора з наукової роботи
e-mail: geroi76@ukr.net <https://orcid.org/0000-0002-0684-1201>

методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Статистичну обробку даних проводили з використанням пакета прикладних програм STATISTICA версії 10.0. Для розрахунку вибрано надійний за невеликих вибірок непараметричний ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена. **Результати.** Аналіз статистичних даних показав вірогідну високу ($r=0,66-0,75$ за кадмієм та $r=0,66-0,77$ за свинцем), дуже високу ($r=0,83$ за кадмієм та $r=0,83$ за свинцем) кореляційну залежність між вмістом екотоксикантів у кормах раціону та органічних відходах. **Висновки.** Статистична обробка даних з функцією аналізу непараметричної рангової кореляції Спірмена встановила високу та дуже високу кореляційну залежність між досліджуваними показниками кадмію та плумбуму у кормах раціону дійних корів і органічних відходах тваринництва, що дає змогу оцінювати й прогнозувати екологічний ризик забруднення ґрунту політантами під час внесення великої кількості органічних добрив на поля під сільськогосподарські культури.

Ключові слова: корм, раціон, свинець, кадмій, екологічна безпека, дійні корови, важкі метали.

Посилатися на статтю так:

БІБЛІОГРАФІЯ за ДСТУ: Маменко О. М., Портянник С. В., Онищенко А. О. Оцінка екологічного ризику за допомогою кореляційного аналізу концентрації свинцю та кадмію в агробіогеоценозах. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2024. Вип. 4(82). С. 21–37. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)2

REFERENCES за APA style: Mamenko, O. M., Portianyk, S. V., & Onyschenko, A. O. (2024). Otsinka ekolohichnoho ryzyku za dopomohoiu koreliatsiinoho analizu kontsentratsii svyntsiu ta kadmiu u ahrobieheotsenozakh [Assessment of environmental risk using correlation analysis of plumbum and cadmium concentrations in agrobiogeocenoses]. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 4(82), 21–37 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)2

Вступ. Війна росії проти України спричинила значні руйнування інфраструктури, забруднення ґрунтів і навколишнього природного середовища у цілому. Масштаби цього процесу просто величезні, що має загрозливий характер для ведення аграрного виробництва сьогодні й у післявоєнний період.

Дослідження вітчизняних і закордонних вчених вказують на посилення техногенного навантаження на агробіогеоценози та забруднення значних територій важкими металами в зоні діяльності сільськогосподарських підприємств, де утримуються тварини [1–6].

Техногенний вплив на довкілля спричиняє забруднення води, ґрунту, рослинного світу. Підвищення концентрації важких металів у ґрунті часто є наслідком інтенсивного застосування агрохімікатів у традиційному землеробстві. Шкідливий вплив на агробіогеоценози навколо розвинених промислових центрів посилюється в різних країнах світу. Фосфатні мінеральні добрива, котрі вносяться у ґрунт для підвищення урожайності рослин, містять мікроелементи серед яких є й важкі метали. Вони потенційно небезпечні для людини й компонентів біосфери [7]. Підвищення вмісту важких металів у ґрунті є наслідком порушення допустимих норм внесення органічних добрив з відходів тваринництва. Така небезпека посилюється, коли тваринам згодовують корми з підвищеним вмістом екотоксикантів, особливо плумбуму та кадмію. Важкі метали є значною загрозою для агроєкосистем, а також виробництва екологічно безпечного молока, м'яса, іншої продукції тваринництва, котра споживається людиною. Акумуляція у ґрунті таких важких металів як свинець та кадмій має потенційний екологічний ризик.

Міграція важких металів з ґрунту в рослини (корм для тварин) може спричиняти ризик як для продуктивних тварин, так і для людини, яка споживає вироблену продукцію (молоко, м'ясо і т. д.) [1], викликаючи виникнення небезпечних онкозахворювань [8]. Забруднення довкілля, сільськогосподарських угідь важкими металами – це гостра проблема для багатьох країн світу, особливо Китаю [9]. Кадмій, плюмбум, ртуть, миш'як, хром є найбільш небезпечними серед важких металів: їх вплив на довкілля непрогнозований, а екологічні ризики забруднення високі.

Такі полютанти як свинець та кадмій можуть з кормами потрапляти в організм тварин, в тому числі й продуктивних корів, за короткий час легко переноситися в органах травлення у кров, переходити у молоко та виводитися з екскрементами [2]. Оцінити екологічний ризик шкідливого впливу на агробіогеоценози, прогнозувати екологічну ситуацію та стан екологічної безпеки часто дуже важко. Тому необхідно за результатами наукових досліджень розробляти більш сучасні, простіші, ефективніші методи для оцінювання екологічних ризиків в агробіогеоценозах.

Вчені з Англії [3] вважають ґрунт довготривалим поглиначем, накопичувачем важких металів. У ньому токсиканти можуть знаходитися сотні, або навіть й тисячі років. Тож науковці приділяють увагу переважно кількісному визначенню важких металів у ґрунті з оцінкою найбільшої вразливості забруднення. Тільки тоді можна прогнозувати й управляти потенційним екологічним ризиком, щоб зменшити негативний вплив на стан агробіогеоценозів [3]. Нами теж були проведені такі дослідження [10].

Досліди з вивчення переміщення важких металів у трофічному ланцюзі й отримання великої кількості цифрових даних хімічних аналізів потребують вивчення закономірності змін. Науковці давно використовують методи кореляційного аналізу показників, отриманих в процесі науково-господарського дослід. Сьогодні використовуються різні комп'ютерні програми, алгоритми. Проте важливе значення має не лише сам аналіз сили кореляції між показниками, яка може бути дуже слабкою – від 0 до 0,3, слабкою – від 0,3 до 0,5, середньою – від 0,5 до 0,7, сильною (високою) – від 0,7 до 0,9, дуже сильною (дуже високою) – від 0,9 до 1,0, а й правильний вибір самих показників для аналізу.

Вчені з Китаю використали кореляційний аналіз для встановлення співвідношення між полютантами (важкими металами) у морських осадах Гонконгу (1991–2011 рр.). Спочатку науковці застосували рангову кореляцію Спірмена, а потім Пірсона. Затока і гавань (Victoria) були забруднені такими важкими металами як свинець і мідь, що корелювало з забрудненням хромом, нікелем і цинком [11]. На їх думку, саме вони вперше застосували подібний аналіз для дослідження забруднення довкілля.

Кореляційний аналіз можна застосовувати не тільки для морських відкладень водних екосистем, а й в інших екологічних, біологічних та медичних дослідженнях. Вченими з Польщі [12] аналізувалася кореляційна залежність між біоаккумуляцією важких металів у різних тканинах та органах овець та віком тварин. Визначено, що свинець і кадмій виявляються в усіх тканинах, а їх концентрація у м'ясі й печінці овець залежить від віку тварин. За рівнем забруднення досліджуваними важкими металами між наймолодшими та найстарішими тваринами встановлена різниця у кілька разів [12]. Дія свинцю, фактично так само, як і кадмію, залежить від виду

тварин, їх віку, породи та способу і форми в котрій ці елементи потрапляють в організм. Жуйні є найбільш чутливими свійськими тваринами, які частіше зазнають впливу підвищених концентрацій свинцю. М'язи, печінка і нирки сільськогосподарських тварин, а також молоко, яйця, мед демонструють велику варіабельність за вмістом кадмію, ртуті, свинцю та інших важких металів – від слідових кількостей до таких, котрі в кілька разів перевищують фізіологічне значення, залежно від виду тварин, фази їхнього життя, системи розведення та локалізації тваринницьких ферм [12].

У роботі [1] був проведений аналіз кореляційної залежності вмісту важких металів у ґрунті та рослинах, які вирощуються для оцінки екологічного ризику забруднення агрокультур, прогнозування небезпеки шкідливого впливу токсикантів, особливо ртуті та кадмію, на організм людини. Дослідники звертали увагу переважно на забруднення ґрунту й рослин ксенобіотиками й значно менше на зв'язок між ними. Доведено, що важкі метали у ґрунті мали найбільший вплив на рівень цинку в рослинах. Плюмбум і хром чинили синергічний вплив на поглинання цинку рослинами. Результати досліджень вчених доводять важливість оцінки кореляційного зв'язку для контролю ризику забруднення, що до цього не враховувалося.

Оцінка екологічного ризику є ключовим процесом ефективного управління станом довкілля та процесом відновлення безпечного стану ґрунту [13]. Берилій, кадмій, нікель, кобальт вважаються поллютантами, що акумулюються у ґрунті та обумовлюють серйозну екологічну проблему, що має потенційний ризик для здоров'я не лише тварин, а й людини.

Прикладів застосування кореляційного аналізу можна навести дуже багато як у сільському господарстві, так і в інших сферах пов'язаних з забрудненням навколишнього середовища в різних країнах світу, але дослідження кореляційного зв'язку між вмістом важких металів у кормах для дійних корів та їх органічних відходах зроблено нами вперше. Тому дослідження є актуальним.

Спеціалісти сільськогосподарських підприємств регулярно проводять аналіз кормів для тварин на вміст вітамінів, макро- і мікроелементів, в тому числі важких металів, оскільки це впливає на якість і безпеку виробленої продукції, стан здоров'я тварин, їх продуктивність. Хімічний аналіз органічних відходів тваринництва проводиться значно рідше. Часто взагалі такий аналіз не робиться. Відходи знезаражуються певний час у гноєсховищах біологічним способом, після цього вносяться на поля як органічні добрива під агрокультури. Встановлення кореляційного зв'язку між вмістом екотоксикантів важких металів у кормах та органічних відходах тварин є зручним і досить надійним методом прогнозу екологічної безпеки ґрунтів та оцінки екологічного ризику.

Мета досліджень. Оцінка екологічного ризику забруднення ґрунту агробіогеоценозів внаслідок застосування органічних добрив на основі аналізу кореляційного взаємозв'язку між концентрацією кадмію та плюмбуму в кормах раціону корів і їх органічних відходах.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведено на дійних коровах чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід чотирьох господарств лісостепової зони України. В науково-господарському досліді зроблено оцінку екологічних ризиків шкідливого впливу на агробіогеоценози в процесі виробництва екологічно безпечного молока. Тваринам згодовували раціони за різних типів годівлі: силосно-коренеплідного, силосно-сінажного, силосно-

сінного, силосно-сінажно-концентратного. До раціонів входили корми з надлишковим вмістом плумбуму та кадмію. Утримання тварин – прив'язне, з доїнням у молокопровід.

В усіх чотирьох господарствах вміст важких металів у зразках рослинного та тваринного походження визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії за допомогою приладу AAS-30.

Для кожного типу годівлі було відібрано і проаналізовано по 6 зразків підстилкового гною з періодичністю раз у квартал. Відібрані з гноєсховищ зразки висушували до абсолютно сухої речовини за температури 105°C й спалювали у муфельній печі за температури 450°C. Зола розчиняли підігріванням у розчині соляної кислоти, розбавляли біодистильованою водою й фільтрували. У фільтраті визначали вміст кадмію та свинцю.

Моніторинг агробіогеоценозів здійснювався постійно, починаючи з 2000 р. і по сьогодні, згідно з етапами виконання НДДКР (державний реєстраційний номер 0121U113933 від 18.11.2021 року).

Кореляційний аналіз проводили за непараметричним ранговим коефіцієнтом кореляції Спірмена (Correlations Spearman) з урахуванням тесту Шапіро – Уїлка (Shapiro-Wilk's W test).

Непараметричний коефіцієнт кореляції Спірмена застосовується за наступних умов:

- ◆ не потребує дослідження розподілу кількісних даних на нормальність. Може застосовуватися для вибірок, дані котрих частково або повністю не підпорядковуються закону нормального розподілу;
- ◆ дані однієї з вибірок можуть бути представлені у порядковій шкалі, але дані другої вибірки повинні бути кількісними;
- ◆ об'єм вибірки повинен перевищувати 5 показників;
- ◆ якщо є велика кількість однакових рангів за одним або обома порівнюваними змінними, то коефіцієнт кореляції Спірмена дає грубе значення. Дуже добре (ідеально) коли обидва кореляційні ряди становлять дві послідовності значень, що не збігаються.

Кореляційна залежність вважалася статистично вірогідною за $p < 0.05$. Обробку статистичних даних проводили в пакеті програм STATISTICA версії 10.0.

Результати дослідження та їх обговорення. Раціони дійних корів, що містять у собі корми з важкими металами, особливо такими як плумбум та кадмій, спричиняють їх міграцію з травного тракту не лише в кров та молоко, але і в органічні відходи, котрі згодом як цінне органічне добриво вносяться у ґрунт під сільськогосподарські культури.

Застосований у наших дослідженнях тест Шапіро – Уїлка, найпотужніший щодо встановлення відповідності отриманих даних нормальному розподілу, показав, що концентрація плумбуму і кадмію в кормах раціону та органічних відходах не підпорядковується такому розподілу. Тому використання коефіцієнта Пірсона в аналізі даних може призвести до хибних висновків.

Коефіцієнт кореляції Пірсона є найбільш вживаним при кореляційному аналізі й часто висвітлюється в наукових публікаціях, однак він має низку обмежень. Умови застосування параметричного коефіцієнта кореляції Пірсона є наступними:

1. Змінні X та Y є неперервними кількісними даними.

2. Змінні X та Y мають нормальний розподіл. Тому дослідження розподілу кількісних даних на відповідність закону «нормального» розподілу є обов'язковим перед проведенням кореляційного аналізу. Якщо розподіл хоча б однієї вибірки відрізняється від нормального, то застосовувати параметричний коефіцієнт кореляції Пірсона не можна.

3. Характер зв'язку між змінними X та Y повинен бути лінійним.

4. Повинна виконуватися умова, що полягає в постійності дисперсії випадкових величин вздовж прямої регресії. В іншому випадку інтерпретація даних може бути ускладненою.

5. Спостереження повинні бути парними.

6. Об'єм вибірки повинен перевищувати 25.

Тож приймаючи рішення щодо використання коефіцієнта кореляції Пірсона, необхідно переконатися, що кількісні дані всіх досліджуваних вибірок підпорядковуються нормальному розподілу, побудувати діаграми розсіювання, щоб довести лінійність зв'язку між показниками. Недоліком застосування коефіцієнта кореляції Пірсона є його сильна чутливість до розкидів дисперсії. За наявності у вибірці лише одного розкиду величина коефіцієнта кореляції Пірсона може значно знижуватися. Якщо всі проаналізовані вище умови не виконуються, то краще для аналізу використати коефіцієнт кореляції Спірмена, що і було зроблено нами.

Зазначимо, що до складу раціонів дійних корів із різними типами годівлі входили корми з підвищеним вмістом важких металів. При силосно-коренеплідному типі годівлі перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) по кадмію становило: у сіні злаково-бобовому – у 5,7 раза, соломі пшеничній, силосі кукурудзяному – у 2,7 раза, сінажі люцерновому – у 3,4 раза, буряку кормовому – у 2,4 раза, дерті кукурудзяній – у 4,1 раза, по свинцю відповідно у 3,2; 2,4; 2,3; 2,5; 2,1 та 3,2 раза. За силосно-сінного типу годівлі перевищення норми по кадмію в соломі пшеничній становило 2,5 раза, силосі кукурудзяному – 1,8 раза, сінажі люцерновому – 1,9 раза, буряку кормовому – 3,4 раза, сіні люцерновому – 2,2 раза, дерті ячмінній – 2,3 раза; по свинцю відповідно у 1,7; 1,3; 1,5; 2,5; 1,9 та 1,8 раза. За силосно-сінажно-концентратного типу годівлі перевищення ГДК по кадмію становило у сіні злаково-бобовому – у 3,7 раза, силосі кукурудзяному – 2,5 раза, сінажі люцерновому – 3,1 раза, сіні люцерновому – 3,3 раза, дерті гороховій – 4,7 раза, дерті вівсяній – у 4,6 раза; по свинцю відповідно у 2,2; 1,6; 1,8; 2,1; 2,6 та 2,5 раза. За силосно-сінажно-концентратного типу годівлі перевищення норми по кадмію становило: у сіні злаково-бобовому – у 7,3 раза, силосі кукурудзяному – у 2,1 раза, сінажі люцерновому – у 2,8 раза, дерті кукурудзяній – у 3,7 раза, сіні люцерновому – у 3,3 раза, дерті гороховій – у 4,1 раза; по свинцю відповідно у 2,5; 1,4; 1,6; 1,8; 2,3 та 2,1 раза.

Використовуючи пакет програм STATISTICA нами були розраховані коефіцієнти кореляції Спірмена між вмістом кадмію та свинцю в кормах раціону й органічних відходах за чотирьох різних типів годівлі (табл. 1, 2).

Таблиця 1. Показники концентрації кадмію у кормах раціону й органічних відходах та коефіцієнт кореляції Спірмена між вмістом елемента в кормах раціону й органічних відходах за різних типів годівлі

Досліджувані зразки, n	Тип годівлі	Концентрація свинцю, мг/кг		Ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена ($p < 0,05$)
		корми	органічні відходи	
1	силосно-коренеплідний	28,59	0,12	0,657143
2		13,62	0,02	
3		13,51	0,01	
4		16,78	0,05	
5		12,22	0,07	
6		20,51	0,08	
1	силосно-сінний	12,5	0,19	0,828571
2		9,13	0,06	
3		9,54	0,15	
4		17,21	0,22	
5		11,22	0,08	
6		11,6	0,09	
1	силосно-сінажний	18,5	0,14	0,657143
2		12,5	0,07	
3		15,5	0,03	
4		16,51	0,06	
5		23,51	0,11	
6		23,12	0,09	
1	силосно-сінажно-концентратний	36,51	0,17	0,753702
2		10,54	0,05	
3		14,23	0,04	
4		18,51	0,09	
5		16,52	0,16	
6		20,53	0,09	

Визначено, що кореляційна залежність між вмістом плюмбуму та кадмію в кормах і органічних відходах корів в усіх проаналізованих випадках була високою та позитивною.

В окремих випадках кореляційний зв'язок був дуже високим. Найменшим із визначених був кореляційний зв'язок між досліджуваними показниками у корів з раціонами силосно-сінажного типу годівлі за вмістом обох поллютантів, а у корів з силосно-коренеплідним типом годівлі – тільки за вмістом кадмію. Найвищий коефіцієнт кореляції за вмістом як плюмбуму, так і кадмію було встановлено для корів з силосно-сінним типом годівлі.

За вмістом кадмію найслабший кореляційний зв'язок ($r=0,66$; $p<0,05$) був встановлений при застосуванні силосно-коренеплідного та силосно-сінажного типів годівлі. Сильнішою кореляційна залежність була при силосно-сінажно-концентратному типі годівлі ($r=0,75$; $p<0,05$). Дуже високою кореляція була за силосно-сінного типу годівлі корів ($r=0,83$; $p<0,05$).

Таблиця 2. Показники концентрації плумбуму у кормах раціону й органічних відходах та коефіцієнт кореляції Спірмена між вмістом елемента в кормах раціону й органічних відходах за різних типів годівлі

Досліджувані зразки, п	Тип годівлі	Концентрація свинцю, мг/кг		Ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена ($p < 0,05$)
		корми	органічні відходи	
1	силосно-коренеплідний	0,96	9,91	0,705882
2		0,71	4,39	
3		0,69	6,52	
4		0,75	8,24	
5		0,64	6,52	
6		0,96	7,71	
1	силосно-сінний	0,51	7,32	0,828571
2		0,39	7,86	
3		0,45	4,01	
4		0,75	9,16	
5		0,57	8,09	
6		0,54	7,92	
1	силосно-сінажний	0,66	5,85	0,657143
2		0,48	6,78	
3		0,54	7,97	
4		0,63	8,76	
5		0,78	9,91	
6		0,75	8,94	
1	силосно-сінажно-концентратний	0,75	7,32	0,771429
2		0,42	5,27	
3		0,48	5,64	
4		0,54	4,69	
5		0,69	6,61	
6		0,63	7,11	

Найслабший кореляційний зв'язок за свинцем встановлений при силосно-сінажному типі годівлі корів ($r=0,66$; $p < 0,05$). Сильнішою кореляційна залежність була при силосно-коренеплідному ($r=0,71$; $p < 0,05$) та силосно-сінажно-концентратному ($r=0,77$; $p < 0,05$) типах годівлі тварин. Дуже високою кореляція була між вибірками показників у корів з силосно-сінним типом годівлі ($r=0,83$; $p < 0,05$).

Таким чином, використання рангового коефіцієнта кореляції Спірмена дало змогу розрахувати та достовірно встановити високу силу кореляційного зв'язку між важливими для проведеного дослідження й оцінки екологічних ризиків показниками концентрації плумбуму та кадмію у кормах раціону дійних корів та їх органічних відходах за різних типів годівлі.

Вітчизняні та закордонні вчені працюють над розв'язанням проблеми забруднення навколишнього середовища важкими металами, особливо такими екотоксикантами як плумбум та кадмій. Дані політанти швидко мігрують з ґрунту в рослини, а потім з кормом переходять в організм сільськогосподарських тварин,

продукцію тваринництва – молоко, м'ясо тощо. З продуктами харчування вони потрапляють в організм людини, погіршуючи стан здоров'я.

Надмірне техногенне навантаження, застосування великої кількості агрохімікатів, наслідки бойових дій роблять забруднення агроєкосистем важкими металами непрогнозованим. Важкі метали в процесі екскреції виводяться з організму сільськогосподарських тварин з калом і сечею. Екскременти (органічні відходи) знезаражуються в гноєсховищах певний час і вносяться в ґрунт на полях як органічні добрива під сільськогосподарські культури, підвищуючи як валову, так і фонову концентрацію політантів.

Одним з найпоширеніших видів органічних добрив є підстилковий гній великої рогатої худоби, котрий містить мало вологи. Такий вид органічного добрива відіграє значну роль в утворенні гумусу, рівень котрого, на жаль, має тенденцію до постійного зниження. Він є енергетичною основою для біопроцесів, що відбуваються у ґрунті, джерелом мікро- і макроелементів для рослин, фізіологічно активних речовин, сорбентом забруднювальних речовин токсичних важких металів, пестицидів тощо. Вчені [14] зазначають, що такі важкі метали як Cd, Pb, Hg можуть накопичуватися у ґрунті внаслідок промислової діяльності, використання забрудненої води для зрошення, деяких добрив. Вони завдають шкоди росту і врожайності рослин через різні механізми, а також становлять ризик для здоров'я живих організмів після потрапляння в харчовий ланцюг.

Порушення екологічно безпечних норм застосування органічних добрив може стати причиною негативних змін в агробіогеоценозах сільськогосподарських підприємств розташованих навколо розвинених промислових центрів. Обстріли російським агресором інфраструктурних об'єктів, мінування територій підвищують екологічну небезпеку агробіогеоценозів забрудненням хімічними речовинами, в тому числі важкими металами.

Досліджуючи забруднення ґрунту, закордонні вчені виявили 54 небезпечні екотоксиканти [15]. Науковці відібрали сорок зразків ґрунту поблизу п'яти печей з виробництва цегли. Для аналізу даних застосовували багатофакторну статистику. Результати показали, що забруднення ґрунту спричиняє як спалювання вугілля в печах, так і ведення аграрного виробництва [15]. Українські вчені також вказують на важливість дослідження забруднення навколишнього природного середовища важкими металами. Токсичні важкі метали спричиняють шкідливий вплив на різні види тварин [4]. Науковці наголошують, що концентрація важких металів є ключовим фактором негативного токсичного впливу політантів. Пріоритетними щодо хіміко-токсикологічного аналізу забрудненням екосистем дослідники зазначають Pb, Cd, Hg, Cu, Ni, Co, Zn, котрі володіють високою токсичністю й міграційною здатністю [4, 5]. Це узгоджується й з результатами наших попередніх досліджень [6].

Властивості тих чи інших екотоксикантів значною мірою обумовлюють їх шкідливість та поведінку в компонентах біосфери. Основні з них це токсичність, міграційна здатність, акумуляція та комплексоутворення. Науковці, дослідивши кореляцію між концентрацією важких металів у ґрунтах довкілля при розв'язанні задач математичного моделювання в екологічному моніторингу, дійшли висновку, що існує тісний зв'язок між акумуляцією токсикантів у ґрунтах за їх малої міграційної здатності через наявність нерозчинних сполук, до складу яких вони входять [5]. Обумовлюється це комплексними забрудненнями біосфери

техногенними речовинами хімічної природи. Через встановлення кореляційного зв'язку та побудови рівняння регресії за допомогою математичної моделі науковці можуть здійснювати прогноз екологічних змін, оцінювати екологічні ризики. Дослідження вчених з цих питань мають схожу методологію.

Проведений нами аналіз органічних відходів корів виявив певну концентрацію у них плюмбуму та кадмію. Отримані з них органічні добрива, котрі вносяться у ґрунт, підвищують його родючість, але також збільшують акумуляцію важких металів у вигляді валових і рухомих форм. За кислого рН ґрунту й низки інших факторів, важкі метали можуть переходити в рослини, які як корм входять до раціонів сільськогосподарських тварин. При цьому тип землеробства – традиційний чи органічно-біологічний, не впливає на перехід важких металів у продукти харчування як рослинного, так і тваринного походження. Потрапивши в організм людини важкі метали можуть спричинити порушення обміну речовин, розвиток онкозахворювань тощо [4].

Складність процесів, що відбуваються в біогеоценозах, ефективний екомоніторинг потребують застосування перевірених в наукових дослідженнях сучасних методів моделювання екоситуації із застосуванням відповідних комп'ютерних програм. Перевага моделювання в тому, що воно дає змогу простими, недорогими способами аналізувати стан біогеоценозів, екосистем, передбачити характер екологічних змін в результаті дії відповідних чинників. Як приклад, прогнозувати ступінь забруднення важкими металами після внесення у ґрунт органічних добрив, отриманих з відходів тваринництва. Головна вимога до таких екомоделей – точність і достатня узагальненість. Висока точність моделей залежить від кількості елементів, що вибрані для її побудови, параметрів самої системи. Включення до моделі великої кількості компонентів ускладнює аналіз. Те саме відбувається і якщо кількість елементів звести до мінімуму: модель буде далекою від реальності. Існують математичні, вербальні та графічні моделі. Ми побудували математичну модель, як це зроблено й в низці інших досліджень [1, 16, 17]. В основі моделі лежить розрахунок кореляції між показниками, котрі отримали в ході досліджу.

Часто в ході досліджень виникає потреба у встановленні взаємозв'язку між різними групами показників. Ми зробили аналіз взаємозв'язку концентрації важких металів кадмію і плюмбуму у кормах дійних корів з різними раціонами та їх органічними відходами. Для вирішення подібних завдань використовують різні види кореляційного аналізу. Таким методом можна оцінити напрямок взаємозв'язку між двома показниками – прямий або зворотній, виразити його кількісно за допомогою коефіцієнта кореляції, встановити силу зв'язку. Чим ближче коефіцієнт кореляції за модулем до одиниці, тим сильніше зв'язок між досліджуваними показниками. Встановлена нами в ході досліджу кореляційна залежність між кадмієм і свинцем у кормах та органічних відходах корів важлива в першу чергу для оцінки екологічних ризиків забруднення ґрунту агробіогеоценозів, а також проведення якісного екомоніторингу стану екологічної безпеки сільськогосподарських угідь. Цим ми доповнили чинний інструментарій фахівців-екологів, технологів аграрного виробництва, технологів із захисту довкілля інших спеціалістів для збереження компонентів біосфери, позаяк моніторинговий відбір проб ґрунту, їх лабораторний аналіз є працемістким і складним процесом.

При проведенні екологічного моніторингу забруднення ґрунтів поллютантами доцільно застосовувати комплексний підхід. Відбір зразків ґрунту, їх лабораторний аналіз дає змогу з високою точністю встановити вміст валових та рухомих форм важких металів. Кореляційний аналіз за отриманими результатами лабораторного хімічного аналізу кормів, що регулярно здійснюється в багатьох сільськогосподарських підприємствах через значний вплив мінерального складу кормів на фізіологічний стан, здоров'я, молочну продуктивність корів, тобто аграрії в цьому більше зацікавлені, дасть змогу з високою точністю прогнозувати концентрацію найбільш токсичних важких металів кадмію та свинцю в органічних відходах, котрі в результаті потрапляють у ґрунт як органічне добриво під сільськогосподарські культури. Можна прогнозувати накопичення важких металів у ґрунті, оцінюючи екологічні ризики забруднення агробіогеоценозів з урахуванням відповідної норми внесення органічного добрива, а також оцінювати ризики при вирощуванні екологічно безпечних кормів для годівлі тварин, а можливо і при виробництві безпечних харчових продуктів.

Для фахівців аграрного виробництва, фахівців-екологів головним в роботі є прогноз розвитку будь-якої ситуації, а особливо екологічної, оскільки порушення екологічної рівноваги в агробіогеоценозах може призвести до незворотних наслідків, економічних збитків. В проведеному нами дослідженні встановлена висока та дуже висока кореляція між концентрацією таких важких металів як кадмій та свинець у кормах раціону корів і органічних відходах, що дає змогу фахівцям ефективно діяти в умовах аграрного виробництва, оцінювати екологічний ризик забруднення в екосистемі, впевнено застосовувати інструмент екологічного моніторингу для прогнозування розвитку екоситуації.

Методика оцінки екологічного ризику, вибір оптимальних способів зниження ризику у конкретній виробничій ситуації складається з трьох взаємопов'язаних елементів: оцінки ризику, управління ризиком, інформування про ризик. Сукупність вказаних елементів дає змогу не лише виявити проблеми, розробити способи вирішення, але й створити умови практичної реалізації відповідних рішень. Висока і дуже висока кореляційна залежність між досліджуваними показниками вказує на те, що екологічний ризик забруднення ґрунту кадмієм та свинцем є так само високим при внесенні великої кількості органічних добрив. Існує висока ймовірність погіршення якості ґрунту, деградації фауни та флори ґрунтових екосистем зі зменшенням видового біорізноманіття, порушенням біолого-геохімічних циклів, процесів саморегуляції, екологічної рівноваги. Внаслідок ненормованого внесення органічних добрив, що містять токсичні важкі метали, адаптаційні можливості агробіогеоценозів знижуються. Вчені з Португалії [18] звертають увагу на концентрацію важких металів як обмежувальний фактор при застосуванні органічних добрив на ґрунтах агроекосистем. Результати наших досліджень повністю з цим узгоджуються.

Застосування органічних відходів є важливим фактором дотримання Директиви Ради 1999/31/ЄС про захоронення відходів (Landfill Directive) та політики зменшення утворення відходів в країнах Європи, й одночасно стратегічним завданням збільшення вмісту органо-мінеральних речовин у ґрунті [18]. Свинець та кадмій належать до ксенобіотиків, як і багато інших важких металів. Тому вони не розкладаються під час зберігання та знезаражування гною у гноєсховищах, чи при утворенні компостів [19]. Вченими доведено, що внесення

органічних відходів тваринництва у вигляді компостів з високим вмістом токсичних важких металів призводить до надмірного накопичення їх у ґрунті [20]. Як приклад, 18-кратне збільшення вмісту кадмію у ґрунті фіксувалося, коли гній від свиней вносили в ґрунт протягом 17 років на північному сході та півдні Китаю в порівнянні з контрольними ґрунтами. При цьому на контрольних ґрунтах зовсім не вносилися добрива або вносилися лише мінеральні добрива [21]. У Китаї забруднення ґрунту важкими металами є критичною проблемою. Загальнонаціональні дослідження показують, що 19 % сільськогосподарських ґрунтів мають перевищення розроблених в країні екологічних стандартів щодо даних політантів. Дослідники вказують, що концентрації важких металів, особливо таких як кадмій, у ґрунті значно зросли за останні три десятиліття. Вчені підкреслюють нагальну потребу якісного екологічного моніторингу та мінімізацію надходження важких металів у ґрунти, де вирощуються сільськогосподарські культури. Висновок цього очевидний – приклад Китаю з негативними еконаслідками інтенсивного розвитку тваринництва потрібно враховувати в Україні у період, коли закінчиться війна й країна вийде на нормальний шлях економічного розвитку, в тому числі й галузі тваринництва, на що й були спрямовані наші дослідження.

Висновки. Статистична обробка даних з функцією аналізу непараметричної рангової кореляції Спірмена встановила високу та дуже високу кореляційну залежність між досліджуваними показниками кадмію та плюмбуму у кормах раціону дійних корів і органічних відходах тваринництва, що дає змогу оцінювати й прогнозувати екологічний ризик забруднення ґрунту політантами під час внесення великої кількості органічних добрив на поля під сільськогосподарські культури. Фахівці-екологи, зооінженери, технологи виробництва можуть використовувати даний інструмент для екологічного моніторингу агробіогеоценозів та екологічно безпечного ведення як традиційного, так і органічно-біологічного типу землеробства.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження будуть спрямовані на кореляційний аналіз за іншими показниками результатів досліджень, що є важливими у практиці ведення екологічно безпечного виробництва продукції тваринництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Xiang M., Li Y., Yang J., Lei K., Li Y., Li F., Zheng D., Fang X., Cao Y. Heavy metal contamination risk assessment and correlation analysis of heavy metal contents in soil and crops, *Environmental Pollution*, 2021. Vol. 278. 116911. doi: 10.1016/j.envpol.2021.116911
2. Mamenko O., Portiannyk S. Rank non-parametric correlation analysis of indicators of heavy metal transition from blood to cow's milk to assess its environmental safety. *Scientific Horizons*, 2021. Vol. 24(5). P. 35–45. doi: 10.48077/scihor.24(5).2021.35-45
3. Nicholson F. A., Chambers B. J., Williams J. R., Unwin R. J. Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales, *Bioresource Technology*. 1999. Vol. 70. Is. 1. P. 23–31. doi: 10.1016/S0960-8524(99)00017-6
4. Савченко Ю. І., Савчук І. М., Ковальова С. П. Концентрація ^{137}Cs та важких металів у м'ясі качок, вирощених у різних зонах радіоактивного

забруднення. *Вісник сільськогосподарської науки*. 2017. № 3. С. 31–38. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2017_03_05.pdf (дата звернення: 20.10.2024).

5. Козуля Т. В., Глушкова Л. В., Штігельман З.В. Визначення кореляцій між вмістом важких металів у ґрунтах різних екосистем при вирішенні задач математичного моделювання в екологічному моніторингу. *Радіoeлектроніка та інформатика*. 2004. Vol. 4(29). С. 159–164.

6. Mamenko O. M., Portiannik S. V. Features of heavy metal excretion in dairy cows in agroecosystems around an industrial city and the production of environmentally safe milk. *Ukrainian J. of Ecology*. 2021. № 11. P. 29–43. doi: 10.15421/2021_207

7. Kratz S., Schick J., Schnug E. Trace elements in rock phosphates and P containing mineral and organo-mineral fertilizers sold in Germany, *Science of The Total Environment*. 2016. Vol. 542. Part B. P. 1013–1019. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.08.046

8. Batyrova G., Kononets V., Amanzholkyzy A., Tlegenova Zh., Umarova G. Chromium as a Risk Factor for Breast Cancer: A Meta-Analysis. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2022. Vol. 23. Is. 12. P. 3993–4003. doi: 10.31557/APJCP.2022.23.12.3993

9. Wang Y., Duan X., Wang L. Spatial distribution and source analysis of heavy metals in soils influenced by industrial enterprise distribution: Case study in Jiangsu Province. *Science of The Total Environment*, 2020. Vol. 710. 134953. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134953

10. Маменко О. М., Портянник С. В., Хруцький С.С. Якість молока як непрямий показник екологічного стану біогеохімічної провінції регіону. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини* / Харків. держ. зоовет. акад. Харків, 2011. Вип. 22. Ч. 1. Т. 1. С. 267–281.

11. Liu L., Wang Zh., Ju F., Zhang T. Co-occurrence correlations of heavy metals in sediments revealed using network analysis, *Chemosphere*. 2015. Vol. 119. P. 1305–1313. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.01.068

12. Rudy M. The analysis of correlations between the age and the level of bioaccumulation of heavy metals in tissues and the chemical composition of sheep meat from the region in SE Poland, *Food and Chemical Toxicology*. 2009. Vol. 47. Is. 6. P. 1117–1122. doi: 10.1016/j.fct.2009.01.035

13. Zhang H., Du P., Yuan B., Chen J., Zhang Yu., Cai L., Yang Y., Wei Yu., Ma S., Zhao B. Multifaceted environmental risk assessment of beryllium, cadmium, nickel, and cobalt for soil contamination through PM10 on the city scale. *Ecological Indicators*. 2024. Vol. 159. 111756. doi: 10.1016/j.ecolind.2024.111756

14. Портянник С. В. Забезпечення екологічної безпеки агроєкосистем в умовах підвищеного вмісту важких металів у кормах та гнойовій масі корів. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва* / Білоцерк. нац. аграр. ун-т. Біла Церква: БНАУ, 2023. № 1(178). С. 132–144. doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-132-144

15. Kumar S., Zhao M., Zhang H., Rahman Md A., Luo Ch., Rahman M. M. Distribution, contamination status and source of trace elements in the soil around brick kilns, *Chemosphere*, 2021. Vol. 263, 127882. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.127882

16. Zongshuang Wang, Jungang Lv, Yufei Tan, Min Guo, Yanyue Gu, Shu Xu, Yuhua Zhou. Temporospacial variations and Spearman correlation analysis of ozone concentrations to nitrogen dioxide, sulfur dioxide, particulate matters and carbon monoxide in ambient air, China, *Atmospheric Pollution Research*. 2019. Vol. 10. Is. 4. P. 1203–1210. doi: 10.1016/j.apr.2019.02.003

17. Zhang J., Chen T., Li H., Tu Sh., Zhang L., Hao T., Yan B. Mineral phase transition characteristics and its effects on the stabilization of heavy metals in industrial hazardous wastes incineration (IHWI) fly ash via microwave-assisted hydrothermal treatment. *Sci. of The Total Environment*. 2023. Vol. 877. 162842. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.162842
18. Alvarenga P., Mourinha C., Farto M., Santos T., Palma P., Sengo J., Morais M.-Ch., Cunha-Queda C. Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: Benefits versus limiting factors, *Waste Management*. 2015. Vol. 40. P. 44–52. doi: 10.1016/j.wasman.2015.01.027
19. Yang X., Li Q., Tang Zh., Zhang W., Yu G., Shen Q., Zhao F.-J. Heavy metal concentrations and arsenic speciation in animal manure composts in China. *Waste Management*. 2017. Vol. 64. P. 333–339. doi: 10.1016/j.wasman.2017.03.015
20. Hang X., Wang H., Zhou J., Ma Ch., Du Ch., Chen X. Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (*Oryza sativa*) in a typical area of the Yangtze River Delta. *Environmental Pollution*. 2009. Vol. 157. Is. 8–9. P. 2542–2549. doi: 10.1016/j.envpol.2009.03.002
21. Wu L., Tan Ch., Liu L., Zhu P., Peng Ch., Luo Y., Christie P. Cadmium bioavailability in surface soils receiving long-term applications of inorganic fertilizers and pig manure. *Geoderma*. 2012. Vol. 173–174. P. 224–230. doi: 10.1016/j.geoderma.2011.12.003

REFERENCES

1. Xiang, M., Li, Y., Yang, J., Lei, K., Li, Y., Li, F., Zheng, D., Fang, X., & Cao Y. (2021). Heavy metal contamination risk assessment and correlation analysis of heavy metal contents in soil and crops, *Environmental Pollution*, 278, 116911. doi: 10.1016/j.envpol.2021.116911
2. Mamenko, O., & Portiannyk, S. (2021). Rank non-parametric correlation analysis of indicators of heavy metal transition from blood to cow's milk to assess its environmental safety. *Scientific Horizons*, 24(5), 35–45. doi: 10.48077/scihor.24(5).2021.35-45
3. Nicholson, F. A., Chambers, B. J., Williams, J. R., & Unwin, R. J. (1999). Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales, *Bioresource Technology*, 70(1), 23–31. doi: 10.1016/S0960-8524(99)00017-6
4. Savchenko, Yu. I., Savchuk, I. M., & Kovalova, S. P. (2017). Kонтсентрація 137Cs та важких металів у м'ясі качок, виведених у різних зонах радіоактивного забруднення [Concentration of 137Cs and heavy metals in meat of ducks raised in different zones of radioactive contamination]. *Visnyk silskohospodarskoi nauky*, 3, 31–38. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2017_03_05.pdf [in Ukrainian] (date of access: 20.10.2024).
5. Kozulia, T. V., Hlushkova, L. V., & Shtitelman, Z. V. (2004). Vyznachennia koreliatsii mizh vmistom vazhkykh metaliv u gruntakh riznykh ekosystem pry vyrishenni zadach matematychnoho modeliuvannia v eko-lohichnomu monitorynhi [Determination of correlations between the content of heavy metals in soils of different ecosystems in solving problems of mathematical modelling in environmental monitoring]. *Radioelektronika ta informatyka*, 4(29), 159–164 [in Ukrainian].
6. Mamenko, O. M., & Portiannik, S. V. (2021). Features of heavy metal excretion in dairy cows in agroecosystems around an industrial city and the production of environmentally safe milk. *Ukrainian J. of Ecology*, 11, 29–43. doi: 10.15421/2021_207

7. Kratz, S., Schick, J., & Schnug, E. (2016). Trace elements in rock phosphates and P containing mineral and organo-mineral fertilizers sold in Germany. *Science of The Total Environment*, 542(B), 1013–1019. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.08.046
8. Batyrova, G., Kononets, V., Amanzholkzy, A., Tlegenova, Zh., & Umarova, G. (2022). Chromium as a Risk Factor for Breast Cancer: A Meta-Analysis. *Asian Pac J Cancer Prev.*, 23(12), 3993–4003. doi: 10.31557/APJCP.2022.23.12.3993
9. Wang, Y., Duan, X., & Wang, L. (2020). Spatial distribution and source analysis of heavy metals in soils influenced by industrial enterprise distribution: Case study in Jiangsu Province. *Science of The Total Environment*, 710, 134953. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134953
10. Mamenko, O. M., Portiannik, S. V., & Khrutskyi, S. S. (2011). Yakist moloka yak nepriamyi pokaz-nyk ekolohichnoho stanu bioheokhimichnoi provintsii rehionu [Milk quality as an indirect indicator of the ecological state of the region's biogeochemical province]. *Problemy zooinzhenierii ta vetery-narnoi medytsyny* [Problems of animal engineering and veterinary medicine] / Kharkiv State Zootech. Acad. Kharkiv, 22(1)(1). C. 267–281 [in Ukrainian].
11. Liu, L., Wang, Zh., Ju, F., & Zhang, T. (2015). Co-occurrence correlations of heavy metals in sediments revealed using network analysis, *Chemosphere*, 119, 1305–1313. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.01.068
12. Rudy, M. (2009). The analysis of correlations between the age and the level of bioaccumulation of heavy metals in tissues and the chemical composition of sheep meat from the region in SE Poland, *Food and Chemical Toxicology*, 47(6), 1117–1122. doi: 10.1016/j.fct.2009.01.035
13. Zhang, H., Du, P., Yuan, B., Chen, J., Zhang, Yu., Cai, L., Yang, Y., Wei, Yu., Ma, S., & Zhao, B. (2024). Multifaceted environmental risk assessment of beryllium, cadmium, nickel, and cobalt for soil contamination through PM10 on the city scale. *Ecological Indicators*, 159, 111756. doi: 10.1016/j.ecolind.2024.111756
14. Portyannik, S.V. (2023). Ensuring the ecological safety of agroecosystems in conditions of increased content of heavy metals in feed and manure of cows. *Technology of production and processing of livestock products* / Bila Tserkva National Agrarian University. Bila Tserkva: BNAU, 1(178), 132–144. doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-132-144
15. Kumar, S., Zhao, M., Zhang, H., Rahman, Md A., Luo, Ch., & Rahman, M. M. (2021). Distribution, contamination status and source of trace elements in the soil around brick kilns, *Chemosphere*, 263, 127882. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.127882
16. Wang Z., Lv J., Tan Y., Guo M., Gu Y., Xu Sh., Zhou Yu. (2019). Temporospacial variations and Spearman correlation analysis of ozone concentrations to nitrogen dioxide, sulfur dioxide, particulate matters and carbon monoxide in ambient air, China, *Atmospheric Pollution Research*, 10(4), 1203–1210. doi: 10.1016/j.apr.2019.02.003
17. Zhang, J., Chen, T., Li, H., Tu, Sh., Zhang, L., Hao, T., & Yan, B. (2023). Mineral phase transition characteristics and its effects on the stabilization of heavy metals in industrial hazardous wastes incineration (IHWI) fly ash via microwave-assisted hydrothermal treatment. *Sci. of The Total Environment*, 877, 162842. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.162842
18. Alvarenga, P., Mourinha, C., Farto, M., Santos, T., Palma, P., Sengo, J., Morais, M.-Ch., & Cunha-Queda, C. (2015). Sewage sludge, compost and other

representative organic wastes as agricultural soil amendments: Benefits versus limiting factors, *Waste Management*, 40, 44–52. doi: 10.1016/j.wasman.2015.01.027

19. Yang, X., Li, Q., Tang, Zh., Zhang, W., Yu, G., Shen, Q., & Zhao, F.-J. (2017). Heavy metal concentrations and arsenic speciation in animal manure composts in China. *Waste Management*, 64, 333–339. doi: 10.1016/j.wasman.2017.03.015

20. Hang, X., Wang, H., Zhou, J., Ma, Ch., Du, Ch., & Chen, X. (2009). Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (*Oryza sativa*) in a typical area of the Yangtze River Delta. *Environmental Pollution*, 157(8–9), 2542–2549. doi: 10.1016/j.envpol.2009.03.002

21. Wu, L., Tan, Ch., Liu, L., Zhu, P., Peng, Ch., Luo, Y., & Christie, P. (2012). Cadmium bioavailability in surface soils receiving long-term applications of inorganic fertilizers and pig manure. *Geoderma*, 173–174, 224–230. doi: 10.1016/j.geoderma.2011.12.003

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL RISK USING CORRELATION ANALYSIS OF PLUMBUM AND CADMIUM CONCENTRATIONS IN AGROBIOGEOCENOSES

O. M. Mamenko,¹ S. V. Portianyk,² A. O. Onyshchenko²

¹Livestock farming institute of NAAS of Ukraine

1-A Tvarynnikiv Str., Kharkiv, Ukraine, 61026

²Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production NAAS

1 Shvedska Mohyla Str., Poltava, Ukraine, 36013

Scientists from various countries around the world are paying significant attention to assessing environmental risks associated with pollution by various contaminants, including heavy metals, which cause considerable harm to agrobiogeocenoses and overall environmental safety. The environmental situation in different regions of Ukraine remains tense not only due to technogenic factors and intensive agricultural production, but also as a result of ongoing military actions. Therefore, the assessment of environmental risk in agrobiogeocenoses using the results of laboratory chemical analysis of dairy cow feed and its organic waste for cadmium and plumbum concentration obtained in scientific and economic experiments is significant from the point of view of science and practice. Correlation analysis of the obtained research results is one of the most important methods of statistical data processing. It makes it possible to quickly establish the strength of the relationship between the variable Y (content of heavy metals in organic waste) and the vector variable X (content of heavy metals in dietary feed), and the statistical significance of the correlation between these indicators. Correlation analysis as a method of predicting soil load with heavy metals, identifying likely sources of pollution, and the dynamics of pollutant dispersion in the environment is used in environmental monitoring by scientists from the United States, the European Union, China, and other countries. **Objective** of the study was to assess the environmental risk of soil contamination of agrobiogeocenoses after the use of organic fertilizers based on the analysis of the strength of correlation between the content of cadmium and plumbum in animal feed and their organic waste. **Methods.** The experiments were conducted on productive dairy cows with different types of feeding. The diet included feed containing pollutants. The ecotoxicity of cadmium and plumbum caused their transfer from the dietary feed to the animal body and organic livestock waste. Chemical analysis of samples

of plant and animal origin for the content of heavy metals was performed by atomic absorption spectrophotometry. Statistical data processing was performed using the STATISTICA software package version 10.0. The nonparametric Spearman's rank correlation coefficient, which is reliable for small samples, was chosen for calculation.

Results. *The analysis of statistical data showed a probable high ($r=0.66-0.75$ for cadmium and $r=0.66-0.77$ for plumbum), very high ($r=0.83$ for cadmium and $r=0.83$ for plumbum) correlation between the content of ecotoxins in dietary feed and organic waste. **Conclusions.** Statistical data processing with the function of non-parametric Spearman's rank correlation analysis established a high and very high correlation between the studied indicators of cadmium and plumbum in dairy cow feed and organic livestock waste, which makes it possible to assess and predict the environmental risk of soil pollution by pollutants when applying large amounts of organic fertilizers to fields for agricultural crops.*

Keywords: *feed, diet, plumbum, cadmium, environmental safety, dairy cows, heavy metals.*

Отримано 31.10.24

Отримано після доопрацювання 15.11.24

Затверджено до видання 11.12.24

УДК [575.113+575.22]:[636.4+636.028]:577.213.3
doi 10.37143/2786-7730-2024-4(82)3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛЕЙОТРОПНОГО ЕФЕКТУ ГЕНА ВЕРТНИНУ (*VRTN*) НА ПРОДУКТИВНІ ОЗНАКИ СВИНЕЙ

А. М. Саєнко,¹ О. В. Акімов,^{1,2} М. Ю. Пека,¹ О. В. Лобченко,¹ Д. С. Дубінін,¹
В. М. Балацький¹

¹Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН
вул. Шведська Могила, 1, м. Полтава, Україна, 36013

²ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини»
вул. Григорія Сковороди, 83, м. Харків, Україна, 61023

Дослідження плейотропних ефектів генів має важливе значення для оптимізації стратегій розведення сільськогосподарських тварин та підвищення їх продуктивності. Ген вертнину (*VRTN*) є кандидатним геному у *QTL* на 7-й хромосомі свині (*SSC7*), який впливає на кількість грудних хребців та чинить плейотропний ефект на кількість сосків і довжину тіла. Проте потенційний плейотропний вплив цього гена на інші ознаки продуктивності залишається недостатньо вивченим. Враховуючи наслідки генетичного добору для розведення тварин, важливо дослідити, чи впливають специфічні поліморфізми в гені *VRTN* на додаткові фенотипні ознаки, тим самим допомагаючи в уточненні критеріїв добору. **Метою** цього дослідження було визначення генетичної структури популяції свиней української великої білої породи за поліморфізмом *g.20311_20312ins291* гена *VRTN* та встановлення його зв'язків з продуктивними ознаками, зокрема масою туші, товщиною шпигу та масою окосту. **Методи.** Дослідження проводили на свинях української великої білої породи. Виділення ДНК проводили за допомогою реактиву «Chelex 100». Генотипування за поліморфізмом *g.20311_20312ins291* у гені *VRTN* проводили за допомогою ампліфікації в полімеразній ланцюговій реакції (ПЛР) з подальшим електрофоретичним розділенням в агарозному гелі. Статистичний аналіз включав однофакторний дисперсійний аналіз з *post hoc* тестом Тьюкі для оцінки асоціацій між генотипами (*WW*, *WQ*, *QQ*) і показниками продуктивності. Результати генотипування показали, що в досліджуваній популяції переважав алель дикого типу (*W*) з частотою 0,6, тоді як мутантний алель (*Q*) мав частоту 0,4. Аналіз асоціації виявив значний зв'язок між поліморфізмом *g.20311_20312ins291* і масою туші ($p = 0,004$). Свині з генотипом *WQ* мали статистично більшу масу

Саєнко Артем Михайлович, к. с.-г. н., ст. дослідник, зав. лаб. генетики,
e-mail: saenko_artem@meta.ua <https://orcid.org/0000-0002-0527-5367>
Акімов Олександр Валентинович, к. с.-г. н., с. н. с., пров. н. с. лаб. вивчення хвороб свиней,
e-mail: akimov.kharkiv@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1938-0459>
Пека Микита Юрійович, н. с. лаб. генетики,
e-mail: pekapoltava@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0612-1164>
Лобченко Олександра Вікторівна, лаборант лабораторії генетики,
e-mail: oleksandra.lobchenko@gmail.com <https://orcid.org/0009-0006-8662-2012>
Дубінін Дмитро Сергійович, док. філ., н. с. лаб. годівлі, фізіології та здоров'я тварин,
e-mail: dmytrudubinin4@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5547-1614>
Балацький Віктор Миколайович, д. с.-г. н., проф., гол. н. с. лаб. генетики,
e-mail: vnbalatsky@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6034-3852>

туші перед забоєм, ніж тварини з гомозиготними генотипами *WW* і *QQ*. Не було виявлено статистично значущого зв'язку між поліморфізмом і масою окосту або товщиною шпигу ($p > 0,05$), хоча тварини з генотипом *WQ* демонстрували децю вищі середні значення цих ознак. **Висновки.** Результати підтверджують, що ген *VRTN* може чинити плейотропний вплив на продуктивність свиней, зокрема на масу туші. Враховуючи отримані тенденції до статистичної достовірності щодо результатів асоціацій гена *VRTN* з масою окосту та товщиною шпигу, доцільно продовжити дослідження, щоб прояснити повний спектр ефектів гена *VRTN*. У майбутніх дослідженнях доцільно також з'ясувати потенційний плейотропний ефект гена *VRTN* на інші ознаки продуктивності, наприклад, такі як параметри якості м'яса.

Ключові слова: плейотропний ефект, вертнин, селекція, генотипування, свині, гени, поліморфізм.

Посилатися на статтю так:

БІБЛІОГРАФІЯ за ДСТУ: Саєнко А. М., Акімов О. В., Пека М. Ю., Лобченко О. В., Дубінін Д. С., Балацький В. М. Дослідження плейотропного ефекту гена вертнину (*VRTN*) на продуктивні ознаки свиней. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2024. Вип. 4(82). С. 38–49. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)3

REFERENCES за APA style: Saienko, A. M., Akimov, O. V., Peka, M. Yu., Lobchenko, O. V., Dubinin, D. S., & Balatsky, V. N. (2024). Doslidzhennia pleiotropnoho efektu hena vertnynu (*VRTN*) na produktyvni oznaky svynei. [Study of the pleiotropic effect of the vertnin (*VRTN*) gene on pig productivity traits]. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 4(82), 38–49 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)3

Вступ. Сучасні стратегії розведення свиней все більше використовують молекулярно-генетичний аналіз для визначення бажаних генотипів, пов'язаних з локусами кількісних ознак (Quantitative Trait Loci, QTL). У результаті підбору тварин за певними молекулярно-генетичними маркерами вдається отримати популяції свиней, у яких тварини демонструють підвищену продуктивність і покращені фенотипні ознаки [1–3]. Однак надзвичайно важливо враховувати потенційні антагоністичні ефекти [4], які можуть виникати при доборі за певними ознаками. Наприклад, посилена мускулатура може супроводжуватися зниженням фертильності або змінами обміну речовин.

Плейотропний ефект – явище, коли один ген впливає на кілька фенотипних ознак [5]. Це означає, що мутація в такому гені може призвести до одночасних змін різних характеристик організму [6–8]. У контексті розведення свиней гени, розташовані в межах QTL, можуть виявляти плейотропні ефекти [9], впливаючи на декілька аспектів продуктивності, включаючи швидкість росту, якість м'яса та репродуктивну здатність.

Розуміння плейотропних ефектів генів у QTL є важливим для ефективної селекції та стратегій генетичного покращення свиней. Враховуючи ці ефекти, селекціонери можуть розробити ефективніші стратегії добору, спрямовані на покращення кількох ознак одночасно. Такий підхід дає змогу уникнути небажаних фенотипних комбінацій і сприяє збалансованому розвитку продуктивних ознак у свиней.

Ген вертнину (*VRTN*) є одним з кандидатних генів, для яких встановлені асоціації з продуктивними ознаками свиней, проте біологічна функція залишається

вивченою недостатньо [10]. Даний ген локалізований у межах QTL на 7-й хромосомі свині (SSC7) і, як вважається, має асоціації з кількістю грудних хребців у свиней, а також чинить плейотропний ефект на кількість сосків та довжину тулуба [11]. В останніх дослідженнях були підтверджені відповідні асоціації у популяціях різних порід свиней, таких як сухуай, ерхуален, дюрок, ландрас, йоркшир, пулявська, USMARC, а також інших гібридних популяціях [11–17]. Окремі поліморфізми у гені *VRTN*, зокрема поліморфізм інсерційної природи g.20311_20312ins291 розглядаються як такі, що є каузальними у свиней, проте це питання все ще залишається дискусійним [11, 18].

Враховуючи, що зміна кількості грудних хребців та довжини тулуба у свиней закономірно мала б призвести до збільшення маси тварини, в цьому дослідженні ми проводили пошук асоціацій поліморфізму g.20311_20312ins291 у гені *VRTN* з масою туші та деякими іншими показниками продуктивності свиней української великої білої породи (товщиною шпику та масою окосту), щоб з'ясувати чи може мати ген *VRTN* плейотропний ефект на інші фенотипні ознаки.

Метою дослідження було проведення генотипування свиней за поліморфізмом у гені *VERTN*, отримання генетичної структури досліджуваної популяції й пошук асоціації з показниками продуктивності для перевірки прояву плейотропного ефекту досліджуваного гена.

Матеріали та методи досліджень. У дослідженні було використано свиней великої білої породи української селекції (n=35) з популяції Державного підприємства «ДГ «Степне» (с. Степне Полтавського району Полтавської області). Для всіх піддослідних тварин були визначені продуктивні показники, серед яких маса туші до забою, товщина шпику та маса окосту. Як біологічний матеріал для проведення генотипування була використана кров піддослідних тварин. Поводження з тваринами під час дослідів відповідало положенням Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для наукових експериментів або в інших наукових цілях.

Виділення ДНК з біоматеріалу свиней здійснювали за допомогою реагенту “Chelex 100” за відповідною методикою [19]. Генотипування проводили за поліморфізмом g.20311_20312ins291 у гені *VRTN* (GenBank accession no. AB554652.1). Для цього застосовували ампліфікацію фрагмента гена у полімеразній ланцюговій реакції (ПЛР) [20–22]. ПЛР проводили у мікроцентрифужних пробірках Eppendorf 0,5 мл (Eppendorf, Німеччина) в програмованому термостаті «Терцик-2» («ДНК-технологія») у загальному об'ємі 25 мкл ПЛР-суміші. Структура олігонуклеотидних праймерів для синтезу фрагмента ДНК наведена у таблиці 1 [11].

Таблиця 1. Структура олігонуклеотидних праймерів для ПЛР-синтезу фрагмента гена *VRTN* свиней

Праймер	Послідовність	Довжина, п.н.	Вміст GC, %
F1	5'-GGCAGGGAAGGTGTTTGTTA-3'	20	50,0
R1	5'-GACTGGCCTCTGTCCCTTG-3'	19	63,16

Температура відпалу (T_m) для даної пари праймерів становить 50°C. Програма ампліфікації наведена у таблиці 2.

Таблиця 2. Програма ампліфікації у ПЛР для дослідження поліморфізму g.20311_20312ins291 у гені *VRTN* свиней

Температура	Час	Кількість циклів
96 °C	3 хв	1
96 °C	30 с	35
50 °C	30 с	
68 °C	30 с	
68 °C	4 хв	1

За даних умов ПЛР можливий синтез двох фрагментів різної довжини: алелю дикого типу (W) відповідає ампліфікат розміром 120 п.н., мутантному інсерційному алелю Q — фрагмент у 411 п.н. [11, 23].

Електрофоретичне розділення ампліфікованих фрагментів проводили у 2%-му агарозному гелі за сили струму у 76 мА та напруги — 275 В. Далі гель забарвлювали бромистим етидієм та візуалізували в ультрафіолетовому світлі на транслюмінаторі. При цьому виявляється три патерни електрофореграм, що відповідають наступним генотипам тварин: WW (смуга на рівні 120 п.н.), гомозиготний QQ (смуга на рівні 411 п.н.) та гетерозиготний WQ (виявляються одночасно дві смуги).

Статистичний аналіз даних включав визначення асоціацій між генотипом тварин (WW, WQ, QQ) за поліморфізмом у гені *VRTN* та продуктивними ознаками (масою туші до забою, масою окосту, товщиною шпику). За кожним показником дані було перевірено на відповідність нормальному розподілу з використанням критерію Шапіро-Уїлка. Далі зв'язки генотипів з продуктивними ознаками визначалися за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу з *post hoc* аналізом за допомогою тесту Тьюкі.

Результати дослідження та їх обговорення. За результатами генотипування було встановлено, що у досліджуваній популяції української великої білої породи свиней за поліморфізмом g.20311_20312ins291 у гені *VRTN* частіше зустрічався алель дикого типу W. Його частота становила 0,6. Частота мутантного алеля Q відповідно була 0,4. Серед досліджених генотипів найбільш поширеним був гетерозиготний генотип WQ, який мав частоту 0,514. Гомозиготні генотипи WW та QQ зустрічалися у досліджуваній популяції з частотами 0,343 та 0,143 відповідно.

Результати асоціативного аналізу генотипів свиней за поліморфізмом g.20311_20312ins291 у гені *VRTN* з продуктивними ознаками представлені у таблиці 3, а розподіл значень показників продуктивності у свиней з різними генотипами за цим поліморфізмом наведено на рисунку 1.

Таблиця 3. Асоціації генотипів за поліморфізмом g.20311_20312ins291 у гені *VRTN* з продуктивними ознаками свиней

Показник	Генотипи			p-значення
	WW (n=12)	WQ (n=18)	QQ (n=5)	
Маса туші до забою, кг	135,08±3,92 ^a	145,00±10,75 ^b	134,00±6,20 ^a	0,004
Маса окосту, кг	15,79±3,48 ^a	16,03±1,82 ^a	15,00±1,58 ^a	0,720
Товщина шпику, см	3,93±0,92 ^a	4,19±1,04 ^a	3,46±0,93 ^a	0,345

*Примітка** Для кожної групи у таблиці наведені значення середнього показника та стандартного відхилення. Різні індекси (a, b) вказують на статистично значущі відмінності між групами на основі тесту Тьюкі. Групи, що мають однаковий індекс не відрізняються значущо одна від одної.

Одержані результати свідчать про те, що існує асоціація між генотипами тварин за поліморфізмом у *VRTN* та масою туші ($p = 0,004$). Для тварин із гетерозиготним генотипом WQ характерна найбільша маса туші до забою на рівні 145,00±10,75 кг. Гомозиготні тварини з генотипами WW та QQ мають статистично меншу масу туші – відповідно 135,08±3.92 кг та 134,00±6,20 кг.

Результати асоціативного аналізу засвідчили відсутність статистично значущих відмінностей між тваринами з різними генотипами за досліджуванним поліморфізмом у гені *VRTN* за масою окосту та товщиною шпику ($p > 0,05$). Водночас варто зазначити, що тварини із гетерозиготним генотипом WQ мали дещо більшу середню масу окосту та середню товщину шпику, ніж тварини з іншими генотипами.

Одержані результати вказують на те, що існує вплив поліморфізму g.20311_20312ins291 у гені *VRTN* свиней на масу туші, що підтверджує зроблене у цьому дослідженні припущення. Одержані результати також свідчать про наявність плейотропного ефекту гена *VRTN* у свиней, для якого раніше було виявлено вплив на кількість грудних хребців, кількість сосків та довжину тулуба. Цікаво, що в роботі [11] саме тварини, гомозиготні за алелем Q мали найбільшу кількість хребців, сосків та довжину тулуба. В роботі [16] також було підтверджено асоціацію поліморфізму за *VRTN* із кількістю хребців, але не було знайдено асоціацій з масою туші у свиней породи дюрк. У дослідженні [12] було знайдено статистично значущу різницю між масою окосту в італійських свиней великої білої породи: алель Q був асоційований з нижчою масою окосту. Крім того, неоднозначним залишається вплив гена *VRTN* на якість м'яса: у дослідженні на польських породах свиней було знайдено низку асоціацій гена *VRTN* із показниками якості м'яса [24], в той час як інше дослідження не змогло встановити подібні асоціації на породи дюрк [25].

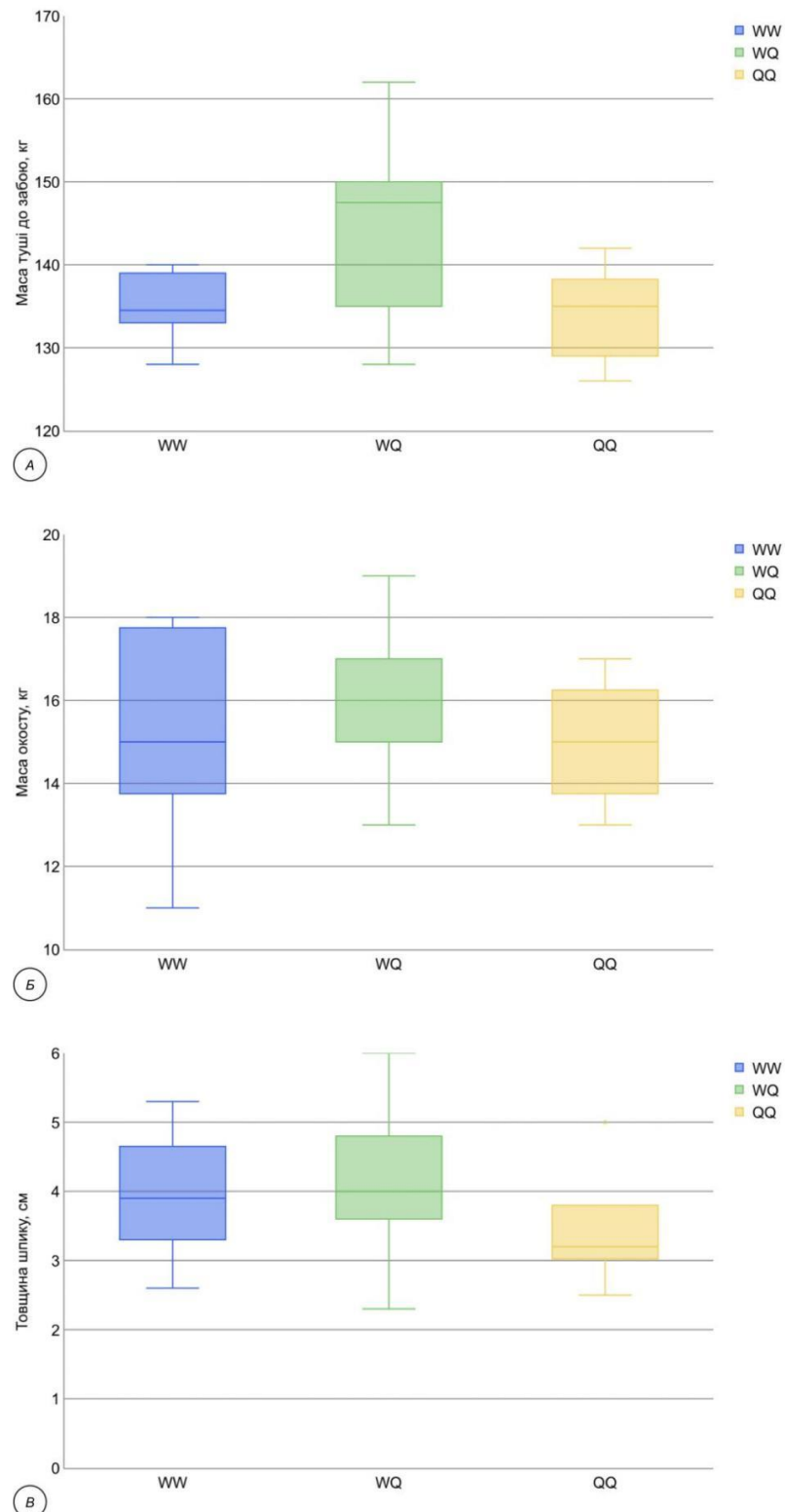


Рис. 1. Розподіли значень показників продуктивності у свиней з різними генотипами за поліморфізмом g.20311_20312ins291 у гені VRTN:
 А – маса туші до забою, кг; Б – маса окосту, кг; В – товщина шпигу, см

Таким чином, існують певні закономірності щодо впливу гена *VRTN* на кількість грудних хребців у свиней та плейотропного ефекту гена на кількість сосків та довжину тулуба. Проте потенційний плейотропний ефект на інші продуктивні ознаки потребує додаткових досліджень.

Висновки. Розуміння плейотропних ефектів має важливе значення для розвитку програм розведення та селекції свиней, зокрема для прийняття обґрунтованих рішень під час добору тварин за певними ознаками. У даному дослідженні було вивчено наявність плейотропного ефекту гена *VRTN* у свиней. Зокрема було встановлено, що у свиней української великої білої породи поліморфізм g.20311_20312ins291 у цьому гені має статистично значущий вплив на масу туші до забою тварин. Впливу на масу окосту та товщину шпигу виявлено не було.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження мають перспективу у напрямі пошуку асоціацій гена *VRTN* з іншими продуктивними ознаками, зокрема показниками якості м'яса.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Balatsky V. N., Oliinychenko Y. K., Buslyk T. V., Bankovska I. B., Korinnyi S. N., Saienko A. M., Pochernyaev, K. F. Associations of QTL Region Genes of Chromosome 2 with Meat Quality Traits and Productivity of the Ukrainian Large White Pig Breed. *Cytology & Genetics*. 2021. Vol. 55. P. 53–62. doi: 10.3103/S0095452721010023
2. Ernst C. W., Steibel J. P. Molecular advances in QTL discovery and application in pig breeding. *Trends in Genetics : TIG*. 2013. Vol. 29(4). P. 215–224. doi: 10.1016/j.tig.2013.02.002
3. Rothschild M. F., Hu Z. L., Jiang Z. Advances in QTL mapping in pigs. *Intern. J. of Biological Sci.* 2007. Vol. 3(3). P. 192–197. doi: 10.7150/ijbs.3.192
4. Carter A. J., Nguyen A. Q. Antagonistic pleiotropy as a widespread mechanism for the maintenance of polymorphic disease alleles. *BMC Medical Genetics*, 2011. Vol. 12. Article 160. doi: 10.1186/1471-2350-12-160
5. Lobo I. Pleiotropy: One Gene Can Affect Multiple Traits. *Nature Education*. 2008. Vol. 1(1), 10. URL: <https://www.nature.com/scitable/topicpage/pleiotropy-one-gene-can-affect-multiple-traits-569/> (date of access: 20.10.2024).
6. Reissmann M., Ludwig A. Pleiotropic effects of coat colour-associated mutations in humans, mice and other mammals. *Seminars in Cell & Developmental Biology*. 2013. Vol. 24(6–7). P. 576–586. doi: 10.1016/j.semcdb.2013.03.014
7. Zhang J. Patterns and evolutionary consequences of pleiotropy. *Annual review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2023. Vol. 54. P. 1–19. doi: 10.1146/annurev-eolsys-022323-083451
8. Zhang Z., Wang Z., Yang Y., Zhao J., Chen Q., Liao R., Chen Z., Zhang X., Xue M., Yang H., Zheng Y., Wang Q., Pan Y. Identification of pleiotropic genes and gene sets underlying growth and immunity traits: a case study on Meishan pigs. *Animal : an intern. J. of Animal Bioscience*. 2016. Vol. 10(4). P. 550–557. doi: 10.1017/S1751731115002761
9. Nagamine Y., Pong-Wong R., Visscher P. M., Haley C. S. Detection of multiple quantitative trait loci and their pleiotropic effects in outbred pig populations. *Genetics, Selection, Evolution : GSE*. 2009. Vol. 41(1). P. 44. doi: 10.1186/1297-9686-41-44.

10. Duan Y., Zhang H., Zhang Z., Gao J., Yang J., Wu Z., Fan Y., Xing Y., Li L., Xiao S., Hou Y., Ren J., Huang L. VRTN is Required for the Development of Thoracic Vertebrae in Mammals. *Intern. J. of biological Sci.* 2018. Vol. 14(6). P. 667–681. doi: 10.7150/ijbs.23815
11. Yang J., Huang L., Yang M., Fan Y., Li L., Fang S., Deng W., Cui L., Zhang Z., Ai H., Wu Z., Gao J., Ren J. Possible introgression of the VRTN mutation increasing vertebral number, carcass length and teat number from Chinese pigs into European pigs. *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6. 19240. doi: 10.1038/srep19240
12. Fontanesi L., Scotti E., Buttazzoni L., Dall'Olio S., Russo V. Investigation of a Short Interspersed Nuclear Element Polymorphic Site in the Porcine *Vertnin* Gene: Allele Frequencies and Association Study With Meat Quality, Carcass and Production Traits in Italian Large White pigs. *Italian J. of Animal Sci.* 2014. Vol. 13(1). doi: 10.4081/ijas.2014.3090
13. Hirose K., Ito T., Fukawa K., Arakawa A., Mikawa S., Hayashi, Y., Tanaka K. Evaluation of effects of multiple candidate genes (LEP, LEPR, MC4R, PIK3C3, and VRTN) on production traits in Duroc pigs. *Animal Sci. J. = Nihon chikusan Gakkaiho*. 2014. Vol. 85(3). P. 198–206. doi: 10.1111/asj.12134
14. Jiang N., Liu C., Lan T., Zhang Q., Cao Y., Pu G., Niu P., Zhang Z., Li Q., Zhou J., Li X., Hou L., Huang R., Li P. Polymorphism of *VRTN* Gene g.20311_20312ins291 Was Associated with the Number of Ribs, Carcass Diagonal Length and Cannon Bone Circumference in Suhuai Pigs. *Animals : an open access J. from MDPI*. 2020. Vol. 10(3). 484. doi: 10.3390/ani10030484
15. Li T., Wan P., Lin Q., Wei C., Guo K., Li X., Lu Y., Zhang Z., Li J. Genome-Wide Association Study Meta-Analysis Elucidates Genetic Structure and Identifies Candidate Genes of Teat Number Traits in Pigs. *Intern. J. of Molecular Sci.* 2023. Vol. 25(1). 451. doi: 10.3390/ijms25010451
16. Nakano H., Sato S., Uemoto Y., Kikuchi T., Shibata T., Kadowaki H., Kobayashi E., Suzuki K. Effect of VRTN gene polymorphisms on Duroc pig production and carcass traits, and their genetic relationships. *Animal Sci. J. = Nihon chikusan Gakkaiho*. 2015. Vol. 86(2). P. 125–131. doi: 10.1111/asj.12260
17. Rohrer G. A., Nonneman D. J., Wiedmann R. T., Schneider J. F. A study of vertebra number in pigs confirms the association of vertnin and reveals additional QTL. *BMC genetics*. 2015. Vol. 16. 129. doi: 10.1186/s12863-015-0286-9
18. Fan Y., Xing Y., Zhang Z., Ai H., Ouyang Z., Ouyang J., Yang M., Li P., Chen Y., Gao J., Li L., Huang L., Ren J. A further look at porcine chromosome 7 reveals VRTN variants associated with vertebral number in Chinese and Western pigs. *PloS One*. 2013. Vol. 8(4). e62534. doi: 10.1371/journal.pone.0062534
19. Walsh P. S., Metzger D. A., Higuchi R. Chelex 100 as a Medium for Simple Extraction of DNA for PCR-Based Typing from Forensic Material. *BioTechniques*. 2013. Vol. 54(3). P. 134–139. doi: 10.2144/000114018
20. Garibyan L., Avashia N. Polymerase chain reaction. *The J. of Investigative Dermatology*. 2013. Vol. 133(3). P. 1–4. doi: 10.1038/jid.2013.1
21. Lorenz T. C. Polymerase chain reaction: basic protocol plus troubleshooting and optimization strategies. *J. of Visualized Experiments : JoVE*. 2012. Vol. 63. e3998. doi: 10.3791/3998

22. Waters D. L., Shapter F. M. The polymerase chain reaction (PCR): general methods. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*. 2014. № 1099. P. 65–75. doi: 10.1007/978-1-62703-715-0_7
23. Hong S. T., Thi V. N., Duy P. P., Duc L. D., Kim D. P., Phuong G. N. T., Minh T. N. N., Hoang T. N. Polymorphism of candidate genes related to the number of teat, vertebrae and ribs in pigs. *Advances in Animal and Vet. Sci.* 2020. Vol. 8(3). P. 229–233. doi: 10.17582/journal.aavs/2020/8.3.229.233
24. Polasik D., Tyra M., Szyndler-Nędza M., Korpala A., Woźniak-Męch K., Terman A. Relationship between VRTN gene polymorphism and growth, slaughter and meat quality traits in three polish pig breeds. *Ciênc. Agrotec.* 2018. Vol. 42(5). P. 540–549. doi: 10.1590/1413-70542018425020818
25. Hirose K., Mikawa S., Okumura N., Noguchi G., Fukawa K., Kanaya N., Mikawa A., Arakawa A., Ito T., Hayashi Y., Tachibana F., Awata T. Association of swine vertnin (VRTN) gene with production traits in Duroc pigs improved using a closed nucleus breeding system. *Animal Sci. J.* 2013. Vol. 84(3). P. 213–221. doi: 10.1111/j.1740-0929.2012.01066.x

REFERENCES

1. Balatsky, V. N., Oliinychenko, Y. K., Buslyk, T. V. Bankovska, I. B., Korinnyi, S. N., Saienko, A. M., & Pochernyaev, K. F. (2021). Associations of QTL Region Genes of Chromosome 2 with Meat Quality Traits and Productivity of the Ukrainian Large White Pig Breed. *Cytology & Genetics*, 55, 53–62. doi: 10.3103/S0095452721010023
2. Ernst, C. W., & Steibel, J. P. (2013). Molecular advances in QTL discovery and application in pig breeding. *Trends in Genetics : TIG*, 29(4), 215–224. doi: 10.1016/j.tig.2013.02.002
3. Rothschild, M. F., Hu, Z. L., & Jiang, Z. (2007). Advances in QTL mapping in pigs. *Intern. J. of Biological Sci.*, 3(3), 192–197. doi: 10.7150/ijbs.3.192
4. Carter, A. J., & Nguyen, A. Q. (2011). Antagonistic pleiotropy as a widespread mechanism for the maintenance of polymorphic disease alleles. *BMC Medical Genetics*, 12, 160. doi: 10.1186/1471-2350-12-160
5. Lobo, I. (2008). Pleiotropy: One Gene Can Affect Multiple Traits. *Nature Education*, 1(1), 10. URL: <https://www.nature.com/scitable/topicpage/pleiotropy-one-gene-can-affect-multiple-traits-569/> (date of access: 20.10.2024).
6. Reissmann, M., & Ludwig, A. (2013). Pleiotropic effects of coat colour-associated mutations in humans, mice and other mammals. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 24(6–7), 576–586. doi: 10.1016/j.semcdb.2013.03.014
7. Zhang, J. (2023). Patterns and evolutionary consequences of pleiotropy. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 54, 1–19. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-022323-083451
8. Zhang, Z., Wang, Z., Yang, Y., Zhao, J., Chen, Q., Liao, R., Chen, Z., Zhang, X., Xue, M., Yang, H., Zheng, Y., Wang, Q., & Pan, Y. (2016). Identification of pleiotropic genes and gene sets underlying growth and immunity traits: a case study on Meishan pigs. *Animal : an intern. J. of Animal Bioscience*, 10(4), 550–557. doi: 10.1017/S1751731115002761
9. Nagamine, Y., Pong-Wong, R., Visscher, P.M., & Haley, C. S. (2009). Detection of multiple quantitative trait loci and their pleiotropic effects in outbred pig populations. *Genetics, Selection, Evolution : GSE*, 41(1), 44. doi: 10.1186/1297-9686-41-44

10. Duan, Y., Zhang, H., Zhang, Z., Gao, J., Yang, J., Wu, Z., Fan, Y., Xing, Y., Li, L., Xiao, S., Hou, Y., Ren, J., & Huang, L. (2018). VRTN is Required for the Development of Thoracic Vertebrae in Mammals. *Intern. J. of Biological Sci.*, 14(6), 667–681. doi: 10.7150/ijbs.23815
11. Yang, J., Huang, L., Yang, M., Fan, Y., Li, L., Fang, S., Deng, W., Cui, L., Zhang, Z., Ai, H., Wu, Z., Gao, J., & Ren, J. (2016). Possible introgression of the VRTN mutation increasing vertebral number, carcass length and teat number from Chinese pigs into European pigs. *Scientific Reports*, 6, 19240. doi: 10.1038/srep19240
12. Fontanesi, L., Scotti, E., Buttazzoni, L., Dall'Olio, S., & Russo, V. (2014). Investigation of a Short Interspersed Nuclear Element Polymorphic Site in the Porcine *Vertnin* Gene: Allele Frequencies and Association Study With Meat Quality, Carcass and Production Traits in Italian Large White pigs. *Italian J. of Animal Sci.*, 13(1). doi: 10.4081/ijas.2014.3090
13. Hirose, K., Ito, T., Fukawa, K., Arakawa, A., Mikawa, S., Hayashi, Y., & Tanaka, K. (2014). Evaluation of effects of multiple candidate genes (LEP, LEPR, MC4R, PIK3C3, and VRTN) on production traits in Duroc pigs. *Animal Sci. J. = Nihon chikusan Gakkaiho*, 85(3), 198–206. doi: 10.1111/asj.12134
14. Jiang, N., Liu, C., Lan, T., Zhang, Q., Cao, Y., Pu, G., Niu, P., Zhang, Z., Li, Q., Zhou, J., Li, X., Hou, L., Huang, R., & Li, P. (2020). Polymorphism of VRTN Gene g.20311_20312ins291 Was Associated with the Number of Ribs, Carcass Diagonal Length and Cannon Bone Circumference in Suhuai Pigs. *Animals : an open access J. from MDPI*, 10(3), 484. doi: 10.3390/ani10030484
15. Li, T., Wan, P., Lin, Q., Wei, C., Guo, K., Li, X., Lu, Y., Zhang, Z., & Li, J. (2023). Genome-Wide Association Study Meta-Analysis Elucidates Genetic Structure and Identifies Candidate Genes of Teat Number Traits in Pigs. *Intern. J. of Molecular Sci.*, 25(1), 451. doi: 10.3390/ijms25010451
16. Nakano, H., Sato, S., Uemoto, Y., Kikuchi, T., Shibata, T., Kadowaki, H., Kobayashi, E., & Suzuki, K. (2015). Effect of VRTN gene polymorphisms on Duroc pig production and carcass traits, and their genetic relationships. *Animal Sci. J. = Nihon chikusan Gakkaiho*, 86(2), 125–131. doi: 10.1111/asj.12260
17. Rohrer, G. A., Nonneman, D. J., Wiedmann, R. T., & Schneider, J. F. (2015). A study of vertebra number in pigs confirms the association of vertnin and reveals additional QTL. *BMC Genetics*, 16, 129. doi: 10.1186/s12863-015-0286-9
18. Fan, Y., Xing, Y., Zhang, Z., Ai, H., Ouyang, Z., Ouyang, J., Yang, M., Li, P., Chen, Y., Gao, J., Li, L., Huang, L., & Ren, J. (2013). A further look at porcine chromosome 7 reveals VRTN variants associated with vertebral number in Chinese and Western pigs. *PloS One*, 8(4), e62534. doi: 10.1371/journal.pone.0062534
19. Walsh, P. S., Metzger D. A., & Higuchi, R. (2013). Chelex 100 as a Medium for Simple Extraction of DNA for PCR-Based Typing from Forensic Material. *BioTechniques*, 54(3), 134–139. doi: 10.2144/000114018
20. Garibyan, L., & Avashia, N. (2013). Polymerase chain reaction. *The J. of Investigative Dermatology*, 133(3), 1–4. doi: 10.1038/jid.2013.1
21. Lorenz, T. C. (2012). Polymerase chain reaction: basic protocol plus troubleshooting and optimization strategies. *Journal of visualized experiments : JoVE*, (63), e3998. doi: 10.3791/3998

22. Waters, D. L., & Shapter, F. M. (2014). The polymerase chain reaction (PCR): general methods. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*, 1099, 65–75. doi: 10.1007/978-1-62703-715-0_7
23. Hong, S. T., Thi, V. N., Duy, P. P., Duc, L. D., Kim, D. P., Phuong, G. N. T., Minh, T. N. N., Hoang, T. N. (2020). Polymorphism of candidate genes related to the number of teat, vertebrae and ribs in pigs. *Advances in Animal and Vet. Sci.*, 8(3), 229–233. doi: 10.17582/journal.aavs/2020/8.3.229.233
24. Polasik, D., Tyra, M., Szyndler-Nędza, M., Korpala A., Woźniak-Męch, K., & Terman, A. (2018). Relationship between VRTN gene polymorphism and growth, slaughter and meat quality traits in three polish pig breeds. *Cienc. agrotec*, 42(5), 540–549. doi: 10.1590/1413-70542018425020818
25. Hirose, K., Mikawa, S., Okumura, N., Noguchi, G., Fukawa, K., Kanaya, N., Mikawa, A., Arakawa, A., Ito, T., Hayashi, Y., Tachibana, F., & Awata, T. (2013). Association of swine vertnin (VRTN) gene with production traits in Duroc pigs improved using a closed nucleus breeding system. *Animal Sci. J.*, 84(3), 213–221. doi: 10.1111/j.1740-0929.2012.01066.x

STUDY OF THE PLEIOTROPIC EFFECT OF THE VERTNIN (VRTN) GENE ON PIG PRODUCTIVITY TRAITS

A. M. Saienko¹, O. V. Akimov², M. Yu. Peka¹, O. V. Lobchenko¹, D. S. Dubinin¹, V. M. Balatsky¹

¹*Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production of NAAS
1 Shvedska Mohyla Str., Poltava, Ukraine, 36013*

²*NSC «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine»
83 Hryhoriia Skovorody Str., Kharkiv, Ukraine, 61023*

*The study of pleiotropic effects of genes is important for optimizing animal breeding strategies and increasing the productivity of farm animals. The vertnin gene (VRTN) is a candidate gene in a QTL on the seventh pig chromosome (SSC7), which affects the number of thoracic vertebrae and has a pleiotropic effect on the number of teats and body length. However, the potential pleiotropic effect of this gene on other performance traits remains poorly understood. Given the implications of genetic selection for animal breeding, it is important to investigate whether specific polymorphisms in the VRTN gene affect additional phenotypic traits, thereby helping to refine selection criteria. **Objective.** of this study was to determine the genetic structure of the Ukrainian Large White pig population based on the g.20311_20312ins291 polymorphism of the VRTN gene and to establish its relationships with performance traits, particularly carcass weight, fat thickness, and ham weight. **Methods.** The study was conducted on Ukrainian Large White pigs. DNA was isolated using the Chelex 100 reagent. Genotyping for the g.20311_20312ins291 polymorphism in the VRTN gene was performed using polymerase chain reaction (PCR) amplification, followed by electrophoretic separation in an agarose gel. Statistical analysis included a one-way analysis of variance with Tukey's post hoc test to assess associations between genotypes (WW, WQ, QQ) and performance indicators. **Results.** The genotyping showed that the wild-type allele (W) prevailed in the studied population with a frequency of 0.6, while the mutant allele (Q) had a frequency of 0.4. Association analysis revealed a significant relationship between the g.20311_20312ins291 polymorphism and carcass weight ($p = 0.004$). Pigs with the*

*WQ genotype had a statistically higher carcass weight before slaughter than animals with homozygous WW and QQ genotypes. No statistically significant association was found between the polymorphism and ham weight or fat thickness ($p > 0.05$), although WQ animals showed slightly higher mean values for these traits. **Conclusions.** The results confirm that the VRTN gene can have a pleiotropic effect on pig performance, particularly on carcass weight. Given the obtained trends towards statistical significance regarding the results of associations of the VRTN gene with ham weight and fat thickness, further research is advisable to clarify the full range of the gene's effects. Future studies should also investigate the potential pleiotropic effect of the VRTN gene on other performance traits, such as meat quality parameters.*

Keywords: *pleiotropic effect, vertnin, selection, genotyping, pigs, genes, polymorphism.*

Отримано 12.11.2024

Отримано після доопрацювання 29.11.2024

Затверджено до видання 11.12.2024

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРЕРОБКИ
ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА
TECHNOLOGY OF PRODUCTION AND PROCESSING OF
LIVESTOCK PRODUCTS**

УДК 636.2.082:637
doi 10.37143/2786-7730-2024-4(82)4

**МОНІТОРИНГ ГЕНОФОНДУ МОЛОЧНИХ ТА МОЛОЧНО-М'ЯСНИХ
ПОРІД В УКРАЇНІ ТА ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА ПОЛІПШЕННЯ
ПРОДУКТИВНОСТІ ТЕЛИЦЬ І КОРІВ**

С. Л. Войтенко

*Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН
вул. Шведська Могила 1, м. Полтава, Україна, 36013*

Мета. Моніторинг наявного генофонду та продуктивності худоби молочних та молочно-м'ясних порід у суб'єктах племінної справи України на 01.01.2024 р. для визначення стану галузі та виведення її з кризи, а також пошук чинників, які слугуватимуть поліпшенню господарськи корисних ознак у телиць і корів айрширської та української чорно-рябої молочної порід. **Методи.** Аналітичні, зоотехнічні, статистичні, експеримент. Для аналізу були використані дані Державного реєстру суб'єктів племінної справи у тваринництві за 2023 р., матеріали племінного обліку, інформаційна база даних з управління молочним скотарством «Бурьонка» в стаді айрширської породи ДП «ДГ імені Декабристів» Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН, а також племінного обліку 7 племінних господарств з розведення худоби української чорно-рябої молочної породи й електронна інформаційна база СУМС ОРСЕК. Вивчені жива маса та прирости телиць в процесі вирощування, молочна продуктивність та відтворювальна здатність корів. Ступінь впливу генотипових і паратипових чинників на фенотипову мінливість ознак продуктивності оцінювали засобами однофакторного дисперсійного аналізу. **Результати.** Моніторинг стану галузі молочного скотарства засвідчив наявність в Україні 321 суб'єкта племінної справи, де експлуатувалася при виробництві молока худоба 11 порід вітчизняного та закордонного походження. Лідерами щодо надою молока за першу і третю лактацію є корови голишинської породи. Вік телиць при першому осіменінні варіював у межах 365–662 днів, позитивно виділяючи голишинську породу. Визначено, що на показник живої маси телиць айрширської породи під час вирощування впливає технологія вирощування тварин в ранньому віці, походження за батьком, лінійна належність і методи підбору батьківських пар. Молочна продуктивність корів зумовлюється методами підбору батьківських пар, підтвердженням чого слугує ступінь впливу генотипових і паратипових

Войтенко Світлана Леонідівна, д. с.-г. н., професор, пров. наук. спів. лаб. наукових досліджень з питань інтелектуальної власності та маркетингу інновацій
e-mail: slvoitenko@ukr.net <https://orcid.org/0000-0003-3530-6360>

чинників на фенотипову мінливість ознак продуктивності. У телиць української чорно-рябої молочної породи, яких вирощували в умовах прогресивної та традиційної технології виробництва молока, підвищенню приростів живої маси в процесі вирощування слугував такий генотиповий чинник, як лінійна належність тварин та їх походження за батьком. Водночас умовна кровність за голштинською породою мала низький (0,3–2,5 %) і не достовірний вплив на інтенсивність росту телиць. **Висновки.** Моніторинг галузі молочного скотарства у суб'єктах плеємної справи станом на 01.01.2024 р. вказує на те, що від більшості наявних порід, включаючи й вітчизняні, які створені за використання кращого світового генофонду, можна отримати вищу продуктивність, але при цьому слід врахувати технологію виробництва молока, яку вважають чи не найголовнішим чинником, безперечно після селекції. Для поліпшення господарськи корисних ознак худоби айрширської та української чорно-рябої молочної породи потрібно виявляти чинники генотипового та паратипового характеру та проводити добір тварин за їх урахування.

Ключові слова: худоба, молочні породи, генофонд, продуктивність, генотипові й паратипові чинники, фенотипова мінливість, сила впливу.

Посилатися на статтю так:

БІБЛІОГРАФІЯ за ДСТУ: Войтенко С. Л. Моніторинг генофонду молочних та молочно-м'ясних порід в Україні та чинники впливу на поліпшення продуктивності телиць і корів. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2024. Вип. 4(82). С. 50–66. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)4

REFERENCES за APA style: Voitenko, S. L. (2024). Monitorynh henofondu molochnykh ta molochno- m'iasnykh porid v Ukraini ta chynnyky vplyvu na polipshennia produktyvnosti telyts i koriv [Monitoring of the gene fund of dairy and dairy-meat breeds in Ukraine and factors of influence on the improvement of the productivity of heifers and cows]. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 4(82), 50–66 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)4

Вступ. Невіддільним складником процесу виробництва продукції молочного скотарства є порода, що являє собою цілісну систему й може змінюватися в динаміці під впливом чинників різного характеру [1–3]. Варто зауважити, що зміни у галузі молочного скотарства України останніми роками характеризуються кризовими явищами, які привели до зменшення поголів'я великої рогатої худоби в господарствах населення та сільськогосподарських підприємствах, скорочення кількості господарств з розведення худоби, зниження продуктивності тварин, загострення проблеми збереження вітчизняного генофонду [4–6].

Досліджуючи генетичні ресурси тварин на початку третього тисячоліття, вчені визначили, що впродовж 2002–2019 рр. в Україні зменшилося поголів'я корів айрширської, англєрської, лебединської, симентальської, української червоно-рябої молочної, української чорно-рябої молочної, червоної польської та червоної степової порід. Зникли стада бурої карпатської, бурої молочної порід та пінцгау. Лідерами за кількістю маточного поголів'я були українська чорно-ряба молочна, голштинська та українська червоно-ряба молочна породи [7]. Підтверджують конкурентоспроможність окремих молочних порід в Україні й дослідження інших вчених [8], відповідно до яких найвищими надоями серед наявного генофонду відзначаються корови голштинської породи, яка за молочною продуктивністю займає перше місце й у світі [9, 10]. Тому знання стану молочного скотарства та окремих порід є необхідним для виведення галузі із кризи, прогнозування обсягів

продукції, поліпшення господарськи корисних ознак, визначення напрямку селекції з породою, збереження генофонду тощо.

За твердженнями науковців, молочна продуктивність корів зумовлена низкою генотипових та паратипових чинників, серед яких порода, лінійна належність, умови вирощування молодняку, рівень годівлі, жива маса і вік першого осіменіння та отелення, племінна цінність бугая, батька потомства, вік в лактаціях, технологія виробництва молока тощо [11–15].

Вчені давно з'ясували, що поліпшення генетичного потенціалу молочної продуктивності корів істотно залежить від якісного добору, оцінки та інтенсивного використання бугаїв-плідників, батьків потомства. Стверджується про вплив бугаїв-плідників на прояв господарськи корисних ознак у дочок на рівні 90–98 % [16–18].

Доведено, що виробництво молока від корів української чорно-рябої молочної породи за традиційної технології та незбалансованого рівня годівлі не сприяє прояву їх високого генетичного потенціалу, хоча навіть за таких умов простежується вплив бугая та лінії на продуктивність дочірніх потомків. Проте й експлуатація корів різних порід в однакових умовах утримання та годівлі не забезпечує їх від прояву різної продуктивності, що може узгоджуватися зі спадковістю та відселекціонованістю популяцій за відповідними ознакам [19]. Отже, короткий літературний огляд засвідчив відсутність єдиної думки серед наукової спільноти щодо використання в селекційній роботі з породою тих чи інших чинників впливу, що змушує продовжувати пошуки дієвих методів роботи з худобою відповідних порід для поліпшення основних ознак продуктивності та створення конкурентоспроможної галузі.

Мета роботи – моніторинг наявного генофонду та продуктивності худоби молочних та молочно-м'ясних порід у суб'єктах племінної справи України для визначення стану галузі та виведення її з кризи, а також пошук чинників, які слугуватимуть поліпшенню господарськи корисних ознак у телиць і корів айрширської та української чорно-рябої молочної порід.

Матеріали та методи досліджень. Моніторинг стану порід великої рогатої худоби молочного і молочно-м'ясного напрямку продуктивності у суб'єктах племінної справи тваринництва України проводили на основі аналізу чисельності корів різних порід та основних ознак їх молочної продуктивності й відтворювальних ознак станом на 01.01.2024 р. за використання даних Державного реєстру суб'єктів племінної справи у тваринництві за 2023 рік. Молочну продуктивність корів враховували за надоем, кількістю молочного жиру і білка за 305 днів першої та третьої лактації. Відтворювальні ознаки оцінювали за показниками віку і живої маси під час першого осіменіння, тривалістю сервіс-періоду та виходом телят на 100 корів.

Для визначення впливу генотипових та паратипових чинників на господарськи корисні ознаки худоби айрширської породи проводили експериментальні дослідження у ДП “ДГ імені Декабристів” Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН у 2021–2023 рр. за використання матеріалів племінного обліку, інформаційної бази даних з управління молочним скотарством «Бурьонка» та результатів власних досліджень. Дослідження з худобою української чорно-рябої молочної породи проводили у 2024 р. у господарствах з прогресивною технологією виробництва молока: ТОВ СГП “Імені Воловікова” (Рівненська обл.), СТОВ АФ “Маяк” і ПСП “Плешкані”

(Черкаська обл.) та традиційною технологією: ДП ДГ “Шевченківське” (Київська обл.), ДП “Чайка” (Київська обл.) СПОП “Відродження”, СТОВ “Прогрес” (Черкаська обл.). Для аналізу використано електронну інформаційну базу СУМС ОРСЕК станом на грудень 2023 року. Ступінь впливу генотипових і паратипових чинників на фенотипову мінливість ознак продуктивності оцінювали засобами дисперсійного аналізу з обчисленням критерію Фішера та показника сили впливу за співвідношенням (%) факторіальної та загальної дисперсій (сум квадратів відхилень) [20].

Результати дослідження та їх обговорення. Моніторинг стану галузі молочного скотарства за даними ДПР станом на 01.01.2024 р. засвідчив наявність в Україні 321 суб’єкта племінної справи, де експлуатувалася при виробництві молока худоба 11 порід вітчизняного та закордонного походження, а саме: айрширська, джерсейська, голштинська, лебединська, симентальська, українська бура молочна, українська червона молочна, українська червоно-ряба молочна, українська чорно-ряба молочна, червона степова і швіцька (табл. 1).

Таблиця 1. Характеристика наявного генофонду молочних та молочно-м’ясних порід в Україні за молочною продуктивністю
 (за даними ДПР за 2023 рік, станом на 01.01.2024 р.)

Порода	п, племінних господарств	п, корів	Молочна продуктивність за першу лактацію			Молочна продуктивність за третю лактацію		
			надій, кг	молочний жир, кг	молочний білок, кг	надій, кг	молочний жир, кг	молочний білок, кг
Айрширська	1	563	7352	295	222	7434	297	225
Джерсейська	4	1357	5643	337	235	6178	365	255
Голштинська	95	74303	9283	357	311	10089	388	337
Лебединська	2	358	4975	198	163	6258	260	208
Симентальська	16	4686	7071	285	235	6930	283	230
Українська бура молочна	2	1299	6151	246	213	7193	298	254
Українська червона молочна	7	3733	6584	252	234	8051	310	284
Українська червоно-ряба молочна	49	32361	7383	279	261	7941	304	270
Українська чорно-ряба молочна	140	118599	8069	299	260	8208	306	266
Червона степова	2	757	6051	251	203	6498	272	191
Швіцька	3	3809	7790	300	264	9319	371	317

Лідерами за кількістю племінних господарств є українська чорно-ряба молочна (140 господарств) та голштинська (95 господарств) породи. До порід на межі зникнення можна віднести айрширську (1 господарство), лебединську,

українську буру молочну, червону степову (по 2 господарства) і швіцьку (3 господарства). І якщо айрширську і швіцьку породи можна відновити коштом закордонного генофонду, то українську буру молочну і червону степову – проблематично з огляду на відсутність бугаїв даних порід. Поголів'я корів у досліджуваних суб'єктах племінної справи у молочному скотарстві варіює на рівні 358–118599 голів за загального поголів'я за усіма породами – 241825 голів.

Загальновідомо, що інтенсивність використання породи здебільшого зумовлюється її продуктивністю, тобто відселекціонованістю за відповідними господарськи корисними ознаками, які відносять популяцію до конкурентоспроможної чи нечисленної й майже зниклої. Аналіз молочної продуктивності наявного генофонду корів Україні на початок 2024 р. дав змогу зробити висновок, що понад 7000 кг за першу лактацію продукували корови голштинської породи (9283 кг), української чорно-рябої молочної (8069 кг), швіцької (7790 кг), української червоно-рябої молочної (7383 кг), айрширської (7352 кг) і симентальської (7071 кг) за середньої продуктивності по досліджуваних породах – 8541 кг.

При цьому корови конкурентоспроможної навіть в умовах України голштинської породи перевищували особин інших порід за цим показником на 1214–4308 кг. Кількість молочного жиру і білка у корів-первісток не зумовлювалася величиною надою, оскільки ці показники вважають антагоністами. Швидше за все це був прояв породних особливостей тварин та їх генетичного потенціалу. При цьому найбільшу кількість молочного жиру отримали від представниць голштинської, джерсейської та швіцької порід, а молочного білка – голштинської, швіцької й української червоно-рябої молочної породи.

Враховуючи, що переробні підприємства в Україні при закупівлі молока оцінюють його насамперед за вмістом жиру, в той час як провідні світові країни – за вмістом білка, власникам худоби при виборі породи для розведення та виробництва продукції доцільно врахувати, що актуальніше для них: багато молока з невисоким вмістом жиру чи менше молока, але високої якості.

У молочному скотарстві, як власне і в цілому по галузі тваринництва, останніми роками актуальним є питання збереження порід, які мають статус вітчизняних майже зниклих. Серед наявних наразі молочних порід до таких належать лебединська і червона степова, які не мають високої продуктивності, але є національним надбанням і при їх розведенні не стоїть завдання істотного поліпшення господарськи корисних ознак. Адже загальновідомо, що втрата одного виду живих істот спричинює значні порушення рівноваги біорозмаїття рослинного і тваринного світу, включаючи зміни в соціальному й економічному розвитку людства. Аналогічно можна сказати й щодо зникнення порід сільськогосподарських тварин, хоча з іншого боку – породоутворювальний процес не зупинити й розв'язання питання забезпечення людства продуктами тваринного походження належить до однієї з його глобальних проблем.

Оцінка наявного генофонду порід за молочною продуктивністю корів за третьою лактацією є найбільш об'єктивною у молочному скотарстві, оскільки дає змогу не лише оцінити бугаїв за якістю дочок й визначити кращі лінії, а й спланувати селекційну роботу з популяцією на перспективу.

За результатами наших досліджень з'ясовано, що в динаміці першого-третього отелення корови усіх порід, крім симентальської, збільшували надій за 305 днів кожної наступної лактації, що закономірно з огляду фізіологічних

особливостей організму тварин. При цьому поліпшення ознаки серед досліджуваних порід було не однаковим і залежало як від їх породних особливостей, так, ймовірно, й від інших чинників, серед яких технологія виробництва молока, рівень селекції, спадковість за голштинською породою.

Нашими дослідженнями виявлено, що впродовж третьої лактації, як і першої, найбільше молока було отримано від корів голштинської породи – 10089 кг, що підтверджує їх роль світових лідерів за молочною продуктивністю [10]. З незначною різницею щодо корів голштинської породи, але менше на 770 кг, продукували молоко представники швіцької породи, це при тому, що серед тварин цієї породи є два стада худоби вітчизняного походження з дуже низькою продуктивністю. Тобто, можна стверджувати, що дана порода закордонного походження в умовах прогресивної технології в Україні не поступається кращій світовій породі, а отже може бути популяцією, рекомендованою для виробництва молока в умовах відновлення галузі. Безперечно, за створення тваринам умов для реалізації їх генетичного потенціалу.

Надій корів решти досліджуваних порід за третьою лактацію був нижчим, ніж у середньому за усіма породами України й варіював у межах 6178–8208 кг. За цією лактацією встановлена тенденція найвищої кількості молочного жиру і білка, аналогічно до корів-первісток.

Крім молочної продуктивності актуальною проблемою у молочному скотарстві є відтворення худоби, яке узгоджується зі скороченням віку першого плідного осіменіння та можливістю раннього залучення корів до виробництва молока, а також бажанням мати приплід щорічно [21, 22]. Вбачається, що оптимальна тривалість сервіс-періоду у корів сучасних порід має бути на рівні 90–120 днів [23], однак у високопродуктивних стадах його тривалість досить часто є вищою, а високопродуктивні корови характеризуються подовженням сервіс-періоду і тривалості періоду між отеленнями, зменшенням виходу телят на 100 корів, підвищенням відсотка вибракування корів впродовж першої-другої лактацій через порушення відтворення і гінекологічні хвороби [24]. Попри те, що ознаки відтворювальної здатності худоби мають низький коефіцієнт успадкування і досягти їх селекційного поліпшення досить складно, вчені вважають, що за ними варто проводити добір та поліпшувати стан відтворення у сучасних високопродуктивних стадах внаслідок інших чинників [25, 26].

Моніторинг досліджуваних порід за віком корів при першому осіменінні засвідчив значну мінливість показника, як у межах однієї й тієї самої породи, так і між ними. Тобто, можна з впевненістю стверджувати про неможливість консолідації породи за цим показником з огляду на більш важливе значення селекції за надоєм. За усіма наявними в Україні на початок 2024 р. молочними породами, вік корів при першому осіменінні варіював у межах 365–662 днів, позитивно виділяючи голштинську породу, яка ймовірно утримується в умовах сучасної інтенсивної технології, де відтворенню приділяють першочергове значення (табл. 2).

При цьому в Україні оптимальним віком першого осіменіння телиць вважається вік, коли вони досягають 70-75 % живої маси дорослої корови. Проте в провідних світових країнах давно впровадили інтенсивне вирощування телиць та їх осіменіння у віці 14–15 місяців. Підтверджують можливість залучення телиць до відтворення у віці 14–16 місяців і дослідження інших вчених [27], якими

встановлений високий достовірний кореляційний зв'язок між віком першого осіменіння та надоем корів-первісток.

Інструкцією з бонітування великої рогатої худоби молочних і молочно-м'ясних порід [28] передбачені різні показники живої маси корів при першому осіменінні залежно від породи й віку, тому порівнювати їх вбачається не зовсім коректно, хоча слід відзначити, що осіменіння корів живою масою понад 400 кг у віці 18–20 місяців не слугуватиме прибутковості галузі. За цим показником теж існує істотна мінливість навіть у межах однієї породи, включаючи конкурентоспроможні, як, наприклад, голштинська (307–540 кг), українська чорно-ряба молочна (310–454 кг), швіцька (373–413 кг).

Таблиця 2. Характеристика наявного генофонду молочних та молочно-м'ясних порід в Україні за відтворювальними ознаками
(за даними ДПР за 2023 р., станом на 01.01.2024 р.)

Порода	п, племінних господарств	п, корів	Вік при першому осіменінні, днів (min-max)	Жива маса за першого осіменіння, кг (min-max)	Тривалість сервіс-періоду, днів (min-max)	Вихід телят на 100 корів, гол.
Айрширська	1	563	498	360	191	62
Джерсейська	4	1357	402–485	275–295	60–154	68
Голштинська	95	74303	365–580	307–540	47–225	84
Лебединська	2	358	546–600	386–402	92–122	93
Симентальська	16	4686	375–588	336–460	44–157	85
Українська бура молочна	2	1299	390–482	330–365	135–155	88
Українська червона молочна	7	3733	427–530	360–440	57–162	76
Українська червоно-ряба молочна	49	32361	372–662	320–474	43–255	81
Українська чорно-ряба молочна	140	118599	365–660	310–454	44–237	82
Червона степова	2	757	428–531	391–420	120–137	83
Швіцька	3	3809	409–598	375–413	107–120	87

Варто також зауважити, що у більшості досліджуваних порід є стада, де відтворенню приділяється належна увага з огляду на нижню межу показника тривалості сервіс-періоду, яка знаходиться на рівні 43–135 днів й може забезпечити щорічне отримання приплоду. Але навіть серед конкурентоспроможних порід простежується тенденція до проблем із відтворенням. Тобто, висока молочна продуктивність є все-таки антагоністом відтворювальній здатності,

підтвердженням чого є верхня межа показника тривалості сервіс-періоду (150 днів і більше), що унеможлиблює якісне відтворення стада.

Вихід телят на 100 корів загалом не належить до показників відтворювальної здатності, але він дає змогу мати уявлення щодо необхідності вибракування корів, введення телиць в стадо, розширення поголів'я, можливість добору за відповідними ознаками продуктивності тощо. Цей показник значною мірою залежить від технології виробництва молока, прийнятої в господарствах, професіоналізму лікарів ветеринарної медицини та техніків штучного осіменіння, якості сперми. З огляду на отримані нами результати досліджень, найбільший вихід телят на 100 корів – 93 голови, отримано від лебединської породи, хоча її молочна продуктивність бажає бути кращою. Враховуючи, що це майже зникла порода – маємо те, що маємо. Від решти порід, крім айрширської, джерсейської й української червоної молочної, отримали від 81 до 88 телят на 100 корів. Найменше телят на 100 корів – 62 голови, отримано від корів айрширської породи.

Отже, моніторинг галузі молочного скотарства України в суб'єктах племінної справи станом на 01.01.2024 р. вказує на те, що від більшості наявних порід, включаючи й вітчизняні, які створені за використання кращого світового генофонду, можна отримати вищу продуктивність, але при цьому слід врахувати технологію виробництва молока, яку вважають чи не найголовнішим чинником, безперечно після селекції, підвищення господарськи корисних ознак худоби. Як засвідчують закордонні дослідники [29], виробництво молока в країнах ЄС ґрунтується на утриманні худоби в комфортних умовах безприв'язно, забезпечуючи таким чином зменшення витрат робочої сили. Невідповідність умов утримання фізіологічним потребам негативно впливає на функціонування організму в цілому та призводить до зменшення виробленої продукції [30]. Крім поліпшення продуктивності корів варто також звернути увагу на необхідності збільшення поголів'я худоби й стад по їх розведенню, оскільки проблема забезпечення населення якісною молочною продукцією залишається невирішеною.

Крім дослідження стану галузі молочного скотарства в Україні на початок 2024 р., нами були визначені чинники впливу на прояв окремих господарськи корисних ознак худоби айрширської та української чорно-рябої молочної породи.

Для худоби айрширської породи визначали вплив лінійної належності на живу масу телиць при народженні, у віці 6, 12 і 18 місяців, вплив батька потомства однієї лінії на ріст телиць при народженні та в процесі вирощування до 18-місячного віку, умов вирощування та батька потомства на живу масу телят в ранньому віці, віку в отеленнях на тривалість лактації, методу підбору батьківських пар на живу масу в процесі вирощування, а також молочну продуктивність корів-первісток.

Однофакторним дисперсійним аналізом встановлено, що вплив лінійної належності на живу масу телят айрширської породи у різні періоди росту був не однаковим (табл. 3). Лінійна належність телят не мала значення для поліпшення їх живої маси при народженні, але чинила достовірний вплив на ріст у віці 6, 12 і 18 місяців, що потрібно враховувати при формуванні високопродуктивного стада худоби айрширської породи. Вплив бугая, батька потомства, на живу масу телят у різні періоди росту варіював на рівні 2,25–20,03 % і достовірного значення мав лише у віці 12 місяців.

Доведено, що умови утримання чинять високий достовірний вплив на живу масу телят у місячному віці. Зроблено висновок, що телят айрширської породи в ранньому віці краще вирощувати безприв'язно в клітках, розташованих на відкритому повітрі (холодний спосіб утримання), та що високий генетичний потенціал батька не проявляється у гірших умовах вирощування телят від народження до місячного віку.

Таблиця 3. Сила впливу окремих чинників на господарські корисні ознаки худоби айрширської породи, (%)

Показник	Число градацій	Частка впливу (η^2)	Критерій достовірності Фішера (F)
<i>Вплив лінії на живу масу телят</i>			
– при народженні	4/305	0,58	0,45
– у 6 місяців	4/298	8,95**	7,32
– у 12 місяців	4/296	5,31**	4,14
– у 18 місяців	4/296	6,20***	4,88
<i>Вплив бугая, батька потомства, на живу масу телят</i>			
– при народженні	1/31	8,22	2,77
– у віці 1 місяця	1/31	5,98	1,97
– у віці 3 місяців	1/31	2,25	0,71
– у віці 6 місяців	1/31	5,48	1,79
– у віці 12 місяців	1/31	20,03**	8,25
– у віці 18 місяців	1/31	5,46	1,79
<i>Вплив умов утримання телят та походження за батьком на живу масу</i>			
– у віці 1 місяця	1/36	12,58*	5,18
– сибсів за батьком у віці 1 місяця	1/26	30,65**	11,49

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

Загальновідомо, що для молочного скотарства завжди актуальним є аналіз надою корів залежно від тривалості лактації, яка асоціює з сервіс-періодом, заплідненістю корів та можливістю щорічного отримання приплоду. Однофакторним дисперсійним аналізом ми встановили, що вік корів айрширської породи в лактаціях чинить незначний (2,59 %), але достовірний вплив на її тривалість.

Науковці переконують, що поліпшити продуктивність худоби можна також шляхом пошуку методів розведення чи вдалого підбору тварин. Нашими дослідженнями з'ясовано, що метод підбору батьківських пар айрширської породи (лінійне розведення, крос ліній та схрещування) справляв достовірний вплив на живу масу телиць у віці 3, 12 і 15 місяців (відповідно 4,19; 5,81 і 6,34 %) та на надій корів першої лактації – 9,4 % ($p < 0,01$) і не достовірний – на вміст жиру і білка в молоці (відповідно 0,2 % і 0,6 %).

Для виявлення чинників генотипового характеру, що слугуватимуть поліпшенню інтенсивності росту телиць української чорно-рябої молочної породи проводили дослідження в умовах прогресивної та традиційної технології

виробництва молока. Визначали вплив лінії, бугая, батька потомства, та умовної кровності за голштинською породою. Нашими дослідженнями з'ясовано, що за прогресивної технології коефіцієнт сили впливу лінії на живу масу телиць в обумовлені вікові періоди (народження – 18 місяців) був достовірним і варіював у межах 5–6 %, на абсолютний і середньодобовий приріст за увесь період вирощування – 5 %, а за традиційної технології – відповідно 6–26 % та 23 %. В умовах прогресивної технології сила впливу батька на живу масу телиць під час вирощування становила 11–43 % ($p < 0,01$) за найбільшого значення при народженні, на абсолютний і середньодобовий приріст – 13 %. Ефективність вирощування телиць в умовах традиційної технології виробництва молока має ще вищі показники впливу спадковості батьківської основи. Так, за традиційної технології виробництва молока спадковість батька сприяє підвищенню приростів живої маси телиць за період вирощування від народження до 18-місячного віку на рівні 26–56 %, абсолютного і середньодобового приростів – 46 % за високої достовірності показника. Водночас умовна кровність за голштинською породою мала низький (0,3–2,5 %) і не достовірний вплив на інтенсивність росту телиць української чорно-рябої молочної породи, тому чинником вбирного схрещування можна знехтувати при поліпшенні живої маси телиць в процесі вирощування.

Отже, для підвищення живої маси та абсолютних і середньодобових приростів телиць української чорно-рябої молочної породи в процесі їх вирощування від народження до 18-місячного віку, варто враховувати технологію виробництва молока, а також такі чинники генотипового характеру, як лінійна належність і походження за бугаєм, батьком потомства.

Висновки. Моніторинг галузі молочного скотарства в суб'єктах племінної справи в Україні на початок 2024 р. засвідчив, що до виробництва молока залучено 11 порід вітчизняного та закордонного походження за істотної фенотипової різниці показників продуктивності маточного поголів'я корів в господарствах. Одиначні господарства утримують корів айрширської, лебединської, української бурої молочної, червоної степової й швіцької порід, що потрібно враховувати для збереження генофонду порід молочного напрямку продуктивності в Україні.

Лідерами за надоем першої та третьої лактації визнано корів голштинської та української чорно-рябої молочної порід. Наявні породи не консолідовані за показниками відтворювальної здатності й істотно різняться між собою. Для більшості порід відтворювальна здатність є антагоністом молочної продуктивності.

Для поліпшення продуктивності корів і телиць айрширської породи потрібно зосередитися на чинниках, які достовірно впливають на живу масу телиць в ранньому віці й в процесі вирощування і на молочну продуктивність корів-первісток, а саме: належності тварин до відповідної лінії, походження за батьком, умовах вирощування в ранньому віці, методу підбору батьківських пар, сила впливу яких за результатами дисперсійного аналізу була достовірною.

Поліпшення інтенсивності росту телиць української чорно-рябої молочної породи, за нашими дослідженнями, залежить від таких генотипових чинників, як лінія і батько потомства, а умовною кровністю за голштинською породою можна знехтувати з огляду на її дуже низький та недостовірний вплив на живу масу тварин.

Перспективи подальших досліджень. На перспективу варто проаналізувати стан галузі молочного скотарства в динаміці 5–20 років з акцентом змін по регіонах

внаслідок дії воєнного стану та запропонувати дієві механізми виходу з кризової ситуації в галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ковальчук І. В., Слюсар М. В., Ковальчук І. І. Аналіз молочного скотарства України, як перспективного сектора економіки. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2019. Вип. 4 (39). С. 63–67. doi: 10.32845/bsnau.lvst.2019.4.9
2. Гладій М. В., Порхун М. Г., Кругляк О. В., Мартинюк І. С., Чорноострівець Н. М., Кулакова М. Б. Економічні засади прибуткового використання генетичних ресурсів молочного скотарства України. *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2021. Вип. 62. С. 31–36. doi: 10.31073/abg.62.06
3. Почукалін А. Є., Прийма С. В., Романова О. В. Селекційні досягнення України (минуле, сучасне): породи, типи і лінії сільськогосподарських тварин. *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2024. Вип. 67. С. 140–163. doi: 10.31073/abg.67.14
4. Тваринництво України : стан, проблеми, шляхи розвитку (1991–2017–2030 рр) / за ред. М. І. Башенка. Київ: Аграрна наука, 2017. 160 с.
5. Гладій М., Полупан Ю., Резникова Н., Прийма С. Генетичні ресурси молочного і м'ясного скотарства в Україні. *Тваринництво України*. 2018. № 9–10. С. 14–20.
6. Вишневський Л. В., Войтенко С. Л., Сидоренко О. В. Господарські корисні ознаки великої рогатої худоби молочних порід в стадах дослідних господарств мережі НААН. *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2019. Вип. 57. С. 29–37. doi: 10.31073/abg.57.04
7. Войтенко С. Л., Порхун М. Г., Сидоренко О. В., Ільницька Т. Є. Генетичні ресурси сільськогосподарських тварин України початку третього тисячоліття. *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2019. Вип. 58. С. 110–119. doi: 10.31073/abg.58.15
8. Башенко М. І., Гладій М. В., Мельник Ю. Ф., Єфіменко М. Я., Кругляк А. П., Полупан Ю. П., Вишневський Л. В., Бірюкова О. Д., Кругляк О. В., Кузєбний С. В., Прийма С. В. Стан і перспективи розвитку молочного скотарства України. *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2017. Вип. 54. С. 6–14. doi: 10.31073/abg.54.01
9. ICAR. Yearly survey on the situation of Milk Recording Systems (Years 2022 and 2023) in ICAR member countries for cow, sheep and goats. 2024. P. 24. URL: <https://www.icar.org/wp-content/uploads/2024/07/Survey-on-milk-recording-systems-in-cows-sheep-and-goats-2022-and-2023.pdf> (date of accesses: 30.10.24).
10. VanRaden P. M., Tooker M. E., Cole J. B., Wiggans G. R., Megonigal Jr. J. H. Genetic evaluations for mixed-breed populations. *J. Dairy Sci.* 2007. Vol. 90. № 5. P. 2434–2441. doi: 10.3168/jds.2006
11. Башенко М. І., Бойко О. В., Гончар О. Ф., Сотніченко Ю. М., Ткач Є. Ф. Вплив генотипових і паратипових факторів на продуктивність молочної худоби. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 3. С. 55–60. doi: 10.31073/agrovisnyk202003-08
12. Шпетний М. Б., Заболотна В. К., Гришин С. Ю. Молочна продуктивність та відтворювальна здатність корів залежно від генетичних та паратипових чинників.

Вісник Сумського НАУ. Серія: Тваринництво. 2021. Вип. 4(47). С. 33–42. doi: 10.32845/bsnau.lvst.2021.4.6

13. Войтенко С. Л., Сидоренко О. В., Король П. В., Бабуш С. І. Вплив лінійної належності на молочну продуктивність корів вітчизняних порід з різною спадковістю за голштинською породою. *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2023. Вип. 66. С. 40–51. doi: 10.31073/abg.66.04

14. Кругляк Т. О., Кругляк А. П. Молочна продуктивність корів української червоно-рябої молочної породи залежно від походження та поєднуваності плідників. *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2023. Вип. 66. С. 70–78. doi: 10.31073/abg.66.07

15. Любинський О. І. Особливості росту телиць різних ліній буковинського заводського типу української червоно-рябої молочної породи. *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2023. Вип. 66. С. 86–94. doi: 10.31073/abg.66.09

16. Полупан Ю. П. Оцінка бугаїв за типом дочок. *Вісник аграрної науки.* 2000. № 5. С. 45–49.

17. Ференц Л. В., Федорович Л. І., Сірацький Й. З. Вплив бугаїв різних ліній на ріст і розвиток теличок української чорно-рябої молочної породи. *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2005. Вип. 38. С. 193–196.

18. Войтенко С. Л., Сидоренко О. В. Оцінка бугаїв голштинської породи за молочною продуктивністю їх дочок. *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2020. Вип. 59. С. 26–34. doi: 10.31073/abg.59.03

19. Гладій М. В., Коваленко Г. С., Прийма С. В., Гольоса Г. О., Тучик А. В., Марчук Л. В., Оцабрик В. П., Льоля Б. Б. Порівняльна характеристика молочної продуктивності корів українських червоно-рябої, чорно-рябої молочних та голштинської порід у ДП ДГ «Олександрівське». *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2016. Вип. 52. С. 6–12. doi: 10.31073/abg.52.01

20. Крамаренко С. С., Луговий С. І., Лихач А. В., Крамаренко О. С. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин. Миколаїв: МНАУ, 2019. 211 с.

21. LeBlanc S. Economics of improving reproductive performance in dairy herds. *Advanced Dairy Technology.* 2007. Vol. 19. P. 201–214.

22. Кузів М. І., Федорович Є. І. Відтворювальна здатність корів української чорно-рябої молочної породи. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького.* Львів, 2016. Т. 18. № 2 (67). С. 120–123.

23. Ставецька Р. В. Вплив тривалості сервіс-періоду на продуктивні та інші показники відтворної здатності корів. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія «Сільськогосподарські науки».* 2012. Вип. 4 (62). С. 106–111.

24. Barth A. D., Brito L. F. C., Kastelic J. P. The effect of nutrition on sexual development of bulls. *Theriogenology.* 2008. Vol. 70. Is. 3. P. 485–494.

25. Мачульний В. В., Покришук С. М., Сорокін А. О. Оцінка молочної продуктивності та відтворної здатності корів-первісток української чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід в залежності від селекційного напрямку голштинської породи. *Розведення і генетика тварин* : міжвідом. темат. наук. зб. Київ, 2017. Вип. 54. С. 178–183.

26. Рудик І. А., Олешко В. П. Рівень відтворної здатності корів як фактор формування високопродуктивних стад молочної худоби. *Науковий вісник національного університету біоресурсів та природокористування України*. 2011. Вип. 160. Ч. 1. С. 34–41.

27. Войтенко С. Л., Сидоренко О. В., Шаферівський Б. С., Петренко М. О. Відтворювальна здатність корів, зумовлена генотиповими чинниками. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(4). С. 91–98. doi: 10.31210/spi2023.26.04.16

28. Литовченко А. М., Микитюк Д. М., Білоус О. В., Кудрявська Н. В., Шпак Л. В., Буркат В. П., Єфіменко М. Я., Полупан Ю. П., Демчук М. П., Васильківський С. Б., Рубан С. Ю., Мельник Ю. Ф., Майборода М. М., Костенко О. І., Рудик І. А., Башенко М. І., Тищенко І. В., Хмельничий Л. М., Кругляк А. П., Вишневський Л. В., Гордін А. Ф. Інструкція з бонітування великої рогатої худоби молочних і молочно-м'ясних порід. Інструкція з ведення племінного обліку в молочному і молочно-м'ясному скотарстві. Київ: ППНВ, 2004. 76 с.

29. Zähner M., Schrader L., Hauser R., Keck M., Langhans W., & Wechsler B. The influence of climatic conditions on physiological and behavioural parameters in dairy cows kept in open stables. *Animal Sci.* 2004. Vol. 78. Is. 1. P. 139–147. doi: 10.1017/S1357729800053923

30. Borshch O. O., Ruban S. Yu., Borshch O. V. The influence of genotypic and phenotypic factors on the comfort and welfare rates of cows during the period of global climate changes. *Agraarteadus. J. of Agricultural Sci.* 2021. Vol. 1. P. 25–34. doi: 10.15159/jas.21.12

REFERENCES

1. Kovalchuk, I., Slusar, M., & Kovalchuk, I. (2019). Analiz molochnoho skotarstva Ukrainy, yak perspektyvnoho sektora ekonomiky [Analysis of the state of dairy cattle breeding in Ukraine, as a promising sector of the economy]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Seriya «Tvarynnytstvo» [Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock]*, 4(39), 63–67 [in Ukrainian].

2. Gladiy, M. V., Porhun, M. G., Kruglyak, O. V., Martynyuk, I. S., Chornoostrovets, N. M., & Kulakova, M. B. (2021). Ekonomichni zasady prybutkovoho vykorystannia henetychnykh resursiv molochnoho skotarstva Ukrainy [Economic principles of profitable use of dairy genetic resources in Ukraine]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn [Animal Breeding and Genetics]*, 62, 31–36. doi: 10.31073/abg.62.06 [in Ukrainian].

3. Pochukalin, A. Y., Pryima, S. V., & Romanova, O. V. (2024). Selektiini dosiahnennia Ukrainy (mynule, suchasne): porody, typy i linii silskohospodarskykh tvaryn. [Breeding achievements of Ukraine (past, present): breeds, types and lines of agricultural animals]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn [Animal Breeding and Genetics]*, 67, 140–163. doi: 10.31073/abg.67.14 [in Ukrainian].

4. Bashchenko, M. I. (ed.) (2017). *Tvarynnytstvo Ukrainy : stan, problemy, shliakhy rozvytku (1991–2017–2030 rr) [Livestock production in Ukraine: state, problems, ways of development (1991–2017–2030)]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

5. Hladii, M., Polupan, Yu., Rieznykova, N., & Pryima, S. (2018). Henetychni resursy molochnoho i m'iasnoho skotarstva v Ukraini [Genetic resources of dairy and beef cattle breeding in Ukraine]. *Tvarynnytstvo Ukrainy*, 9–10, 14–20 [in Ukrainian].

6. Vyshnevskiy, L. V., Voitenko, S. L., & Sydorenko, O. V. (2019). Hospodarsky korysni oznaky velykoi rohatoi khudoby molochnykh porid v stadakh doslidnykh

hospodarstv merezhi NAAN [Economically useful signs of dairy breeds cattle in herds of research farms of the network of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal Breeding and Genetics], 57, 29–37. doi: 10.31073/abg.57.04 [in Ukrainian].

7. Voitenko, S. L., Porkhun, M. G., Sydorenko, O. V., & Ilnytska, T. Y. (2019). Henetychni resursy silskohospodarskykh tvaryn Ukrainy pochatku tretoho tysiacholittia [Genetic resources of agricultural animals of Ukraine at the beginning of the third millennium]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal Breeding and Genetics], 58, 110–119. doi: 10.31073/abg.58.15 [in Ukrainian].

8. Baschenko, M. I., Gladiy, M. V., Melnyk, J. F., Jefimenko, M. J., Kruhliak, A. P., Polupan, Y. P., Vyshnevskiy, L. V. ... & Priyma, S. V. (2017). Stan i perspektyvy rozvytku molochnoho skotarstva Ukrainy [State and perspectives developmen of dairy cattle of the Ukraine]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal Breeding and Genetics], 54, 6–14. doi: 10.31073/abg.54.01 [in Ukrainian].

9. ICAR (2024). Yearly survey on the situation of Milk Recording Systems (Years 2022 and 2023) in ICAR member countries for cow, sheep and goats, 24. Retrieved from <https://www.icar.org/wp-content/uploads/2024/07/Survey-on-milk-recording-systems-in-cows-sheep-and-goats-2022-and-2023.pdf> (date of accesses: 30.10.24).

10. VanRaden, P. M., Tooker, M. E., Cole, J. B., Wiggans, G. R., & Megonigal, Jr. J. H. (2007). Genetic evaluations for mixed-breed populations. *J. Dairy Sci.*, 90(5), 2434–2441. doi: 10.3168/jds.2006

11. Bashchenko, M., Boyko, O., Gonchar, O., & Sotnichenko, Yu. (2020). Vplyv henotypovykh i paratypovykh faktoriv na produktyvnist molochnoi khudoby [Influence of genotypical and paratypical factors on the productivity of dairy cattle]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 3, 55–60. doi: 10.31073/agrovisnyk202003-08 [in Ukrainian].

12. Shpetnyi, M. B., Zabolotna, V. K., & Hryshyn, S. Y. (2021). Molochna produktyvnist ta vidtvoriuvalna zdatsnist koriv zalezno vid henetychnykh ta paratypovykh chynnykiv [Milk productivity and reproductive ability of cows, depending on the genetic and paratypic factors]. *Biuleten Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia "Tvarynnystvo"* [Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock], 4(47), 33–42. doi: 10.32845/bsnau.lvst.2021.4.6 [in Ukrainian].

13. Voitenko, S. L., Sydorenko, O. V., Korol, P. V., & Babush, S. I. (2023). Vplyv liniinoi nalezhnosti na molochnu produktyvnist koriv vitchyznianskykh porid z riznoi spadkovistiu za holshtynskoiu porodoiu [Influence of lineage on the milk productivity of cows of domestic breeds with different heritage of the holstein breed]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal Breeding and Genetics], 66, 40–51. doi: 10.31073/abg.66.04 [in Ukrainian].

14. Krugliak, T. O., & Krugliak, A. P. (2023). Molochna produktyvnist koriv ukrainskoi cheroni-riaboi molochnoi porody zalezno vid pokhodzhennia ta poiednuvanosti plidnykiv [Milk productivity of cows of the ukrainian red-and-white dairy breed depends on the origin and compatibility of the bulls]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal Breeding and Genetics], 66, 70–78. doi: 10.31073/abg.66.07 [in Ukrainian].

15. Liubynskiy, O. I. (2023). Osoblyvosti rostu telyts riznykh liniy bukovynskoho zavodskoho typu ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody. [Characteristics of the growth of heiffs of different lines of the bukoviny factory type of the ukrainian red-and-

white dairy breed]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal Breeding and Genetics], 66, 86–94. doi: 10.31073/abg.66.09 [in Ukrainian].

16. Polupan, Yu. P. (2000). Otsinka buhaiv za typom dochok [Evaluation of bulls by type of daughter]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 5, 45–49 [in Ukrainian].

17. Ferents, L. V., Fedorovych, L. I., & Siratskyi, Y. Z. (2005). Vplyv buhaiv riznykh linii na rist i rozvytok telychok ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody [The influence of bulls of different lines on the growth and development of heifers of the Ukrainian Black-and-White dairy breed]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal Breeding and Genetics], 38, 193–196 [in Ukrainian].

18. Voitenko, S. L., & Sydorenko, O. V. (2020). Otsinka buhaiv holshtynskoi porody za molochnoi produktyvnistiu yikh dochok [Estimation of holstein breed bulls by dairy productivity of their daughters]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal Breeding and Genetics], 59, 26–34. doi: 10.31073/abg.59.03 [in Ukrainian].

19. Gladiy, M. V., Kovalenko, G. S., Priyma, S. V., Holyosa, G. A., Tuchy, A. V., Marchuk, L. V., Otsabryk, V. P., & Lolya, B. B. (2016). Porivnialna kharakterystyka molochnoi produktyvnosti koriv ukrainskykh chervono-riaboi, chorno-riaboi molochnykh ta holshtynskoi porid u DPDH «Oleksandrivske» [Comparative description of milk productivity of cows ukrainian red-and-white dairy cattle and ukrainian black-and-white dairy cattle and holstein breeds in serf «Oleksandrivske»]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal Breeding and Genetics], 52, 6–12. doi: 10.31073/abg.52.01 [in Ukrainian].

20. Kramarenko, S. S., Luhovyi, 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]. Mykolaiv: MNAU [in Ukrainian].

21. LeBlanc, S. (2007). Economics of improving reproductive performance in dairy herds. *Advanced Dairy Technology*, 19, 201–214.

22. Kuziv, M. I., & Fedorovych, Ye. I. (2016). Vidtvoriuvalna zdattist koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody [Reproductive capacity of Ukrainian Black-and-White dairy cows]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Hzhyskoho* [Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences], 18(2(67)), 120–123 [in Ukrainian].

23. Stavetska, R. V. (2012). Vplyv tryvalosti servis-periodu na produktyvni ta inshi pokaznyky vidtvornoї zdattosti koriv [Influence of the service period duration on productive and other indicators of cows' reproductive capacity]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia «Silskohospodarski nauky»* [Collection of scientific papers of Vinnytsia National Agrarian University. Series 'Agricultural Sciences'], 4(62), 106–111 [in Ukrainian].

24. Barth, A. D., Brito, L. F. C., & Kastelic, J. P. (2008). The effect of nutrition on sexual development of bulls. *Theriogenology*, 70(3), 485–494.

25. Machulnyi, V. V., Pokryshchuk, S. M., & Sorokin, A. O. (2017). Otsinka molochnoi produktyvnosti ta vidtvornoї zdattosti koriv-pervistok ukrainskoi chorno-riaboi ta chervono-riaboi molochnykh porid v zalezhnosti vid selektsiinoho napriamku holshtynskoi porody [Evaluation of milk productivity and reproductive capacity of first-calf cows of Ukrainian Black-and-White and Red-and-White dairy breeds depending on the breeding direction of the Holstein breed]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal Breeding and Genetics], 54, 178–183 [in Ukrainian].

26. Rudyk, I. A., & Oleshko, V. P. (2011). Riven vidtvornoi zdatnosti koriv yak faktor formuvannia vysokoproduktyvnykh stad molochnoi khudoby [The level of reproductive capacity of cows as a factor in the formation of highly productive dairy cattle herds]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv ta Pryrodokorystuvannia Ukrainy* [Scientific journals of NULES of Ukraine]. Kyiv, 160(1), 34–41 [in Ukrainian].

27. Voitenko, S., Sydorenko, O., Shaferivskiy, B., & Petrenko, M. (2023). Vidtvoriuvalna zdatnist koriv, zumovlena henotypovymi chynnykamy [Reproductive capacity of cows caused by genotypic factors]. *Scientific Progress & Innovations*, 26(4), 91–98 doi: 10.31210/spi2023.26.04.16 [in Ukrainian].

28. Lytovchenko, A. M., Mykytiuk, D. M., Bilous, O. V., Kudriavska, N. V., Shpak, L. V., Burkat, V. P., Yefimenko, M. Ya., ... Hordin, A. F. (2004). Instruktsiia z bonituvannia velykoi rohatoi khudoby molochnykh i molochno-miasnykh porid; Instruktsiia z vedennia pleminnoho obliku v molochnomu i molochno-miasnomu skotarstvi [Instruction on boning of cattle of dairy and dairy-meat breeds; Instruction on keeping pedigree records in dairy and dairy-meat cattle breeding]. Kyiv: PPNV [in Ukrainian].

29. Zähler, M., Schrader, L., Hauser, R., Keck, M., Langhans, W., & Wechsler, B. (2004). The influence of climatic conditions on physiological and behavioural parameters in dairy cows kept in open stables. *Animal Sci.*, 78(1), 139–147. doi: 10.1017/S1357729800053923

30. Borshch, O. O., Ruban, S. Yu., & Borshch, O. V. (2021). The influence of genotypic and phenotypic factors on the comfort and welfare rates of cows during the period of global climate changes. *Agraarteadus. J. of Agricultural Sci.*, 1, 25–34. doi: 10.15159/jas.21.12

MONITORING OF THE GENE FUND OF DAIRY AND DAIRY-MEAT BREEDS IN UKRAINE AND FACTORS OF INFLUENCE ON THE IMPROVEMENT OF THE PRODUCTIVITY OF HEIFERS AND COWS

S. L. Voitenko

Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production NAAS

1 Shvedska Mohyla Srt., Poltava, Ukraine, 36013

Objective. Monitoring the available gene pool and productivity of dairy and dairy-meat cattle in breeding entities of Ukraine as of January 1, 2024 to determine the state of the industry and bring it out of a critical state, as well as search for factors that will serve to improve economically useful traits in heifers and cows of the Ayrshire and Ukrainian black-and-white dairy breeds. **Methods.** Analytical, zootechnical, statistical, experiment using data from the State Register of Subjects of Breeding in Animal Husbandry for 2023, materials from breeding records, an information database on dairy cattle management "Buryonka" in the herd of the Ayrshire breed of the State Enterprise "Dekabristov State Farm of the Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of the NAAS and the results of our own research, as well as materials from breeding records of 7 breeding farms for breeding cattle of the Ukrainian black-and-white dairy breed and the electronic information database SUMS ORSEK. The live weight and growth of heifers during the growing process, milk productivity and reproductive ability were studied. The degree of influence of genotypic and paratypic factors on the

phenotypic variability of productivity traits was assessed by means of one-factor analysis of variance. **Results.** Monitoring of the state of the dairy cattle breeding industry showed the presence of 321 breeding subjects in Ukraine, where cattle of 11 breeds of domestic and foreign origin were exploited for milk production. The leaders in terms of milk yield for the first and third lactation are Holstein cows. The age of cows at first insemination varied within 365–662 days, positively highlighting the Holstein breed. The improvement of the live weight of Ayrshire heifers during rearing is consistent with the technology of rearing animals at an early age, the bull, the father of the offspring, the lineage and methods of selecting parental pairs, and the milk productivity of cows is consistent with the methods of selecting parental pairs, as confirmed by the degree of influence of genotypic and paratypic factors on the phenotypic variability of productivity traits. In heifers of the Ukrainian black-and-white dairy breed, which were raised under progressive and traditional milk production technology, the increase in live weight gains during rearing will be facilitated by such genotypic factors as the lineage of animals and their paternal origin. At the same time, the conditional bloodline of the Holstein breed had a low (0.3–2.5 %) and insignificant effect on the growth rate of heifers. **Conclusions.** Monitoring of the dairy industry in subjects of tribal affairs as of 01.01. 2024 indicates that from most existing breeds, including domestic ones, which were created using the best global gene pool, higher productivity can be obtained, but at the same time, milk production technology should be taken into account, which is considered to be almost the most important factor, certainly after selection. To improve the economically useful characteristics of cattle of the Ayrshire and Ukrainian black-and-white dairy breeds, it is necessary to identify factors of a genotypic and paratypic nature and select animals taking them into account.

Keywords: cattle, dairy breeds, gene pool, productivity, genotypic and paratypic factors, phenotypic variability, strength of influence.

Отримано 18.10.2024

Отримано після доопрацювання 31.10.2024

Затверджено до видання 11.12.2024

УДК 636.4.082.266
doi 10.37143/2786-7730-2024-4(82)5

ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ЯКОСТІ СВИНОМАТОК РІЗНИХ ПОРІД ТА ПОЄДНАНЬ

В. О. Скрипник, О. М. Церенюк, О. В. Акімов

*Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН
вул. Шведська Могила, 1, м. Полтава, Україна, 36013*

Мета. Дослідити відтворювальні якості свиноматок різних порід та поєднань з використанням традиційних методів оцінки та методів індексної селекції. **Методи.** Дослідження були проведені на базі свинарської товарної ферми ФОП «Скрипник В. О.» Лозівського району Харківської обл., а також лабораторії розведення та селекції Інституту свинарства і АПВ НААН. Для проведення експериментальної частини досліджень були сформовані дві контрольні групи свиноматок: полтавської м'ясної породи (I група) та породи уельс (II група). Для осіменіння свиноматок використовували сперму кнурів цих же порід за чистопорідного розведення. Дослідні III і IV групи були сформовані для проведення реципрокного схрещування свиноматок породи уельс та кнурів полтавської м'ясної породи. Наступні дві дослідні групи (V і VI) були сформовані за прямих поєднань свиноматок порід уельс та полтавська м'ясна з кнурами великої білої породи. Оцінку свиноматок за відтворювальними якостями проводили з урахуванням наступних кількісних ознак: загальна кількість поросят, що народилися; багатоплідність; збереженість поросят на час відлучення; маса гнізда та середня маса одного поросяти на час відлучення. Комплексну оцінку тварин піддослідних груп проводили за селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС). Результати досліджень опрацювали методом варіаційної статистики. **Результати.** За використання як материнської форми маток полтавської м'ясної породи при їх поєднанні з кнурами уельської та великої білої порід виявлено подібний рівень значень показника числа поросят при народженні за обома поєднаннями. При цьому свиноматки полтавської м'ясної породи за поєднання їх з кнурами інших порід переважали маток цієї породи за чистопорідного розведення за показником числа поросят при народженні відповідно на 12,14–12,75 %. Усі оцінені групи тварин за відсотком живих поросят при народженні відзначалися високим рівнем цього показника з коливанням по різних групах від 91,96 до 92,82 %. За числом живих поросят при народженні, відмічено найбільші значення за використання маток уельської породи за поєднання їх з кнурами порід велика біла (13,73 голови) та полтавська м'ясна (13,67 голови). За обома

Скрипник Віталій Олександрович, аспірант,

e-mail: Skrypnykvo@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-4819-5325>

Церенюк Олександр Миколайович, д. с.-г. н., проф., директор,

e-mail: tserenyuk@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4797-9685>

Акімов Олександр Валентинович, к. с.-г. н., с. н. с., пров. н. с. лабораторії розведення та селекції свиней,

e-mail: akimov.kharkiv@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1938-0459>

поєднаннями виявлена вірогідна різниця порівняно з полтавською м'ясною породою за чистопорідного розведення ($p < 0,001$). Відносно маси гнізда при відлученні, порівняно з іншими групами тварин, найменшими значеннями відзначалися тварини полтавської м'ясної породи за чистопорідного розведення (71,87 кг). Найбільші значення за цим показником були відмічені за поєднання свиноматок уельської породи з кнурами великої білої породи (93,60 кг). Різниця між цими контрастними групами за значеннями маси гнізда при відлученні була на рівні 30,24 % ($p < 0,001$). Стосовно рівня індексу СІВЯС по групах тварин різних поєднань коливання було в межах від 88,38 (полтавська м'ясна порода за чистопорідного розведення) до 114,58 (уельська порода за поєднання з великою білою). **Висновки.** Установлено, що в цілому при чистопорідному розведенні матки уельської породи за основними показниками відтворної здатності перевершували свиноматок полтавської м'ясної породи. Використання уельських свиноматок у поєднанні з кнурами великої білої та полтавської м'ясної порід забезпечило підвищення значень основних показників відтворної здатності порівняно з чистопорідним розведенням. За поєднання свиноматок полтавської м'ясної породи з кнурами великої білої та уельської порід також відбувалося підвищення значень основних показників відтворної здатності порівняно з чистопорідним розведенням.

Ключові слова: свині, відтворна здатність, поєднання порід, полтавська м'ясна порода, свиноматки, СІВЯС, індексна селекція.

Посилатися на статтю так:

БІБЛІОГРАФІЯ за ДСТУ: Скрипник В. О., Церенюк О. М., Акімов О. В. Відтворювальні якості свиноматок різних порід та поєднань. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2024. Вип. 4(82). С. 67–79. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)5

REFERENCES за APA style: Skrypyuk, V. O., Tsereniuk, O. M., & Akimov, O. V. (2024). Vidtvoriuvalni yakosti svynomatok riznykh porid ta poiednan [Reproductive qualities of sows of different breeds and combinations]. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 4(82), 67–79 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)5

Вступ. Свинарство в Україні є тією підгалуззю тваринництва, яка значною мірою впливає на розв'язання проблеми забезпеченням м'ясом населення і, відповідно, від якої залежить продовольча безпека країни. Подальший розвиток свинарства – це передусім створення нових робочих місць в усьому ланцюзі – від забезпечення роботи підгалузі до перероблювання і реалізації продукції свинарства. Водночас динамічний розвиток цього сегменту агропромислового виробництва потребує наукового підходу з визначенням напрямів оптимізації технологій виробництва з урахуванням різноманітних потенційних проблем. Досвід роботи спеціалістів різноманітних агроформувань та результати досліджень науковців свідчать, що суттєвий вплив на валове виробництво високоякісної свинини має значна кількість чинників [1–5]. Основним елементом різноманітних технологій товарного виробництва свинини, своєю чергою, є вірна організація системи промислового схрещування чи породно-лінійної гібридизації. Основою для даних систем є чистопорідні тварини племінних стад [6]. Не зважаючи на те, що в країні наявний достатньо широкий племінний склад, у свинарстві України в різноманітних системах схрещування та породно-лінійної гібридизації основною материнською формою є свині великої білої породи та тварини одержані при поєднанні порід велика біла та ландрас [7–11]. Разом із тим, є дані з ефективного

використання як материнської та першої батьківської форми інших порід свиней і в тому числі вітчизняних [12–15]. Використання традиційних порід може також надалі позитивно позначитися на ціні продукції [16], адже за якісними показниками кінцевої продукції такі тварини значно випереджають комерційні породи свиней [17–19]. Необхідно враховувати й те, що внаслідок прояву ефекту гетерозису можна отримати додаткову продукцію саме за показниками відтворювальних якостей свиноматок. Ця ж група показників є такою, що значною мірою впливає на ефективність свинарства в цілому. Поєднання з прикінцевими (термінальними) батьківськими формами на фінальному етапі промислового схрещування та породно-лінійної гібридизації дає змогу отримувати високий рівень генетичного потенціалу продуктивності за групою ознак відгодівельних та м'ясних якостей у трипорідного молодняку, що може мати місце вже на початкових етапах росту та розвитку тварин [20, 21].

Варто зважати на те, що породи свиней знаходяться в постійному оновленні і є динамічними системами, відповідно необхідне дослідження їх поєднань для подальшого забезпечення прогресу товарного виробництва свинини [22–23].

Отже, враховуючи все вищевикладене, дослідження з оцінки відтворювальних якостей за різних порідних поєднань, включно з використанням вітчизняних порід свиней, є актуальними та мають практичне значення.

Мета роботи полягала у дослідженні відтворної здатності свиноматок за різних порідних поєднань.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження були проведені на базі свинарської товарної ферми ФОП «Скрипник В. О.» Лозівського району Харківської області за загальними принципами проведення досліджень [24]. З метою оцінки відтворювальних якостей свиноматок порід полтавська м'ясна (ПМ) та уельська (У) за різних поєднань проведено аналіз отриманих експериментальних даних згідно із загальною схемою досліджень (табл. 1).

Таблиця 1. Схема досліджень

Групи тварин		Поєднання порід			
		Свиноматки		Кнури	
		порода	п	порода	п
I	контрольні	ПМ	15	ПМ	3
II		У	15	У	3
III	дослідні	У	15	ПМ	3
IV		ПМ	15	У	3
V		У	15	ВБ	3
VI		ПМ	15	ВБ	3

Було сформовано дві контрольні групи (свиноматки порід полтавська м'ясна та уельська) для осіменіння кнурами тих же порід за чистопорідного розведення (відповідно I і II контрольні групи). Дві наступні групи були сформовані для проведення реципрокного схрещування за участі порід уельська та полтавська м'ясна (відповідно III й IV дослідні групи). Також були сформовані дві дослідні групи за прямих поєднань свиноматок порід уельс та полтавської м'ясної з кнурами великої білої (ВБ) породи (відповідно V і VI дослідні групи).

З врахуванням наявного у господарстві відсотка плідно спарованих маток для досліджень відбирали заздалегідь більшу кількість свиноматок з подальшим формуванням груп з-поміж перших 15 голів з підтвердженою поросністю на 28-му добу після осіменіння за допомогою ультразвукового приладу MSU1 PLUS Kaixin.

Всі свиноматки були осіменені штучно в один період, мали нормовану даванку відповідних комбікормів згідно з фізіологічними періодами. Усі комбікорми згодовували у сухому вигляді з вільним доступом до води. Свиноматок утримували індивідуально у різні фізіологічні періоди з дотриманням відповідних температурних режимів тощо.

Оцінку свиноматок за показниками відтворювальних якостей проводили з урахуванням наступних кількісних ознак: загальна кількість поросят, що народилися; кількість живих поросят; збереженість поросят на час відлучення у віці 28 діб; маса гнізда та середня маса одного поросяти на час відлучення.

Комплексну оцінку тварин піддослідних груп проводили за селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) [25].

Результати досліджень опрацьовували методом варіаційної статистики [26]. Проводили апостеріорні попарні порівняння за критерієм Тьюкі при параметричному ANOVA. Для статистичного аналізу даних використовували програму Microsoft Excel.

Результати дослідження та їх обговорення. Згідно з отриманими даними, коливання основного показника продуктивності свиноматок – кількості поросят на час народження, знаходилося в межах від 11,53 голови (свиноматки полтавської м'ясної породи за чистопородного розведення) до 14,93 голови (свиноматки породи уельс у поєднанні з кнурами великої білої породи) (табл. 2).

Таблиця 2. Відтворювальні якості свиноматок різних поєднань, $\bar{X} \pm S_x$

Показники, одиниці виміру	Група тварин					
	I	II	III	IV	V	VI
Народилося поросят усього, гол.	11,5± 0,38	14,2± 0,71*	14,7± 0,61**	12,9± 0,39	14,9± 0,84**	13,0± 0,49
Багатоплідність, гол.	10,8± 0,28	12,6± 0,48*	13,6± 0,5***	11,9± 0,25	13,7± 0,62***	12,0± 0,34
На час відлучення: збереженість, %	92,02	90,00	90,24	90,50	93,20	91,71
маса гнізда, кг	71,8± 1,09	82,6± 1,84***	90,0± 1,94***, 1*	77,8± 1,47	93,6± 2,15***, 1***	81,2± 1,55**
маса одного поросяти, кг	7,2± 0,11	7,3± 0,13	7,3± 0,16	7,2± 0,11	7,3± 0,13	7,3± 0,08

Примітка: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$ проти I контрольної групи, 1* – відповідає $p < 0,05$, 1*** – відповідає $p < 0,001$ проти II контрольної групи

Для свиноматок контрольних груп за показником кількості поросят на час народження встановлено наступне: тварини породи уельс характеризувалися значенням цього показника на 23,76 % більшим порівняно зі свиноматками полтавської м'ясної породи ($p < 0,05$).

Найбільша кількість поросят на час народження була отримана за поєднання свиноматок породи уельс з кнурами великої білої породи – 14,9 гол. та полтавської м'ясної породи – 14,7 гол. За обома поєднаннями виявлена вірогідна різниця

порівняно з полтавською м'ясною породою (І контрольна група) ($p < 0,01$). Водночас за використання як материнської форми полтавської м'ясної породи при поєднанні з кнурами породи уельс та великої білої породи було виявлено практично ідентичний рівень за показником кількості поросят на час народження (перевага на користь поєднання з кнурами великої білої породи – 0,54 %). Відносно маток полтавської м'ясної породи за чистопорідного розведення цей показник був більшим відповідно на 12,14 % та 12,75 %, за відсутності вірогідних розбіжностей порівняно з іншими групами тварин.

За відсотком живих поросят на час народження різниця між полтавською м'ясною породою та породою уельс становила 5,43 %. Всі оцінені групи тварин за відсотком живих поросят при народженні відзначалися високим рівнем цього показника з коливанням по групах від 91,96 до 92,82 %.

За показником кількості живих поросят на час народження також найбільші значення мали місце за використання свиноматок породи уельс у поєднанні з кнурами великої білої породи (13,73 гол.) та полтавської м'ясної породи (13,67 гол.). Подібно до показника кількості поросят на час народження також за обома поєднаннями виявлена вірогідна різниця порівняно з полтавською м'ясною породою за чистопорідного розведення ($p < 0,001$). При цьому слід зазначити, що різниця між групами з найбільшими значеннями цього показника становила 0,06 поросяти (0,44 %) та була не вірогідною.

Стосовно групи показників, що визначали при відлученні поросят, то за збереженістю значення за різними групами коливалися в межах від 90,00 % до 93,20 %, тобто різниця була не вірогідною і знаходилася на рівні 3,20 % між найбільш контрастними групами. Подібна картина була і за середньою масою одного поросяти на час відлучення. Значення цього показника знаходилися в межах від 7,22 кг (полтавська м'ясна порода за чистопорідного розведення) до 7,38 кг (свиноматки породи уельс у поєднанні з кнурами великої білої породи), відрізняючись на 2,22 %.

За масою гнізда на час відлучення розбіжності між групами були більш значними, враховуючи різну кількість поросят на цей час. Найменшими значеннями цього показника відзначалися тварини полтавської м'ясної породи за чистопорідного розведення (71,87 кг). Найбільші значення були відмічені за поєднання свиноматок породи уельс з кнурами великої білої породи (93,60 кг). Різниця між цими контрастними групами була на рівні 30,24 % ($p < 0,001$). Серед чотирьох груп за участі тварин полтавської м'ясної породи найбільші значення показника маси гнізда на час відлучення були отримані за зворотного поєднання свиноматок породи уельс з кнурами полтавської м'ясної породи (90,07 кг). При цьому різниця між тваринами цієї групи порівняно з вихідними батьківськими формами за показником маси гнізда на час відлучення знаходилася на рівні 25,32 % ($p < 0,001$) до полтавської м'ясної породи та 8,95 % ($p < 0,05$) до породи уельс за чистопорідного розведення відповідно.

Комплексна оцінка тварин піддослідних груп за селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) показала, що він коливається у межах від 93,27 (полтавська м'ясна порода за чистопорідного розведення) до 121,13 бала (свиноматки породи уельс у поєднанні з кнурами великої білої породи) (рис. 1).

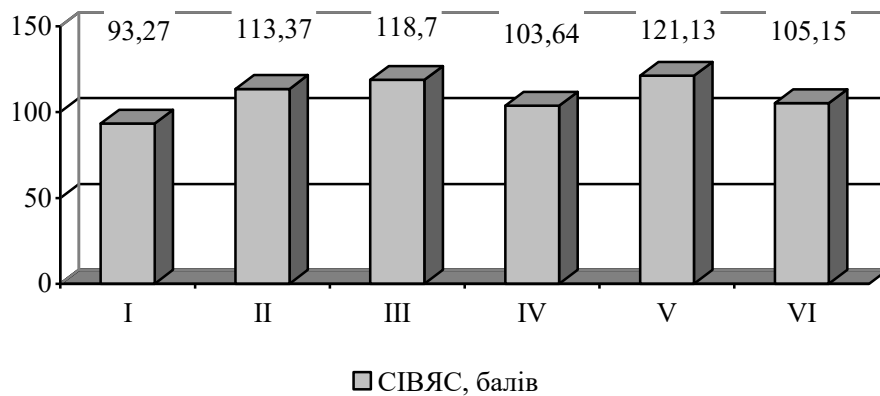


Рис. 1. Селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок за різних поєднань порід

Різниця за даним показником між свиноматками I контрольної й V дослідної груп становить 27,86 бала або 29,87 %. Це обґрунтовано тим, що СІВЯС розраховується на основі найбільш значущих показників відтворювальних якостей свиноматок, за більшістю яких спостерігалися відмінності між тваринами різних груп. Якщо ж порівнювати свиноматок породи уельс (II контрольна група) та полтавської м'ясної породи (I контрольна група) то різниця між ними за СІВЯС була на рівні 21,55 %.

Оцінка реципрокних поєднань порід уельська та полтавська м'ясна свідчить про перевагу прямого поєднання – маток уельської породи з кнурами полтавської м'ясної породи (перевага над зворотним поєднанням за значеннями індексу була на рівні 14,53 %). В цілому, поєднання за участі маток уельської породи з кнурами великої білої та полтавської м'ясної порід вирізнялися найбільшими значеннями індексу СІВЯС. За використання маток полтавської м'ясної породи у поєднанні як з кнурами уельської породи, так і з кнурами великої білої породи значення індексу СІВЯС знаходилися майже на одному рівні, перевищуючи показники маток полтавської м'ясної породи за чистопорідного розведення відповідно на 11,12 % та 12,74 %.

Висновки. 1. В результаті оцінки відтворної здатності свиноматок за різних порідних поєднань встановлено, що за чистопорідного розведення свиноматки породи уельс переважають за основними показниками відтворювальних якостей свиноматок полтавської м'ясної породи.

2. За обома материнськими породами при їх поєднанні з кнурами інших порід відмічено позитивний вплив на рівень продуктивності свиноматок за основними ознаками відтворної здатності, що підтверджується вищими значеннями індексу СІВЯС.

3. Вищі значення основних показників відтворної здатності відмічено за використання як материнської форми свиноматок уельської породи за їх поєднання з кнурами великої білої та полтавської м'ясної порід. Тварини цих груп вірогідно випереджали свиноматок полтавської м'ясної породи за чистопорідного розведення за показником кількості поросят на час народження ($p < 0,01$) та свиноматок полтавської м'ясної й уельської порід за чистопорідного розведення за показником маси гнізда поросят при відлученні ($p < 0,001$).

4. За поєднання свиноматок полтавської м'ясної породи з кнурами великої білої та уельської порід також відмічено підвищення значень основних показників відтворювальних якостей у порівнянні з чистопорідним розведенням. Так, за поєднання маток полтавської м'ясної породи з кнурами великої білої породи відбувалося вірогідне випередження свиноматок полтавської м'ясної породи за чистопорідного розведення за показником маси гнізда поросят при відлученні ($p < 0,01$).

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях слід провести оцінку відгодівельних та м'ясних якостей отриманого помісного молодняку, а також врахувати можливість організації оцінки відтворювальних якостей двопорідних свиноматок отриманих за оцінених комбінацій порід у поєднанні їх із прикінцевими батьківськими формами (термінальними кнурами).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сусол Р. Л. Напрями оптимізації технологій виробництва свинини з урахуванням потенційних проблем глобального потепління. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2023. Вип. 1(79). С. 144–160. doi: 10.37143/2786-7730-2023-1(79)09
2. Бащенко М. І., Волощук В. М., Небелиця М. С. Технологія органічного виробництва свинини / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава: ТОВ «Фірма «Техсервіс», 2017. 399 с.
3. Лихач В. Я., Лихач А. В. Технологічні інновації у свинарстві : монографія. Київ: НУБіП України, 2020. 290 с.
4. Козир В. С., Халак В. І., Зельдін В. Ф., Майстренко А. Н. Сучасні селекційно-генетичні та технологічні аспекти інтенсифікації свинарства в степовій зоні України. Дніпро: Нова ідеологія, 2021. 190 с.
5. Халак В. І., Бордун О. М., Гутий Б. В., Волощук М. В., Онищенко А. О., Маслов В. І. Відтворювальні якості свиноматок великої білої породи французької селекції та їх оцінка за деякими математичними моделями. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2024. Вип. 3(81). С. 129–143. doi: 10.37143/2786-7730-2024-3(81)9
6. Войтенко С. Л., Петренко М. О., Шаферівський Б. С., Карунна Т. І. Племінне свинарство України: виклики часу. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(3). С. 81–86. doi: 10.31210/spi2023.26.03.15
7. Березовський М. Д., Нарижна О. Л., Ващенко П. А., Шостя А. М., Усенко С. О., Кузьменко Л. М., Слинько В. Г. Термінальні кнури та інші батьківські форми в системі гібридизації. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2021. Вип. 3. С. 135–141. doi: 10.31210/visnyk2021.03.16
8. Карпенко В. Господарські корисні якості свиноматок породи ландрас та велика біла за чистопородного розведення, схрещування та гібридизації в умовах промислового комплексу. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. Суми, 2020. № 1(40). С. 59–64. doi: 10.32845/bsnau.lvst.2020.1.9
9. Ващенко П. А. Комбінаційна здатність заводських ліній свиней великої білої породи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2009. № 3. С. 71–73.

10. Михалко О., Повод М. Відтворювальні якості свиноматок данського та французького походження в умовах промислового комплексу. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. Суми, 2019. № 1–2(36–37). С. 27–37. doi: 10.32845/bsnau.lvst.2019.1-2.4
11. Березовський М. Д., Ващенко П. А., Вовк В. О. Відгодівельні та м'ясні якості гібридів від термінальних кнурів зарубіжної селекції. *Свинарство : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН*. Полтава, 2022. Вип. 77–78. С. 9–22. doi: 10.37143/0371-4365-2022-77-78-01
12. Цибенко В. Г., Гришина Л. П., Перетятко Л. Г. Аналіз відтворювальних якостей помісних свиноматок та визначення ефекту поєднання за схрещування. *Свинарство : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН*. Полтава, 2021. Вип. 75–76. С. 19–31. doi: 10.37143/0371-4365-2021-75-76-02
13. Коваленко Б. П., Шевченко О. Б. Вплив породи дюрок на якість м'яса свиней різних генотипів. *Ветеринарія, технології тваринництва та природокористування*. 2020. № 5. С. 65–69. doi: 10.31890/vttp.2020.05.12
14. Гришина Л. П., Піддубна А. М., Рудь С. С. Використання свиней м'ясних порід вітчизняної селекції у системі гібридизації України. *М'ясні генотипи свиней: сьогодення та перспективи : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. наук.-пед. працівників та молодих науковців (м. Одеса, 2 вер. 2021 р.) / Одеськ. держ. аграр. ун-т, Навч.-наук. ін-т біотехнологій та аквакультури*. Одеса, 2021. С. 8–11.
15. Церенюк О. М., Акімов О. В., Бабіч М., Кропівець-Доманська К. Аналіз відтворних якостей свиней породи ландрас та уельс в суб'єктах племінної справи України. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. Харків, 2021. № 125. С. 227–237. doi: 10.32900/2312-8402-2021-125-227-237
16. Wilkinson S., Archibald A. L., Haley C. S., Megens H.-J., Crooijmans R.P.M.A., Groenen M. A.M., Wiener P., Ogednet R. Development of a genetic tool for product regulation in the diverse British pig breed market. *BMC Genomics*. 2012. Vol. 13. 580. doi: 10.1186/1471-2164-13-580
17. Kasprzyk A., Bogucka J. Meat quality of Pulawska breed pigs and image of longissimus lumborum muscle microstructure compared to commercial DanBred and Naima hybrids. *Arch. Anim. Breed.* 2020. Vol. 63. P. 293–301. doi: 10.5194/aab-63-293-2020
18. Babicz M., Hałabis M., Skąlecki P., Domaradzki P., Litwińczuk A., Kropiwniec-Domańska K., Łukasik M. Breeding and Performance Potential of Pulawska Pigs – A Review. *Annals of Animal Science*. 2020. Vol. 20. № 2. P. 343–354. doi: 10.2478/aoas-2019-0073
19. Milczarek A. Carcass Composition and Quality of Meat of Pulawska and Pulawska×PLW Crossbred Pigs Fed Rations with Naked Oats. *Animals*. 2021. Vol. 11(12). 3342. doi: 10.3390/ani11123342
20. Nevrkla P., Lujka J., Kopec T., Horký P., Filipčík R., Hadaš Z., Střechová V. Combined Effect of Sow Parity and Terminal Boar on Losses of Piglets and Pre-Weaning Growth Intensity of Piglets. *Animals*. 2021. Vol. 11(11). 3287. doi: 10.3390/ani11113287
21. Lujka J., Nevrkla P., Hadaš Z. The effect of duroc and pietrain boars on growth ability of piglets. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2021. Vol. 9(5). P. 563–568. doi: 10.11118/actaun.2021.050
22. Пелих В. Г., Чернишов І. В., Левченко М. В. Генотип м'ясних порід та перспективи його використання в свинарстві. *Таврійський науковий вісник / ДВНЗ «Херсон. держ. аграр. ун-т»*. Херсон, 2012. № 78. Ч. 2. Т. 1. С. 160–165.

23. Ващенко П. А., Церенюк О. М., Цибенко В. Г. Контроль відновлення миргородської породи свиней на молекулярно-генетичному рівні. *Інтеграція наукового потенціалу України в галузі тваринництва в європейський простір* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених та спеціалістів (3 лист. 2023 р., м. Полтава, Україна) [Електронне вид.] / Ін-т свинарства і АПВ НААН, Полтава, 2023. С. 39–41. URL: <https://www.svinarstvo.com/index.php/ua/library/materiali-konferentsij/665-integratsiya-naukovogopotentsialu-ukrajini-v-galuzi-tvarinnitstva-v-evropejskij-prostir> (дата звернення: 10.10.24).

24. Ібатуллін І. І., Жуковський О. М., Башенко М. І. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві. Київ: Аграрна наука, 2017. 327 с.

25. Церенюк О. М., Хватов А. І., Стрижак Т. А., Коваленко В. П. Об'єктивна оцінка материнської продуктивності свиней. *Таврійський науковий вісник* / ДВНЗ «Херсон держ. аграр. ун-т». Херсон: Айлант, 2010. Вип. 69. С. 112–126.

26. Барановський Д. І., Хохлов А. М., Гетманец О. М. Биометрия в MS Excel: учеб. пособ. Харьков: ФЛП Бровин А. В., 2017. 228 с.

REFERENCES

1. Susol, R. L. (2023). Napriamy optymizatsii tekhnolohii vyrobnytstva svynyny z urakhuvanniam potentsiinykh problem hlobalnoho poteplinnia [Directions of the optimization of pork production technologies taking into account potential problems of global warming]. *Svinarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 1(79), 144–160 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/2786-7730-2023-1(79)09

2. Bashchenko, M. I., Voloshchuk, V. M., Nebelytsia, M. S. (2017). Tekhnolohiia orhanichnoho vyrobnytstva svynyny [Technology of organic pork production]. Poltava: TOV “Firma “Tekhservis” [in Ukrainian].

3. Lykhach, V. Ya. Lykhach, A. V. (2020). Tekhnolohichni innovatsii u svynarstvi [Technological innovations in pig breeding]. Kyiv: NUBiP Ukrayiny [in Ukrainian].

4. Kozyr, V. S., Khalak, V. I., Zeldin, V. F., & Maistrenko, A. N. (2021). Suchasni selektsiino-henetychni ta tekhnolohichni aspekty intensyfikatsii svynarstva v stepovii zoni Ukrayiny [Modern breeding-genetic and technological aspects of pig breeding intensification in the steppe zone of Ukraine]. Dnipro: Nova ideolohiia [in Ukrainian].

5. Khalak, V. I., Bordun, O. M., Gutyj, B. V., Voloshchuk, V. M., Onyshchenko, A. O., & Maslov, V. I. (2024). Vidtvoriuvalni yakosti svynomatok velykoi biloi porody frantsuzkoï selektsii ta yikh otsinka za deiakymy matematychnymy modeliamy [Reproductive qualities of French selection of the White Large breed of sows and their evaluation according to some mathematical models]. *Svinarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 3(81), 129–143 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/2786-7730-2024-3(81)9

6. Voitenko, S. L., Petrenko, M. O., Shaferivskyi, B. S., & Karunna, T. I. (2023). Pleminne svynarstvo Ukrainy: vyklyky chasu [Breeding pig production in Ukraine: challenges of the time]. *Scientific Progress & Innovations*, 26(3), 81–86. [in Ukrainian]. doi: 10.31210/spi2023.26.03.15

7. Berezovskyi, M. D., Naryzhna, O. L., Vashchenko, P. A., Shostia, A. M., Usenko, S. O., Kuzmenko, L. M., & Slynko, V. H. (2023). Terminalni knury ta inshi batkivski formy v systemi hibrydyzatsii [Terminal boars and other parental forms in the

hybridisation system]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. Poltava, 3, 135–141 [in Ukrainian]. doi: 10.31210/visnyk2021.03.16

8. Karpenko, B. (2020). Hospodarsky korysni yakosti svynomatok porody landras ta velyka bila za chystoporodnoho rozvedennia, skhreshchuvannia ta hibrydyzatsii v umovakh promyslovoho kompleksu [Economically useful qualities of Landrace and Large White sows in purebred breeding, crossbreeding and hybridisation in the industrial complex]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Tvarynnytstvo* [Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock], 1(40), 59–64 [in Ukrainian]. doi: 10.32845/bsnau.lvst.2020.1.9

9. Vashchenko, P. A. (2009). Kombinatsiina zdattist zavodskykh linii svynei velykoi biloi porody [Combining ability of large white breed pig breeding lines.]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. Poltava, 3, 71–73 [in Ukrainian].

10. Mykhalko, O., & Povod, M. (2019). Vidtvoriuvalni yakosti svynomatok danskoho ta frantsuzkoho pokhodzhennia v umovakh promyslovoho kompleksu [Reproductive qualities of sows of Danish and French origin in the conditions of the industrial complex]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Tvarynnytstvo* [Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock], 1–2(36–37), 27–37 [in Ukrainian]. doi: 10.32845/bsnau.lvst.2019.1-2.4

11. Berezovskyi, M. D., Vashchenko, P. A., & Vovk, V. O. (2022). Vidhodivelni ta miasni yakosti hibrydiv vid terminalnykh knuriv zarubizhnoi selektsii [Fattening and meat qualities of hybrids from terminal boars of foreign selection]. *Svynarstvo* [Pig Breeding]. Poltava, 77–78, 9–22 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/0371-4365-2022-77-78-01

12. Tsybenko, V. H., Hryshyna, L. P., & Peretiatko, L. H. (2021). Analiz vidtvoriuvalnykh yakosteï pomisnykh svynomatok ta vyznachennia efektu poiednannia za skhreshchuvannia [Analysis of reproductive qualities of crossbred sows and determination of the effect of combination during crossing]. *Svynarstvo* [Pig Breeding]. Poltava, 75–76, 19–31 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/0371-4365-2021-75-76-02

13. Kovalenko, B. P., & Shevchenko, O. B. (2020). Vplyv porody diurok na yakist miasa svynei riznykh henotypiv [The influence of duroc breed on the quality of pig meat of different genotypes]. *Veterynariia, tekhnologii tvarynnytstva ta pryrodokorystuvannia* [Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management], 5, 65–69 [in Ukrainian]. doi: 10.31890/vtpp.2020.05.12

14. Hryshyna, L. P., Piddubna, A. M., & Rud, S. S. (2021). Vykorystannia svynei miasnykh porid vitchyznianoï selektsii u systemi hibrydyzatsii Ukrainy [The use of pigs of meat breeds of domestic selection in the hybridisation system of Ukraine]. *Miasni henotypy svynei: sohodennia ta perspekty : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Meat genotypes of pigs: present and prospects, Proceedings of the International Conference]. Odesa, 8–11. [in Ukrainian].

15. Tsereniuk, O. M., Akimov, O. V., Babicz, M., & Kropiwiiec-Domańska, K. (2021). Analiz vidtvorniukh yakosteï svynei porody landras ta uels v subiektakh plemynnoi spravy Ukrainy [Analysis of the reproductive qualities of landras and wales pigs in the breeding entities of Ukraine]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN* [Scientific and technical bulletin of the NAAN]. Xarkiv, 125, 227–237 [in Ukrainian]. doi: 10.32900/2312-8402-2021-125-227-237

16. Wilkinson, S., Archibald, A. L., Haley, C. S., Megens, H.-J., Crooijmans, R.P.M.A., Groenen, M. A.M., Wiener, P., Ogden, R. (2012). Development of a genetic tool for product regulation in the diverse British pig breed market. *BMC genomics*, 13, 580. doi: 10.1186/1471-2164-13-580
17. Kasprzyk, A., Bogucka, J. (2020). Meat quality of Pulawska breed pigs and image of longissimus lumborum muscle microstructure compared to commercial DanBred and Naima hybrids. *Arch. Anim. Breed.*, 63, 293–301. doi: 10.5194/aab-63-293-2020
18. Babicz, M., Hałabis, M., Skąlecki, P., Domaradzki, P., Litwińczuk, A., Kropiwek-Domańska, K. & Łukasik, M. (2019). Breeding and Performance Potential of Puławska Pigs – A Review. *Annals of Animal Science*, 20(2), 343–354. doi: 10.2478/aoas-2019-0073
19. Milczarek, A. (2021). Carcass Composition and Quality of Meat of Pulawska and Pulawska×PLW Crossbred Pigs Fed Rations with Naked Oats. *Animals*, 11(12), 3342. doi: 10.3390/ani11123342
20. Nevrla, P., Lujka, J., Kopec, T., Horký, P., Filipčík, R., Hadaš, Z., Střechová, V. (2021). Combined Effect of Sow Parity and Terminal Boar on Losses of Piglets and Pre-Weaning Growth Intensity of Piglets. *Animals*, 11(11), 3287. doi: 10.3390/ani11113287
21. Lujka, J., Nevrla, P., Hadaš, Z. (2021). The effect of duroc and pietrain boars on growth ability of piglets. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 69(5), 563–568. doi: 10.11118/actaun.2021.050
22. Pelykh, V. H., Chernyshov, I. V., & Levchenko, M. V. (2012). Henofond miasnykh porid tapspektyvy yoho vykorystannia v svynarstvi [The gene pool of meat breeds and prospects for its use in pig production]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Tavrian Scientific Bulletin], 78(2)(1), 160–165 [in Ukrainian].
23. Vashchenko, P. A., Tsereniuk, O. M., & Tsybenko, V. H. (2023). Kontrol vidnovlennia myrhorodskoi porody svynei na molekuliarno-henetychnomu rivni [Monitoring the restoration of the Myrhorod pig breed at the molecular genetic level]. *Intehratsiia naukovooho potentsialu Ukrainy v haluzi tvarynnytstva v yevropeiskiyi prostir* : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konf. [Integration of the scientific potential of Ukraine in the field of animal husbandry into the European space, Proceedings of the International Conference] / Institute of Pig Breeding and AIP NAAS. Poltava, 39–41 [in Ukrainian]. Retrieved from: <https://www.svinarstvo.com/index.php/ua/library/materiali-konferentsij/665-integratsiya-naukovogopotentsialu-ukrajini-v-galuzi-tvarinnitstva-v-evropejskij-prostir> (date of access: 10.10.2024).
24. Ibatullin, I. I., Zhukorskyi, O. M., & Bashchenko, M. I. (2017). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynnytstvi [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
25. Tsereniuk, O. M., Khvatov, A. I., Stryzhak, T. A., & Kovalenko, V. P. (2010). Obiektivna otsinka materynskoj produktyvnosti svynei [Объективная оценка материнской продуктивности свиней]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Taurida Scientific Herald. Series : Rural Sciences] / Kherson State Agrarian and Economic University. Kherson: Ailant, 69, 112–126 [in Ukrainian].
26. Baranovskiy, D. I., Khokhlov, A. M., & Getmanets, O. M. (2017). Biometriya v MS Excel [Biometrics in MS Excel]. Kharkiv: FLP Brovin A. V. [in Russian].

REPRODUCTIVE QUALITIES OF SOWS OF DIFFERENT BREEDS AND COMBINATIONS

V. O. Skrypnyk, O. M. Tsereniuk, O. V. Akimov

Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production NAAS

1 Shvedska Mohyla Str., Poltava, Ukraine, 36013

Objective. To study the reproductive qualities of sows of different breeds and combinations using traditional evaluation methods and index selection methods.

Methods. The research was conducted based on the pig commercial farm of the private enterprise "Skrypnyk V. O.", Lozova district, Kharkiv region, and the laboratory of breeding and selection of the Institute of Pig Breeding and AIP NAAS. To carry out the experimental part of the research, two control groups of sows were formed: Poltava meat breed (group I) and the Welsh breed (group II). The sows were inseminated with semen from boars of the same breeds in purebred breeding. Experimental groups III and IV were formed for reciprocal crossing of Welsh sows and Poltava meat boars. The next two experimental groups (V and VI) were formed by direct matings of Welsh and Poltava meat sows with Large White boars. The evaluation of sows for reproductive qualities was carried out considering the following quantitative traits: total number of piglets born; multiparity; survival of piglets at weaning; litter weight and average weight of a piglet at weaning. A comprehensive evaluation of the animals in the experimental groups was carried out according to the Selection Index of Sow Reproductive Qualities (SIRQS). The results of the studies were processed by the method of variational statistics.

Results. When the Poltava Meat breed sows were used as a maternal form and mated with boars of the Welsh and Large White breeds, the similar level of values of the number of piglets at birth was found for both combinations. At the same time, sows of the Poltava meat breed when combined with boars of other breeds exceeded sows of this breed in purebred breeding in terms of the number of piglets at birth, respectively, by 12.14–12.75 %. All evaluated groups of animals in terms of the percentage of live piglets at birth were noted for a high level of this index, with fluctuations in different groups from 91.96 to 92.82 %. In terms of the number of live piglets at birth, the highest values were observed when using Welsh breed sows when combined with boars of the Large White (13.73 piglets) and Poltava meat (13.67 piglets). For both combinations, a significant difference was found compared to the Poltava meat breed in purebred breeding ($p < 0.001$). Regarding the mass of the litter at weaning, compared to other groups of animals, the lowest values were observed in animals of the Poltava meat breed in purebred breeding (71.87 kg). The highest values for this index were observed for the combination of Welsh breed sows with Large White breed boars (93.60 kg). The difference between these contrasting groups in terms of litter weight at weaning was 30.24 % ($p < 0.001$). Regarding the level of the SIRQS for groups of animals of different combinations, the fluctuation ranged from 88.38 (the Poltava meat breed in purebred breeding) to 114.58 (the Welsh breed in combination with the Large White).

Conclusions. It was determined that in general, in purebred breeding, the sows of the Welsh breed outperformed the sows of the Poltava meat breed in terms of the main indexes of reproductive ability. The use of Welsh sows in combination with boars of the Large White and Poltava meat breeds provided an increase in the values of the main indexes of reproductive ability compared to purebred breeding. When combining the sows of the Poltava meat breed with boars of the Large White and Welsh breeds, the

values of the main indexes of reproductive ability also increased compared to purebred breeding.

Keywords: *pigs, reproductive ability, combination of breeds, Poltava meat breed, sows, SIRQS, index selection.*

Отримано 26.08.2024

Отримано після доопрацювання 20.09.2024

Затверджено до видання 11.12.2024

**ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА, БІОБЕЗПЕКА ТА
БЛАГОПОЛУЧЧЯ ТВАРИН
VETERINARY MEDICINE, BIOSAFETY AND ANIMAL WELFARE**

УДК 638.15:632.937
doi 10.37143/2786-7730-2024-4(82)6

**БІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВАРООЗУ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОБНИХ
ПРЕПАРАТІВ: ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В ЕКОЛОГІЧНОМУ
БДЖІЛЬНИЦТВІ**

Ю. М. Сиромятников,¹ В. П. Шабля,^{2,3} О. М. Харченко,² О. В. Бєлих²

¹Латвійський університет біологічних наук та технологій
Liela Str., 2, м. Єлгава, Латвійська Республіка, 3001

²Державний біотехнологічний університет
вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002

³Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН
вул. Шведська Могила, 1, м. Полтава, Україна, 36013

Анотація. Варооз є однією з найсерйозніших загроз для бджільництва. Він спричиняється паразитичним кліщем *Varroa destructor*, який знижує продуктивність і стійкість бджолиних сімей до несприятливих чинників середовища. Традиційні хімічні методи боротьби часто є ефективними, але мають недоліки, як от накопичення залишків у меді та розвиток стійкості до цих хімікатів у кліщів. Це дослідження присвячене вивченню ефективності біологічних методів контролю вароозу, зокрема мікробних препаратів на основі ентомопатогенних грибів *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae*. **Мета** роботи полягає у визначенні можливостей цих біоконтрольних агентів як безпечної альтернативи хімічним акарицидам та в оцінці їх впливу на продуктивність меду й загальний стан бджолиних сімей. **Матеріали.** У рамках експерименту було використано дві групи препаратів: традиційні хімічні препарати та експериментальні мікробні препарати. Кожна група включала 10 сімей бджіл. Оцінювалися наступні показники: початкова та кінцева зараженість кліщами, зниження зараженості, продуктивність меду, смертність бджіл та загальний стан бджолиних сімей. **Результати.** Мікробні препарати знижували зараженість кліщами до 71 %, тоді як хімічні методи забезпечили зниження на рівні 64 %. Продуктивність меду в експериментальних групах була на 28 % вищою, що підтверджує позитивний вплив біологічних методів. Крім того,

Сиромятников Юрій Миколайович, к. т. н., доцент кафедри агроінженерії

e-mail: Gara176@btu.kharkov.ua

<https://orcid.org/0000-0001-9502-626X>

Шабля Володимир Петрович, д. с.-г. н., проф., професор кафедри технологій тваринництва і птахівництва

e-mail: shabliavladimir@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6510-5397>

Харченко Олександр Миколайович, аспірант

e-mail: bdzholyarukraine@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-4955-3478>

Бєлих Олександр Владиславович, аспірант

e-mail: sashafincol@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-5490-4098>

смертність бджіл у групах, оброблених мікробними препаратами, була на 37,5 % нижчою, що свідчить також і про безпечність таких засобів для бджіл. **Висновки.** Науковий аналіз підтвердив, що мікробні препарати на основі *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae* є перспективними для сталого контролю вароозу та можуть бути рекомендовані для екологічного бджільництва.

Ключові слова: бджільництво, біологічний контроль, *Varroa destructor*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, продуктивність меду, смертність бджіл, мікробні препарати, екологічне бджільництво, варооз.

Посилатися на статтю так:

БІБЛІОГРАФІЯ за ДСТУ: Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Харченко О. М., Белих О. В. Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів: інноваційні підходи в екологічному бджільництві. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2024. Вип. 4(82). С. 80–92. doi: 10.37143/2786-7730-2024- 4(82)6

REFERENCES за APA style: Syromiatnykov, Yu. M., Shablia, V. P., Kharchenko, O. M., & Belykh, O. V. (2024). Biologichnyi kontrol varoosu za dopomohoiu mikrobnikh preparativ: innovatsiini pidkhody v ekolohichnomu bdzhilnytstvi [Biological control of varroa using Microbial preparations: innovative approaches in ecological beekeeping]. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 4(82), 80–92 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/2786-7730-2024- 4(82)6

Вступ. Бджільництво є важливою галуззю тваринництва, яка функціонує в різних зонах та місцевостях України [1]. Разом з тим однією з найсерйозніших загроз для сучасного бджільництва є варооз, адже це паразитарне захворювання, спричинене кліщем *Varroa destructor*, здатне завдавати значної шкоди бджолиним сім'ям, особливо без своєчасного контролю та лікування [2]. Кліщ *Varroa destructor* паразитує на дорослих особинах бджіл та їх розпліді, харчуючись їхньою гемолімфою, що призводить до ослаблення як окремих особин, так і всієї сім'ї. Бджоли, уражені кліщем, стають більш чутливими до хвороб, особливо вірусних інфекцій, які активно розповсюджуються кліщем, що виступає одночасно ще й переносником патогенів. Наслідком зараження є значне зниження продуктивності сімей та їх стійкості до захворювань. При високому рівні зараження варооз може призводити до повного виснаження сімей і навіть їх загибелі, що, своєю чергою, має негативний вплив на загальну продуктивність пасік.

Традиційно для боротьби з вароозом застосовують хімічні акарициди [2, 3], такі як амітраз, флувалінат та інші речовини, які вже протягом багатьох років вважають ефективними у зниженні чисельності кліщів. Однак хімічні препарати мають низку суттєвих недоліків. По-перше, їхнє часте застосування призводить до накопичення залишків акарицидів у меді та воску, що може негативно вплинути на якість кінцевої продукції та її екологічну чистоту. По-друге, тривале застосування одних і тих самих препаратів спричинило розвиток резистентності у *Varroa destructor*, що зменшує ефективність хімічних методів боротьби та вимагає пошуку нових рішень або більш агресивних хімічних комбінацій, що, своєю чергою, підвищує ризик для бджіл і довкілля.

У зв'язку з цими проблемами дослідники останнім часом звернули увагу на біологічні методи контролю вароозу [4, 5], зокрема на використання мікробних препаратів, розроблених на основі ентомопатогенних грибів *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae*. Так дослідження, проведене Fernandez Ferrari та ін. [6], демонструє, що обидва види грибів ефективно знижують популяцію кліщів у

бджолиних сім'ях, не завдаючи шкоди бджолам, що свідчить про перспективність таких біоконтрольних агентів. Інше дослідження, Vilarem та ін. [7], підтверджує, що ці гриби здатні суттєво зменшувати чисельність кліщів, знижуючи тим самим потребу у хімічних обробках і забезпечуючи більш екологічний підхід до контролю вароозу. Результати дослідження Bava та ін. [8] доводять, що *Metarhizium anisopliae* значно знижує чисельність кліщів у польових умовах, не завдаючи шкоди бджолиним сім'ям.

Низка досліджень також підтверджує безпечність та ефективність цих біоконтрольних агентів. Наприклад, Meikle і Mercadier [9] показали, що застосування *Beauveria bassiana* ефективно знижує зараженість кліщами, тим самим підтверджуючи перспективність використання грибів в інтегрованих стратегіях боротьби з вароозом. Nan та ін. [10] продемонстрували, що застосування ентомопатогенних грибів у бджолиних колоніях є не лише ефективним, але й безпечним, що робить ці біоконтрольні агенти перспективною альтернативою хімічним препаратам, оскільки вони не полишають залишків у меді.

Попри перспективність цього підходу, ефективність мікробних препаратів у контролі вароозу потребує подальшого детального вивчення. Наприклад, дослідження Zeng і Zhang [11] демонструє, що *Beauveria bassiana* і *Metarhizium anisopliae* є високоефективними біоконтрольними агентами проти кліща Varroa, сприяючи суттєвому зниженню популяції кліщів у колоніях медоносних бджіл. Вивчення екологічної адаптивності цих грибів у тропічних і помірних умовах, проведене Driver, Buckley та Rehner [12], підтверджує, що *Beauveria* і *Metarhizium* ефективно діють в умовах різного клімату, що розширює можливості їхнього застосування у регіонах із різними кліматичними умовами.

Дослідження Ghazoul і Salgado [13] вказує на те, що вибір субстрату для вирощування *Beauveria bassiana* значно впливає на кількість конідій, що може підвищити продуктивність препаратів та їхню ефективність у практичному застосуванні для боротьби з вароозом. Balogun і Onyekachi [14] виявили, що *Metarhizium anisopliae* може бути стійким і ефективним замінником хімічних акарицидів, що відкриває перспективи для сталого контролю вароозу. Крім того, дослідження Tesfaye і Seyoum [15] підкреслює, що місцеві штами *Metarhizium anisopliae* можуть виявляти високу ефективність проти кліщів в умовах різного клімату, наприклад, в Ефіопії, що підкреслює важливість адаптації препаратів до локальних умов.

У польових умовах Fang і Leng [16] продемонстрували, що *Beauveria bassiana* не тільки ефективно пригнічує популяцію кліщів, але й має безпечний профіль для здоров'я бджіл, що підвищує його привабливість як біоконтрольного засобу. Mukherjee та Kumar [17] дослідили вплив клімату на активність ентомопатогенних грибів і підтвердили, що фактори зовнішнього середовища мають значний вплив на ефективність застосування біоконтрольних агентів в умовах пасіки. У дослідженні Tefera і Muthomi [18] було розглянуто інтегрований підхід до боротьби з вароозом, що включає комбінацію грибів *Beauveria* та *Metarhizium* для підвищення стійкості до паразитів в африканських регіонах.

Інші дослідники, такі як Ikegami й Mizuno [19], порівняли ефективність грибкових біопестицидів та хімічних акарицидів, показавши, що біологічні препарати можуть конкурувати з хімічними за ефективністю без шкоди для бджіл. Нарешті, Johnson і Raub [20] продемонстрували ефективність *Metarhizium anisopliae* у регіонах із холодним кліматом, що є важливим для застосування цього

методу в умовах, де бджоларі зазвичай використовують хімічні препарати для швидкого контролю кліща.

Таким чином, зазначені дослідження підтверджують, що мікробні препарати на основі *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae* можуть ефективно контролювати популяцію кліщів *Varroa destructor*, забезпечуючи екологічно чистий та безпечний для бджіл метод боротьби з вароозом, що адаптується до різних кліматичних умов.

Метою даного дослідження є порівняння ефективності різних хімічних та мікробних методів обробки проти кліща *Varroa destructor*, а також оцінка їх впливу на продуктивність меду та загальний стан бджолиних сімей.

Матеріали та методи досліджень. Експеримент проводився в польових умовах. Для детального аналізу дії препаратів на бджолині сім'ї, а також для визначення побічних ефектів були залучені дві групи бджолосімей: на першій випробовували традиційні хімічні методи обробки, а на другій, експериментальній групі – мікробні препарати. Випробовано також комбінований варіант спільного застосування хімічних і мікробних препаратів. Здійснено порівняння результатів з метою виявлення найефективніших варіантів (табл. 1).

Таблиця 1. Особливості застосування хімічних і мікробних препаратів для зниження рівня зараження *Varroa destructor* у бджолиних сім'ях

Назва препарату	Тип препарату	Активна речовина	Спосіб застосування	Доза
1	2	3	4	5
Біпін	Хімічний	Амітраз	Обробка розчином із використанням дим-пушки	робоча емульсія – 0,5 мл на літр води, 10 мл на вуличку
Тактик	Хімічний	Амітраз	Розчин для розбризкування по вуличках	робоча емульсія – 1 мл на літр води, 10 мл на вуличку
Апістан	Хімічний	Флувалінат	Смужки, які встановлюються у вулику	3 смужки на вулик
Варроадез	Хімічний	Флувалінат	Смужки для розміщення у вулику	3 смужки на вулик
Оксивар	Хімічний	Щавелева кислота	Розчин для розбризкування	5,7 %-й розчин, 5 мл на вуличку
ЧекМайт	Хімічний	Кумофос	Смужки для встановлення у вулику	2 смужки на вулик
Апігارد	Хімічний	Тимол	Гель для розміщення всередині вулика	50 г на вулик
Боверин	Мікробний	<i>Beauveria bassiana</i>	Розпилення розчину на рамки, стільники та бджіл	1,5 %-й розчин, 5 мл на вуличку
Метаризин	Мікробний	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Внесення в міжрамковий простір	1,5 %-й розчин, 5 мл на вуличку

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
Комбінація: Боверин + Метаризин	Мікробний	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Metarhizium anisopliae</i>	Обробка комбінованим розпиленням	1,5 %-й розчин Боверину + 1,5 %-й розчин Метаризину у співвідношенні 1:1, 5 мл на вуличку
Комбінація: Біпін + Боверин + Метаризин	Комбіно- ваний	Амітраз + <i>Beauveria bassiana</i> + <i>Metarhizium anisopli</i>	Змішане обприскування	Біпін (0,5 мл/л H ₂ O) + Боверин (1,5 %-й) + Метаризин (1,5 %-й) у співвідношенні 2:1:1, 5 мл на вуличку

Об'єктом дослідження стали бджолині сім'ї, інфіковані кліщем *Varroa destructor*. Кожна група включала 10 або більше бджолиних сімей, уражених кліщем, які обробляли відповідними препаратами.

За традиційних хімічних методів обробки застосовували такі препарати, як Біпін, Тактик, Апістан, Варроадез, Оксивар, ЧекМайт і Апігарт. Ці препарати використовувалися згідно з інструкціями виробників для порівняння їхньої ефективності з біологічними методами, які були застосовані в експериментальній групі. Мікробні препарати, що застосовані в експериментальній групі, включали Боверин та Метаризин, виготовлені на основі грибів *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae*. Крім того, в експерименті було використано комбінований метод із застосуванням обох мікробних препаратів у співвідношенні 1:1, а також спільне використання розчину Біпіну та комбінації Боверину й Метаризину (2:1:1).

Для оцінки ефективності кожного методу обробки було обрано низку ключових показників: перш за все – рівень зараженості кліщем, який вимірювали до і після обробки для обох груп.

Цей показник визначався як відсоток уражених особин, що дало змогу отримати чітке уявлення про початковий рівень зараженості та кінцеві зміни після обробки. Другий показник – зниження рівня зараженості, розраховувався як відношення різниці між відсотком початкової й кінцевої зараженості до початкової зараженості. Цей параметр є основним критерієм ефективності обробки, адже відображає здатність препарату зменшувати кількість кліщів.

Крім того, важливим критерієм оцінки ефективності методу обробки стала продуктивність меду, тобто кількість меду, зібраного сім'єю після обробки. Цей показник визначав загальний економічний вплив методів обробки на пасіку. У дослідженні також враховували смертність бджіл після застосування препаратів, яка відображала побічний ефект, що міг свідчити про безпечність препаратів для бджолиних сімей.

Для статистичного аналізу отриманих результатів використовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA), який допомагав визначити, чи існують статистично значущі відмінності між контрольною та експериментальною групами за всіма показниками. Це дало змогу не тільки оцінити ефективність кожного з методів обробки, але й визначити, який із них найпридатніший для довготривалого контролю вароозу, враховуючи ефективність, безпечність і вплив на продуктивність меду.

Завдяки такому підходу вдалося отримати вичерпні дані щодо впливу різних методів обробки на рівень зараженості, продуктивність меду, смертність бджіл і загальний стан бджолиних сімей, що стало основою для формулювання висновків та рекомендацій щодо застосування мікробних препаратів у боротьбі з кліщем *Varroa destructor*.

Результати дослідження та їх обговорення. Було оцінено ефективність різних хімічних і мікробних препаратів у боротьбі з зараженням кліщем *Varroa destructor* в бджолиних сім'ях (табл. 2).

Таблиця 2. Ефективність хімічних і мікробних препаратів для зниження рівня зараження *Varroa destructor* у бджолиних сім'ях

Назва препарату	Рівень зараження до обробки, (%)	Рівень зараження після обробки, (%)	Ефективність зниження зараження, (%)
Біпін	70	25	64
Тактик	65	30	54
Апістан	68	20	71
Варроадез	69	25	64
Оксивар	72	28	61
ЧекМайт	66	32	52
Апігارد	71	33	54
Боверин	67	35	48
Метаризин	74	40	46
Боверин + Метаризин	73	28	62
Біпін + Боверин + Метаризин	75	22	71

Встановлено, що хімічні препарати загалом показували високу ефективність зниження зараження. Одночасно й мікробні засоби також виявилися перспективними для зменшення рівня інфекції в бджолиних сім'ях, особливо у комбінаціях.

Результати оцінки продуктивності меду у бджолиних сім'ях, яких обробляли різними методами протягом 2020–2022 рр., представлені на рисунку 1. Встановлено, що у 2020 р. продуктивність меду у групах, оброблених хімічними методами, коливалася в межах 24,3–25,6 кг. Наприклад, середнє значення для сімей, оброблених Біпіном, становило 24,3 кг, тоді як за обробки препаратом ЧекМайт – 25,3 кг.

За біологічних методів обробки із застосуванням Боверину або Метаризину спостерігалось суттєве перевищення цих показників – середнє значення продуктивності меду становило відповідно 27,8 кг та 28,5 кг. Найвищі показники за медопродуктивністю (31,1 кг) були у сімей, на яких застосовувався комбінований метод обробки препаратами Біпін + Боверин + Метаризин (2:1:1). Це на 27 % більше, за середній показник по бджолосім'ях, оброблених хімічними методами.

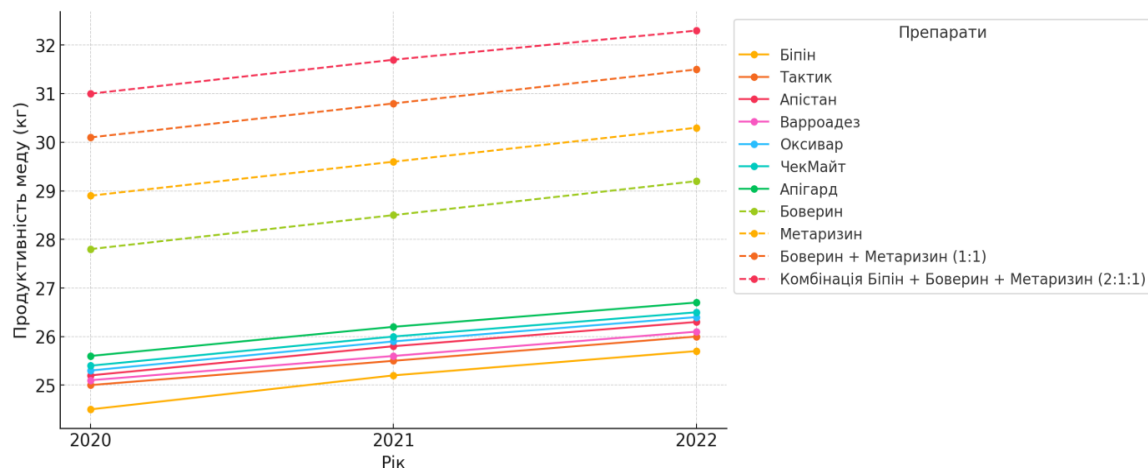


Рис. 1. Вплив різних методів обробки на середню продуктивність меду

Продуктивність меду у 2021 р. виявила зростання для всіх методів обробки, але сім'ї, оброблені біологічними методами, залишалися лідерами. Наприклад, продуктивність бджолосімей, оброблених Метаризином, зросла до 29,1 кг, що на 2,1 % більше порівняно з попереднім роком. Обробка комбінацією препаратів Боверину й Метаризину забезпечила медопродуктивність у 30,8 кг, що на 1,7 % більше порівняно з 2020 роком. Тим часом комбінація Біпін + Боверин + Метаризин показала продуктивність у 31,6 кг, що на 1,6 % більше, ніж у 2020 році.

У 2022 р. спостерігався подальший приріст у продуктивності меду. Ефект від хімічних методів боротьби з вароозом залишався стабільним, з середніми значеннями медопродуктивності в межах 25,1–26 кг. Сім'ї, оброблені препаратом ЧекМайт, наприклад, досягнули продуктивності у 26,0 кг, збільшивши її на 2,8 % порівняно з 2021 роком.

Серед хімічних методів найвищий показник медової продуктивності продемонстровано при обробці препаратом Апігарт, із середнім значенням у 26,3 кг у 2022 р., що, однак на 18 % нижче, ніж продуктивність при застосуванні комбінацій біологічних препаратів.

Найнижчі результати серед хімічних методів обробки показав препарат Біпін, із середньою продуктивністю меду у 25,1 кг, що на 21,8 % поступається показникам, отриманим за біологічних методів обробки.

Щодо біологічних методів, показник продуктивності для варіанту обробки комбінацією Боверин + Метаризин підвищився до 31,3 кг, що на 1,6 % більше порівняно з 2021 роком.

А комбінація Біпін + Боверин + Метаризин забезпечила медопродуктивність у 32,1 кг, що є максимальним показником за всі три роки та на 3,2 % вище, ніж у 2021 році. Це також на 28,4 % більше порівняно із середньою продуктивністю сімей, оброблених хімічними методами, яка становила близько 25 кг.

За обробки лише Метаризином спостерігався стабільний приріст продуктивності до 29,5 кг у 2022 р., що на 18 % більше порівняно із хімічними методами. Боверин, використаний окремо, також продемонстрував високі результати за продуктивністю меду, яка досягла 28,7 кг у 2022 р., що на 14,8 % більше порівняно із середнім показником для хімічних методів обробки.

Отже, застосування біологічних методів обробки, особливо при комбінації препаратів, забезпечує значно вищу продуктивність меду порівняно з хімічними методами, показуючи щорічний приріст у середньому на 1,5–3 %.

Результати однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) показали статистично значущу різницю за середньою продуктивністю меду між групами, обробленими різними методами. При цьому значення F-статистики дорівнювало 112,25 та р-значення становило $1,68 \times 10^{-16}$, тобто $p\text{-value} < 0,001$. Це підтверджує вплив методу обробки на продуктивність меду.

Ми провели порівняння показників ефективності та безпеки між контрольною (хімічні препарати) та експериментальною (мікробні препарати) групами (рис. 2) за такими параметрами, як початкова та кінцева зараженість (%), зниження зараженості (%), продуктивність меду (кг), смертність бджіл (%) та загальний стан (оцінений за 10-бальною шкалою).

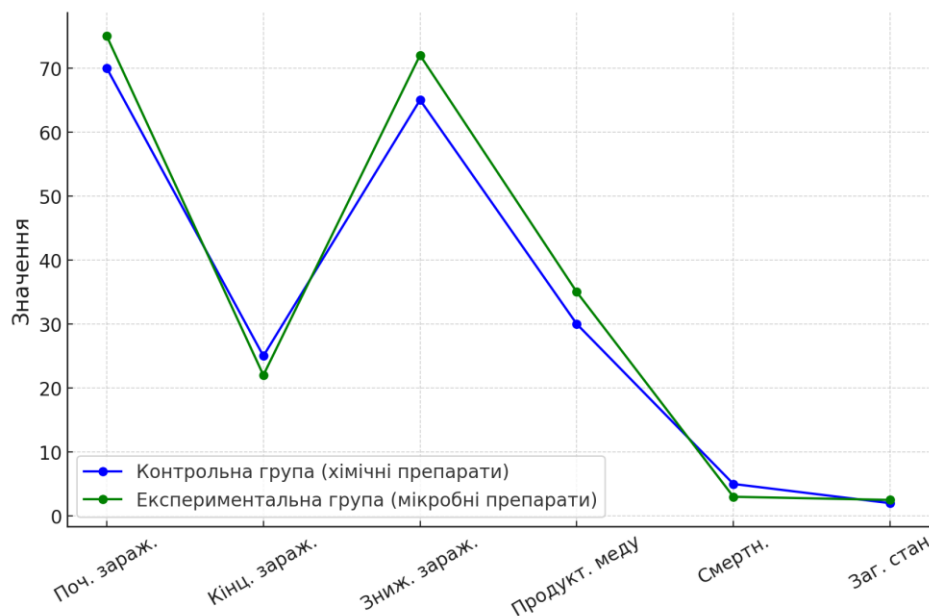


Рис. 2. Порівняння хімічних та біологічних методів обробки за основними господарсько-корисними ознаками бджолосімей (2020–2022 рр.)

Обидві групи мали приблизно однаковий рівень початкової зараженості: у контрольній групі він становив близько 70 %, а в експериментальній – 75 %.

Після обробки кінцева зараженість у контрольній групі знизилася до 25 %. У експериментальній групі досягнуто кращого результату – рівень зараженості знизився до 22 %. Загалом зниження зараженості у контрольній групі становило 64 %, тоді як в експериментальній – 71 %, що на 7 % більше.

Щодо продуктивності меду, контрольна група показала середнє значення у 25,1 кг, тоді як в експериментальній групі продуктивність була суттєво вищою – 32,1 кг, що на 28 % більше. Це свідчить про позитивний вплив мікробних препаратів на продуктивність меду. З огляду на рівень смертності бджіл експериментальна група також була кращою за контрольну. Так, у контрольній групі смертність після обробки становила 8 %, тоді як в експериментальній – 5 %.

що на 37,5 % нижче. Даний факт підкреслює дещо кращу безпечність мікробних препаратів порівняно з хімічними.

Загальний стан бджолиних сімей оцінювався за 10-бальною шкалою. У контрольній групі він становив 7 балів, тоді як в експериментальній – 8 балів, що на 14,3 % більше. Відтак встановлено дещо ліпший фізичний стан сімей після обробки мікробними препаратами. Загалом, експериментальна група за умов використання мікробних препаратів продемонструвала вищу ефективність як за рівнем зниження зараженості, так і за продуктивністю меду, а також більшу безпечність, що робить такий біологічний метод перспективним у боротьбі з кліщем *Varroa destructor*.

Висновки. 1. Встановлено статистично значущу ($p < 0,001$) різницю за середньою продуктивністю меду між групами сімей бджіл, оброблених традиційними хімічними та експериментальними біологічними методами.

2. Дослідження показало, що мікробні препарати, такі як Боверин і Метаризин, а також їх комбінація, забезпечують ефективне зниження зараженості кліщем *Varroa destructor* у бджолиних сім'ях порівняно з хімічними препаратами. У експериментальній групі за обробки мікробними препаратами продемонстроване більше зниження рівня зараженості, яке становило 71 %, тоді як за хімічних методів обробки цей показник перебував на рівні 64 %.

3. Продуктивність меду в бджолиних сім'ях, оброблених мікробними препаратами, була в середньому на 28 % вищою, ніж у групі за застосування хімічних препаратів, що підкреслює економічну доцільність використання біологічних засобів.

4. Мікробні препарати також показали менший рівень побічних ефектів порівняно з хімічними. Зокрема, смертність бджіл в експериментальній групі була на 37,5 % нижчою порівняно з контрольною групою, що свідчить про безпечність біологічних методів обробки. Загальний стан бджолиних сімей, оцінений за 10-бальною шкалою, також був кращим у групі бджіл, оброблених мікробними препаратами, що відображає позитивний вплив цих засобів на здоров'я комах.

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях передбачається визначення оптимальних концентрацій і методів застосування мікробних препаратів для забезпечення максимальної ефективності з мінімальними побічними ефектами на бджіл. Доцільним є дослідження тривалості дії препаратів на кліща *Varroa destructor* та їх впливу на інші показники здоров'я бджолиних сімей. Особлива увага приділятиметься вивченню ефективності препаратів у поєднанні з іншими методами біологічного контролю. Також важливо дослідити вплив мікробних препаратів у різних кліматичних умовах та їх довготривалий вплив на продуктивність бджолиних сімей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шабля В. П., Сиромятников Ю. М. Відновлення напрямку бджільництва в Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. Петра Василенка. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Технічні науки / Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків: ХНТУСГ, 2011. Вип. 211: Інноваційне, технічне та технологічне забезпечення галузі тваринництва. С. 106–108.

2. Căuia D. Improving the *Varroa* (*Varroa destructor*) control strategy by brood treatment with formic acid – A pilot study on spring applications. *Insects*. 2022. Vol. 13(2). 149. doi: 10.3390/insects13020149
3. Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Медведева Ю. В. Вплив акарицидів на масу бджолиних маток. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Технічні науки. Харків: ХНТУСГ, 2011. Вип. 211. Інноваційне, технічне та технологічне забезпечення галузі тваринництва. С. 82–84.
4. Mancuso T., Croce L., Vercelli M. Total brood removal and other biotechniques for the sustainable control of *Varroa* mites in honey bee colonies: Economic impact in beekeeping farm case studies in northwestern Italy. *Sustainability*. 2020. Vol. 12(6). 2302. doi: 10.3390/su12062302
5. Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Белих О. В., Харченко О. М. Видалення бджолиного розплоду як біометод контролю вароозу. *Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування*: матеріали Міжнар. наук. конф., 25–26 квіт. 2024 р. / Держ. біотехнол. ун-т. Харків, 2024. С. 220–222. URL: <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/> (дата звернення: 20.08.24).
6. Fernandez Ferrari, M. C., Favaro R., Mair S., Zanotelli L., Malagnini V., Fontana P., Angeli S. Application of *Metarhizium anisopliae* as a potential biological control of *Varroa destructor* in Italy. *J. of Apicultural Research*. 2020. Vol. 59(4). P. 528–538. doi: 10.1080/00218839.2020.1736814
7. Vilarem C., Piou V., Vogelweith F., Vétillard A. *Varroa destructor* from the laboratory to the field: Control, biocontrol and IPM perspectives – A review. *Insects*. 2021. Vol. 12(9). 800. doi: 10.3390/insects12090800
8. Bava R., Castagna F., Piras C., Musolino V., Lupia C., et al. Entomopathogenic fungi for pests and predators control in beekeeping. *Veterinary Sci*. 2022. Vol. 9(2). 95. doi: 10.3390/vetsci9020095
9. Meikle W. G., Mercadier G. Efficacy of *Beauveria bassiana* in reducing *Varroa destructor* populations. *Apidologie*. 2011. Vol. 42. P. 456–466. doi: 10.1051/apido/2011020
10. Han J. O., Naeger N. L., Hopkins B. K., Sumerlin D., Stamets P. E., Carris, L. M., Sheppard W. S. Directed evolution of *Metarhizium fungus* improves its biocontrol efficacy against *Varroa* mites in honey bee colonies. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11(1). 10582. doi: 10.1038/s41598-021-89811-2
11. Zeng Z., Zhang Y. Evaluation of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* as biocontrol agents against *Varroa* mites in honey bee colonies. *Biocontrol Sci. and Technology*. 2023. Vol. 33(4). P. 541–553. doi: 10.1080/09583157.2023.1929374
12. Driver F., Buckley E., Rehner S. A. Ecological adaptability of *Beauveria* and *Metarhizium*: Tropical and temperate applications in pest control. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2022. Vol. 8(7). P. 215–228. doi: 10.3389/fevo.2022.215
13. Ghazoul S., Salgado V. Effects of substrate choice on the conidial production of *Beauveria bassiana* for *varroa* control applications. *J. of Economic Entomology*. 2021. Vol. 114(6). P. 2378–2386. doi: 10.1093/jee/toab174
14. Balogun R., Onyekachi C. Application of *Metarhizium anisopliae* as a sustainable alternative to chemical acaricides. *Pest Management Sci.*, 2020. Vol. 76(11). P. 3598–3604. doi: 10.1002/ps.5994

15. Tesfaye D., Seyoum E. Performance of native *Metarhizium anisopliae* against *varroa* mites under different climate conditions in Ethiopian beekeeping. *J. of Apicultural Research*. 2021. Vol. 60(2). P. 122–133. doi: 10.1080/00218839.2021.1875973
16. Fang W., Leng B. Field efficacy of *Beauveria bassiana* in *varroa* mite suppression and its safety profile for bee health. *Environmental Entomology*. 2023. Vol. 52(3). P. 645–653. doi: 10.1093/ee/nvad023
17. Mukherjee D., Kumar S. Impact of climate on entomopathogenic fungi applications in apiaries. *Biocontrol*. 2022. Vol. 67(4). P. 503–515. doi: 10.1007/s10526-022-10128-6
18. Tefera T., Muthomi J. Integrated Pest Management using *Beauveria* and *Metarhizium* in African beekeeping. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2020. Vol. 302. 107088. doi: 10.1016/j.agee.2020.107088
19. Ikegami T., Mizuno K. Comparison of fungal biopesticides and chemical acaricides for *varroa* control. *Pest Management Sci*. 2021. Vol. 77(5). P. 2345–2353. doi: 10.1002/ps.6356
20. Johnson R. M., Raub M. *Varroa* control in cold climates: Efficacy of *Metarhizium anisopliae*. *J. of Invertebrate Pathology*. 2023. Vol. 190. 107607. doi: 10.1016/j.jip.2023.107607

REFERENCES

1. Shablia, V. P., Syromyatnykov, Yu. M. Vidnovlennia napriamku bdzhilnytstva v Kharkivskomu natsionalnomu tekhnichnomu universyteti silskoho hospodarstva im. Petra Vasylenka [Re-establishment of the beekeeping programme at the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Tekhnichni nauky* [Bulletin of the Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture. Technical sciences]. Kharkiv: KHNTUSH, 2021, 211, 106–108 [in Ukrainian].
2. Căuia, D. (2022). Improving the *Varroa* (*Varroa destructor*) control strategy by brood treatment with formic acid – A pilot study on spring applications. *Insects*, 13(2), 149. doi: 10.3390/insects13020149
3. Syromyatnykov, Yu. M., Shablia, V. P., & Medvedyeva, Yu. V. (2021) Vplyv akarytsydiv na masu bdzholynykh matok [The effect of acaricides on the weight of queen bees]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Tekhnichni nauky* [Bulletin of the Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture. Technical sciences]. Kharkiv: KHNTUSH, 211, 82–84 [in Ukrainian].
4. Mancuso, T., Croce, L., & Vercelli, M. (2020). Total brood removal and other biotechniques for the sustainable control of *Varroa* mites in honey bee colonies: Economic impact in beekeeping farm case studies in northwestern Italy. *Sustainability*, 12(6), 2302. doi: 10.3390/su12062302
5. Syromyatnykov, Yu. M., Shablia, V. P., Byelykh, O. V., & Kharchenko, O. M. (2024) Vydalennya bdzholynoho rozplodu yak biometod kontrolyu varroatozu. *Aktual'ni pytannya biotekhnolohiyi, ekolohiyi ta pryrodokorystuvannya* [Elektronnyy resurs]: materialy Mizhnar. nauk. konf., 25–26 kvitnya 2024 r. Derzh. biotekhnol. un-t. – Kharkiv, 220–222 [in Ukrainian] Retrieved from <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/> (date of access: 20.08.24)

6. Fernandez Ferrari, M. C., Favaro, R., Mair, S., Zanutelli, L., Malagnini, V., Fontana, P., & Angeli, S. (2020). Application of *Metarhizium anisopliae* as a potential biological control of *Varroa destructor* in Italy. *J. of Apicultural Research*, 59(4), 528–538. doi: 10.1080/00218839.2020.1736814
7. Vilarem, C., Piou, V., Vogelweith, F., & Vétillard, A. (2021). *Varroa destructor* from the laboratory to the field: Control, biocontrol, and IPM perspectives—A review. *Insects*, 12(9), 800. doi: 10.3390/insects12090800
8. Bava, R., Castagna, F., Piras, C., Musolino, V., Lupia, C., Palma, E., ... & Musella, V. (2022). Entomopathogenic fungi for pests and predators control in beekeeping. *Veterinary Sci.*, 9(2), 95. doi: 10.3390/vetsci9020095
9. Meikle, W. G., & Mercadier, G. (2011). Efficacy of *Beauveria bassiana* in reducing *Varroa destructor* populations. *Apidologie*, 42, 456–466. doi: 10.1051/apido/2011020
10. Han, J. O., Naeger, N. L., Hopkins, B. K., Sumerlin, D., Stamets, P. E., Carris, L. M., & Sheppard, W. S. (2021). Directed evolution of *Metarhizium* fungus improves its biocontrol efficacy against Varroa mites in honey bee colonies. *Scientific Reports*, 11(1), 10582. doi: 10.1038/s41598-021-89811-2
11. Zeng, Z., & Zhang, Y. (2023). Evaluation of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* as biocontrol agents against *Varroa* mites in honey bee colonies. *Biocontrol Sci. and Technology*, 33(4), 541–553. doi: 10.1080/09583157.2023.1929374
12. Driver, F., Buckley, E., & Rehner, S. A. (2022). Ecological adaptability of *Beauveria* and *Metarhizium*: Tropical and temperate applications in pest control. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8(7), 215–228. doi: 10.3389/fevo.2022.215
13. Ghazoul, S., & Salgado, V. (2021). Effects of substrate choice on the conidial production of *Beauveria bassiana* for varroa control applications. *J. of Economic Entomology*, 114(6), 2378–2386. doi: 10.1093/jee/toab174
14. Balogun, R., & Onyekachi, C. (2020). Application of *Metarhizium anisopliae* as a sustainable alternative to chemical acaricides. *Pest Management Sci.*, 76(11), 3598–3604. doi: 10.1002/ps.5994
15. Tesfaye, D., & Seyoum, E. (2021). Performance of native *Metarhizium anisopliae* against varroa mites under different climate conditions in Ethiopian beekeeping. *J. of Apicultural Research*, 60(2), 122–133. doi: 10.1080/00218839.2021.1875973
16. Fang, W., & Leng, B. (2023). Field efficacy of *Beauveria bassiana* in varroa mite suppression and its safety profile for bee health. *Environmental Entomology*, 52(3), 645–653. doi: 10.1093/ee/nvad023
17. Mukherjee, D., & Kumar, S. (2022). Impact of climate on entomopathogenic fungi applications in apiaries. *Biocontrol*, 67(4), 503–515. doi: 10.1007/s10526-022-10128-6
18. Tefera, T., & Muthomi, J. (2020). Integrated Pest Management using *Beauveria* and *Metarhizium* in African beekeeping. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 302, 107088. doi: 10.1016/j.agee.2020.107088
19. Ikegami, T., & Mizuno, K. (2021). Comparison of fungal biopesticides and chemical acaricides for varroa control. *Pest Management Sci.*, 77(5), 2345–2353. doi: 10.1002/ps.6356

20. Johnson, R. M., & Raub, M. (2023). *Varroa* control in cold climates: Efficacy of *Metarhizium anisopliae*. *J. of Invertebrate Pathology*, 190, 107607. doi: 10.1016/j.jip.2023.107607

BIOLOGICAL CONTROL OF VARROATOSUS USING MICROBIAL PREPARATIONS: INNOVATIVE APPROACHES IN ECOLOGICAL BEEKEEPING

Yu. M. Syromiatnykov,¹ V. P. Shablia,^{2,3} O. M. Kharchenko², O. V. Belykh²

¹Latvia University of Life Sciences and Technologies

2 Liela Str., Jelgava Republic of Latvia, 3001

²State Biotechnological University

44 Alchevskykh Str., Kharkiv, Ukraine, 61002

³Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production NAAS

1 Shvedska Mohyla Str., Poltava, Ukraine, 36013

Varroatosis is one of the most serious threats to beekeeping, caused by the parasitic mite Varroa destructor, which reduces the productivity and resilience of bee colonies to adverse environmental factors. Traditional chemical control methods are often effective but present drawbacks, such as residue accumulation in honey and the development of mite resistance. This study focuses on the effectiveness of biological control methods against varroatosis, specifically microbial agents based on the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae. Objective was to determine the potential of these biocontrol agents as a safe alternative to chemical acaricides and to assess their impact on honey productivity and the overall health of bee colonies. Materials. The experiment used two groups of drugs: traditional chemical drugs and experimental microbial drugs. Each group included 10 bee colonies. Key indexes were evaluated, including initial and final mite infestation levels, reduction in infestation, honey productivity, bee mortality, and general colony health. Results demonstrated that microbial agents reduced mite infestation by up to 71 %, while chemical methods achieved a reduction of 64 %. Honey productivity in the experimental group was 28 % higher, confirming the positive influence of biological methods. Additionally, bee mortality in the group treated with microbial agents was 37.5 % lower, underscoring the safety of these treatments. Conclusions. Scientific analysis confirmed that microbial agents based on Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae show promise for sustainable varroatosis control and can be recommended for ecological beekeeping.

Key words: beekeeping, biological control, Varroa destructor, Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae, honey productivity, bee mortality, microbial agents, ecological beekeeping, varroosis.

Отримано 15.10.2024

Отримано після доопрацювання 17.11.2024

Затверджено до видання 11.12.2024

УДК 636.4.09:616-022.7
doi 10.37143/2786-7730-2024-4(82)7

CURRENT TRENDS IN THE DIAGNOSIS OF INFECTIOUS DISEASES IN PIGS

Agnieszka Jelonek¹, Jakub Kurasz², Halina Tkaczenko³, Natalia Kurhaluk³

¹FELIS Veterinary Clinic, Siemianice, Poland

²Medical Faculty, University of Opole, Opole, Poland

³Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland

Objective. This review highlights the latest trends in diagnostic technologies and their application in disease surveillance, outbreak prediction and treatment optimisation. **Results.** Early and accurate diagnosis of infectious diseases in pigs plays a critical role in safeguarding animal health, maximising productivity and maintaining the economic stability of the pig industry. Infectious diseases in pigs, which can be of bacterial, viral or parasitic origin, often result in significant economic losses due to reduced productivity, increased mortality and the costs associated with disease management. In addition, infectious diseases in pigs are a serious public health concern, especially when zoonotic pathogens are involved, as they can be transmitted to humans and potentially lead to widespread health problems. Therefore, the timely identification and control of these pathogens is of vital importance not only to the pig industry but also to global public health. The rapid development of diagnostic technologies in recent years has had a transformative impact on the detection and control of swine diseases. Molecular diagnostic methods, including polymerase chain reaction (PCR) and next-generation sequencing (NGS), have greatly improved early detection capabilities, allowing veterinarians and farmers to identify pathogens before animals show clinical signs. Such technologies improve disease surveillance by facilitating the rapid identification of infected animals that can be immediately isolated to prevent further spread of disease within herds. This early intervention capability is essential to control outbreaks and minimise their economic and health impact. The integration of these advanced diagnostic methods with tools such as data analytics, bioinformatics and machine learning has opened new horizons in disease management. Through predictive modelling and data analysis, these tools can help predict outbreaks and inform more targeted treatment and prevention strategies. Machine learning algorithms, for example, can process large data sets from multiple sources to more accurately predict disease trends and identify high-risk factors, enabling proactive rather than reactive disease management. This combination of molecular diagnostics and computational tools represents a powerful advance in veterinary medicine, promoting the rapid and strategic

Jelonek Agnieszka, veterinary doctor

e-mail: jelonekagnieszka33@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-2451-4412>

Kurasz Jakub, 5th year medical student

e-mail: jakubkurasz30@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-3955-1552>

Tkaczenko Halyna., Doc. of Biological Sci., Prof., Vice-Director of Institute of Biology

e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

<https://orcid.org/0000-0003-3951-9005>

Kurhaluk Natalia, Doc. of Biological Sci., Prof., Institute of Biology

e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

<https://orcid.org/0000-0002-4669-1092>

response needed to contain infectious diseases in pig populations. However, significant challenges remain, particularly in the context of smallholder farms and resource-poor regions. Many smallholders face barriers to adopting these technologies due to limited financial resources, lack of technical training and inadequate infrastructure. Addressing these challenges is critical to ensuring that advances in diagnostics reach all levels of the industry, promoting more equitable health outcomes and reducing the risk of disease spread across regions and communities. **Conclusions.** As we move towards a future where technology is more integrated into agriculture and veterinary medicine, ensuring that diagnostic tools are both accessible and affordable for farms of all sizes is critical. Removing the current barriers that limit access to these advanced diagnostics will improve both the health and productivity of pig populations and support broader initiatives to prevent zoonotic disease outbreaks. By promoting the widespread use of these innovations, the pig industry can grow more sustainably while playing a key role in protecting global health.

Keywords: Infectious diseases, swine, diagnostic technologies, PCR, next-generation sequencing, molecular diagnostics, disease management, pig industry, zoonoses.

Посилатися на статтю так:

БІБЛІОГРАФІЯ за ДСТУ: Jelonek A., Kurasz Ja., Tkaczenko H., Kurhaluk N. Current trends in the diagnosis of infectious diseases in pigs. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2024. Вип. 4(82). С. 93–122. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)7

REFERENCES за APA style: Jelonek, A., Kurasz, Ja., Tkaczenko, H., & Kurhaluk, N. (2024). Current trends in the diagnosis of infectious diseases in pigs. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 4(82), 93–122 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/2786- 7730-2024-4(82)7

Introduction. Early and accurate diagnosis of infectious diseases in pigs plays a critical role in modern livestock management. As the global demand for pork continues to grow, maintaining the health and well-being of pigs is essential to ensure the productivity and economic sustainability of the pig industry. Infectious diseases, whether caused by bacterial, viral or parasitic agents, not only result in significant economic losses due to reduced production and increased mortality, but also pose potential risks to public health, especially when zoonotic agents are involved [1, 2].

In recent years, advances in diagnostic technologies have revolutionised the detection and management of these diseases by providing faster, more accurate and less costly methods to identify pathogens [3, 4]. Traditional techniques such as serology and bacterial culture have been complemented or replaced by molecular diagnostics, including polymerase chain reaction (PCR) and next-generation sequencing (NGS). These methods allow early detection and accurate differentiation of pathogens, even in asymptomatic animals, improving the ability to implement timely and targeted interventions [5].

In addition, the integration of diagnostic tools with data analytics, bioinformatics and machine learning algorithms has opened new avenues for disease surveillance, allowing veterinarians and producers to predict outbreaks and optimise treatment strategies [4, 5]. This article reviews current trends in the diagnosis of infectious diseases in pigs, focusing on recent advances in diagnostic technologies, their practical applications in the field, and future directions for disease management in pig populations.

Global and domestic trends in pork consumption and production: the Polish perspective. Pork is the most consumed meat in the world, particularly in East Asia and Europe. Per capita consumption is highest in China and the European Union, where pork is an important source of dietary protein [6]. Approximately 110–115 million tonnes of pork are produced globally each year. China is the leading pork producer, followed by the EU, the USA, Brazil and Vietnam. The European Union is the world's largest exporter of pork, followed by the United States. Major importers include China, Japan and South Korea, reflecting the high demand for pork products in Asia [7]. In 2023/24, China (50 %), the European Union (18 %) and the United States (11 %) account for almost 80 % of world pork production. Over the last 10 years, world production has increased by an average of 1 % per year, reaching 116.3 million tonnes in 2023/24. In the European Union, production has slightly decreased, contrary to the world trend [8, 9].

Meat is one of the basic products of the Polish and European diet. An average inhabitant of our country consumes 73 tonnes of food products during his or her lifetime. This meat is equivalent to 1.5 geese, 7 rabbits, 15 ducks, 46 turkeys, 5 cows and up to 20 pigs [10]. Compared to beef, pork has a higher content of easily digestible proteins, mineral salts and B vitamins, making it more attractive to health-conscious consumers. In Poland, five domestic breeds are maintained in pedigree breeding: the Polish Landrace (PL), the Polish Large White (PLW), the Puławska (PUL), the Żłotnicka White (ZW) and the Żłotnicka Pstra (ZP) breeds, the latter three being native breeds. Depending on the breed, they are characterised by different amounts of fat and meat [11]. A correlation has also been found between the breed of the animal and the incidence of certain diseases. Similarly, in the case of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS), caused by the PRRSV virus, different reactions in the body have been observed depending on the breed [12].

Approximately 9–11 million pigs are reared annually in Poland, although this number fluctuates due to factors such as disease outbreaks (e.g. African swine fever) and economic pressures. Wielkopolskie – the largest pig-producing region, accounting for about 25–30 % of the total pig population. Kujawsko-Pomorskie and Mazowieckie also contribute significantly to the national pig industry [13]. Poland produces about 2.3–2.5 million tonnes of pork per year. Pork accounts for more than 50 % of total meat consumption in Poland, making it a staple in the Polish diet. Poland is also one of the leading exporters of pork in Europe, with significant exports to Germany, Italy and the Czech Republic. Competitive pressure from larger pork producers in Europe, particularly Spain and Germany, has affected the profitability of Polish pig farmers [11, 14]. Between 2017 and 2018, pork consumption in Poland increased by 10.39 % compared to the previous year. In the European Union, it accounts for 50 % of the total market supply, making it the most desirable type of this food group [15]. Globally, it is second only to poultry, which is on average cheaper than pork [16].

The highest consumption of pork was in 2007–2009, when annual consumption ranged from 43.6 to 42.4 kg/capita per year [14]. Since 2003, when pork production peaked in Poland, there has been a downward trend in pork consumption. In Poland alone, the number of pigs bred fell by 62.58 % between 2007 and 2018. This decline is due to the European trend towards reduced meat consumption, but also to increased production efficiency. The number of sows decreased due to their increasing efficiency, caused by the good genetic potential of the pigs bred [14].

Biosecurity in pig production: global trends, challenges and best practices for disease prevention. Over the past decade, awareness of biosecurity has increased significantly due to the rise of infectious diseases such as African swine fever (ASF), porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) and swine influenza. Surveys show that more than 70 % of commercial pig farmers worldwide now recognise the importance of strict biosecurity measures to prevent the introduction and spread of pathogens [17, 18]. Approximately 80–90 % of industrial pig farms in regions such as the European Union, the United States and China have implemented comprehensive biosecurity protocols, including restricted access to the farm, disinfection stations and health monitoring of both animals and personnel. Despite progress, adoption has been slower among smallholders, particularly in developing regions. It is estimated that less than 50 % of smallholder pig farms worldwide follow advanced biosecurity protocols due to limited resources and knowledge gaps [19, 20].

Over 75 % of large pig farms worldwide have quarantine protocols for newly introduced animals, keeping them separate 2–4 weeks to prevent disease transmission. About 85 % of commercial farms use regular disinfection of equipment, vehicles and personnel to prevent the spread of disease [21]. Modern disinfection technologies, including ultraviolet light sterilisation and chemical sprays, are becoming more common, particularly in regions such as the EU and the USA [22]. Controlled access zones have been established on more than 70 % of large pig farms. Single point entry is now common on farms and staff undergo hygiene procedures before entering animal areas [23]. In addition, fencing and controlled entry points are used to limit exposure to wildlife and other vectors. Approximately 60–65 % of commercial farms worldwide use enhanced feed and water biosecurity measures, such as sourcing pathogen-free feed, heat-treated feed and ensuring safe water management to reduce contamination [24].

The efficiency of pig production is constantly improving. Breeders are introducing appropriate tools that allow them to intensify this branch of agriculture. The basic element is to maintain biosecurity principles that minimise the risk of spreading pathogens among farm animals. A well-planned and implemented biosecurity plan can prevent potential material losses due to flock infection. Basic principles include the need to fence buildings, regular deratisation and protecting pigs from contact with wildlife. Entrances to buildings containing pigs should be appropriately marked and equipped with disinfectant mats [21].

Personnel with access to the inside of buildings should not have been on other pig holdings or have participated in hunting in the last few days to reduce the risk of introducing African swine fever virus into the herd. The veterinarian in charge of the farm should also avoid visiting more than one farm in a week, especially if the disease status of any of the farms is unknown, as there is a risk of disease transmission between the different herds. The location of the farm is also important, as close proximity to other herds – within a radius of less than 2 km – and high density – more than 100 pigs per 1 square kilometre – favour disease transmission [25]. Maintaining a high level of biosecurity is associated with the need to quarantine new individuals before introducing them into the herd. Despite biosecurity, many pathogens are still present on farms. This can be due to incubating animals, asymptomatic carriers or imported semen [26].

Challenges and strategies for the control of infection in pig populations. The development of modern routine protocols for the detection of selected pathogens in the pig population and their introduction into general use could allow the elimination of asymptomatic carriers and maintain a high health status of the animals on the farm. One of the challenges facing modern pig farmers is the control of infections caused by

arterioviruses. Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRSV) is a major cause of reduced profitability in pig production [27]. In the US alone, the disease is estimated to cause losses of \$664 million per year. In Europe, the figure is €255 per sow [28]. The consequences of infection affect all animals, both in breeding herds and in fattening pigs.

The virus that causes PRRSV is airborne and has a high mutation potential during replication [29]. The cells in which this process takes place are primarily alveolar macrophages. They are located in the lungs and are an important part of the immune system in the lung tissue. They are damaged during viral replication, leading to respiratory symptoms. Sick animals may have rapid breathing, respiratory failure, pneumonia, fever, poor appetite and are more susceptible to secondary respiratory and systemic infections. The consequences of these symptoms in fattening pigs are slower growth, poorer feed conversion and the need to extend the fattening period by up to 14 to 30 days [30].

Animals can also be infected intrauterine as the virus crosses the placental barrier. Sick gilts with chronic and subclinical infection transmit the virus intrauterine to unborn fetuses. As a result, there is an increase in abortions, stillbirths, mummified fetuses, premature births and young piglets are in much poorer condition than uninfected animals. Piglets are weak, smaller, often die young, especially around weaning, and those that survive become virus carriers [31]. A chronic form of infection develops, known as persistent infection. These animals can even shed the virus into the environment for the rest of their lives, becoming a potential source of infection for the whole herd. In addition to shedding, they also suffer from more frequent diarrhoea, poorer growth and increased susceptibility to respiratory disease. Therefore, researchers point to the need to determine the immune status of the herd as an element of PRRSV surveillance [32, 33]. Detection and elimination of chronically infected animals is necessary to stop the spread of the virus. Another alternative is to completely depopulate the farm, but this is very expensive for farmers [31].

Traditional diagnostic methods for the diagnosis of infectious diseases in pigs.

Clinical diagnosis plays a crucial role in identifying potential infectious diseases in pigs, especially in the early stages of disease [34]. Veterinarians rely on the observation of clinical signs, which can vary depending on the type of infection (Fig. 1). Fever is often one of the earliest signs of infection. Fever is a common response to bacterial, viral or parasitic infections, including diseases such as classical swine fever (CSF), porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) and African swine fever (ASF) [35]. Coughing, labored breathing and nasal discharge are typical signs of respiratory infections such as *Mycoplasma hyopneumoniae* or *Actinobacillus pleuropneumoniae* (APP) [36, 37]. Lethargy and decreased appetite are common signs of disease, with lethargy and decreased feed intake often associated with infections such as swine influenza or PRRS. It can also be a sign of more systemic infections such as salmonellosis [38]. Some viral or bacterial infections (e.g. TGEV – Transmissible Gastroenteritis Virus, Rotavirus) can cause gastrointestinal symptoms leading to diarrhoea and vomiting, which are critical in identifying enteric disease in pigs [39, 40]. In diseases such as ASF, skin lesions may occur as part of the systemic symptoms and contribute to clinical suspicion [41].

Clinical examination is the first line of defence in the diagnosis of infectious diseases. Early recognition of these clinical signs can guide further diagnostic testing and

help prevent the spread of infection. Although clinical signs alone do not always confirm the disease, they provide important clues to guide laboratory diagnosis and decide whether isolation or treatment is necessary [42]. A comprehensive clinical examination is usually followed by laboratory confirmation to definitively identify the pathogen (fig. 1).

Traditional bacteriological culture remains one of the gold standards for diagnosing bacterial infections [43]. By isolating the pathogen from samples such as blood, nasal swabs, lung tissue or faeces, this method allows the precise identification of bacteria. It can also be used to test for antibiotic susceptibility, which can help in the selection of appropriate treatment, especially in cases where bacterial resistance is suspected [44]. The main limitation of culture methods is their relatively slow turnaround time. Depending on the pathogen, results can take several days to weeks, which can delay appropriate treatment. Some bacteria are difficult to culture or require special conditions, leading to false negative results. Certain infections, such as PRRS or CSF, caused by viruses or intracellular bacteria (e. g. mycoplasma) cannot be cultured and alternative diagnostic techniques are required [45, 46].

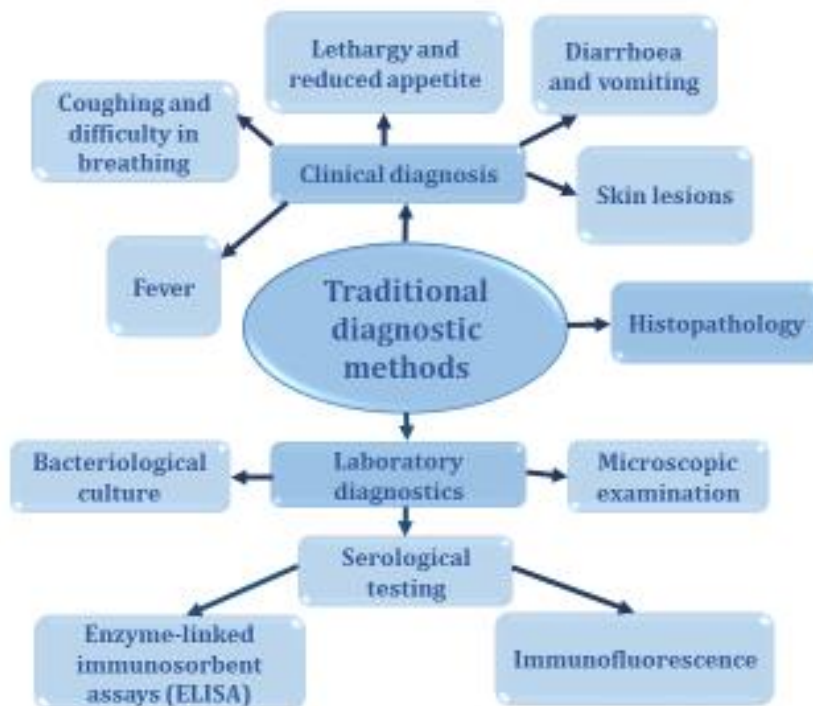


Fig. 1. Traditional diagnostic methods for the diagnosis of infectious diseases in pigs

Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) is a commonly used serological method for the detection of antibodies or antigens specific to a particular pathogen. It is widely used for the detection of PRRSV, ASFV and CSF antibodies in porcine serum [47, 48]. ELISA is relatively rapid, inexpensive and can be used to screen large numbers of animals for past exposure to specific pathogens. ELISA may give false positive or negative results depending on the time of infection (e.g. early stages of infection may not have detectable antibody levels). In addition, cross-reactivity between similar pathogens can complicate interpretation [49, 50].

The immunofluorescence technique uses fluorescently labelled antibodies to detect specific antigens in tissue samples. It is commonly used to identify viral infections, such as PRRSV and influenza viruses, in tissues such as lungs or lymph nodes [51]. Immunofluorescence offers specificity and can provide results within hours. It requires special equipment (fluorescence microscope) and may not be widely available in all diagnostic laboratories [52, 53].

Gram staining, a basic and widely used method for distinguishing between gram-positive and gram-negative bacteria, helping to identify pathogens such as *Salmonella* or *Streptococcus suis*. This method is essential for initial bacterial identification [54]. Ziehl-Neelsen stain, a special stain used to identify *Mycobacterium* species or other acid-fast bacteria. It is particularly useful for diagnosing infections such as *Mycobacterium avium* or *Mycobacterium bovis* [55]. These techniques are inexpensive and relatively quick, giving an immediate indication of the type of infection present. While useful for preliminary identification, these methods are not definitive for all pathogens and require additional tests for confirmation, particularly for viruses or non-culturable bacteria [56].

Histopathology is the examination of tissue samples (such as lungs, liver, spleen or lymph nodes) for characteristic lesions caused by infectious agents. This method helps to diagnose a wide range of infections, especially those that cause significant tissue damage [38, 57, 58]. Infection with *Actinobacillus pleuropneumonia* (APP) often leads to pleuropneumonia, which can be identified by the presence of necrotizing lesions and haemorrhage in the lung tissue [59]. Classical swine fever (CSF) can cause characteristic lesions in various organs, including the spleen (splenic infarction), lymphoid tissues (haemorrhagic lymphadenopathy) and skin (petechial haemorrhages). These lesions are crucial for histopathological confirmation of the disease [60, 61]. Histopathology is essential to confirm the diagnosis, especially in chronic infections or when clinical symptoms are non-specific. Histopathology requires expertise in recognising patterns of tissue damage associated with specific infections. It is often used as an adjunct diagnostic tool after initial testing and may not always provide definitive pathogen identification without additional molecular testing [62, 63].

Traditional diagnostic methods remain a cornerstone of veterinary practice for the diagnosis of infectious diseases in pigs. Clinical diagnosis, supported by bacteriological culture, serological tests, microscopic examination and histopathology, remains essential for disease management. While newer, more advanced technologies are rapidly emerging, traditional methods still provide valuable insight, especially in regions with limited access to high-tech diagnostics [57].

Emerging diagnostic technologies. Polymerase chain reaction (PCR) is a widely used molecular diagnostic technique that allows the amplification and detection of specific genetic material (DNA or RNA) from pathogens, including bacteria, viruses and parasites (fig. 2). PCR technologies have revolutionised the detection of infectious agents in pigs by providing high sensitivity and specificity for pathogen identification [64]. Traditional PCR amplifies a target DNA sequence from a pathogen's genome, making it detectable at low levels. It is widely used to detect bacterial infections such as *Salmonella*, *Mycoplasma* and *Escherichia coli* [65] or viral infections such as Classical Swine Fever (CSF) [66] and Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome (PRRS) [67, 68]. Real-time PCR builds on traditional PCR by incorporating fluorescent dyes or probes to monitor the amplification process in real time, providing quantitative data on the amount

of pathogen present in the sample. This technique provides faster and more accurate results than conventional PCR, which provides only qualitative information [69, 70].

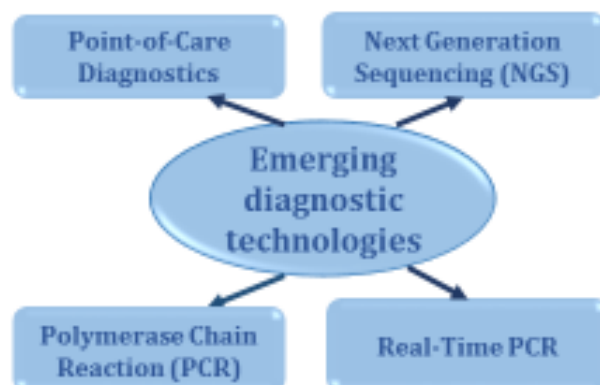


Fig. 2. Emerging diagnostic technologies

PCR is particularly useful for identifying specific pathogens by targeting unique genetic sequences within the pathogen's genome. The high specificity of PCR ensures that even closely related pathogens (e. g. different strains of PRRSV or ASFV) can be distinguished with high accuracy. PCR also provides a means of detecting pathogens in samples where traditional culture methods may be too slow or ineffective, such as viruses or intracellular bacteria [71, 72]. Multiplex PCR is an advanced form of PCR technology that allows the simultaneous detection of multiple pathogens in a single sample. It is becoming increasingly important in veterinary diagnostics, particularly for diseases where co-infections are common (e.g. PRRS, Swine Influenza Virus and *Mycoplasma hyopneumoniae*). Multiplex PCR can significantly reduce the time and cost of diagnosis by allowing rapid identification of multiple infectious agents in a single test session [65, 73–75].

Next-generation sequencing (NGS) refers to a group of advanced DNA sequencing technologies that enable massively parallel sequencing of whole genomes. NGS is changing the pathogen detection landscape by providing an unprecedented ability to detect and sequence the genomes of pathogens directly from clinical samples. Unlike PCR, which targets specific genetic sequences, NGS sequences entire genomes, allowing the identification of novel or unexpected pathogens [76, 77]. In cases where the pathogen is unknown or difficult to culture, NGS can be used to identify both known and novel pathogens. This has been particularly valuable in identifying emerging diseases and monitoring viral evolution, such as tracking African Swine Fever Virus (ASFV) outbreaks or discovering new strains of PRRSV [78].

Metagenomic sequencing, a type of NGS, is particularly powerful for identifying a wide variety of pathogens in complex biological samples. It involves sequencing all the genetic material from a sample (e. g. blood, faeces or lung tissue) without the need for prior pathogen-specific primers [79]. This method can detect bacteria, viruses, fungi and parasites present in the sample, including those that are previously unknown or difficult to culture. Metagenomic sequencing is becoming an important tool for the detection of zoonotic diseases and for the surveillance of emerging infectious agents in pigs [80, 81].

Point-of-care (POC) diagnostics are evolving rapidly, with the development of portable devices that can detect infectious agents in the field. These devices are designed to be easy to use, provide rapid results and are often used in the field or for on-farm

diagnostics. POC devices are typically based on molecular (e.g. PCR), immunological (e.g. lateral flow assays) or other diagnostic technologies. Examples include portable PCR machines, hand-held devices for ELISA testing, and immunoassays for pathogen-specific antigens or antibodies [82, 83]. POC devices provide rapid results, often within hours or even minutes, which is essential for timely intervention and outbreak control. The compact design of POC instruments makes them ideal for use in remote locations, on farms or during animal transport where access to laboratory facilities may be limited. While some POC diagnostics can be costly initially, they can save money in the long run by reducing the need for laboratory testing and enabling faster decision-making [84].

While POC diagnostics offer rapid results, their sensitivity and specificity can sometimes be lower than traditional laboratory-based methods such as PCR or culture. False positives or negatives can occur, particularly with complex infections or low pathogen loads [83]. Field conditions can sometimes affect the performance of diagnostic devices. For example, extreme temperatures, humidity or contamination during specimen collection can affect the accuracy of results [85]. Many POC devices are designed to detect specific pathogens and may not be able to identify multiple pathogens simultaneously, unlike multiplex PCR or NGS platforms [86]. The future of point-of-care diagnostics lies in the development of next-generation portable technologies that integrate multiple diagnostic techniques to improve both sensitivity and the ability to detect a wide range of pathogens. Integration with mobile phone technology for real-time data transmission, cloud-based analysis and the use of artificial intelligence (AI) for result interpretation could further enhance POC diagnostics in veterinary practice [87, 88].

Emerging diagnostic technologies such as PCR-based methods, next-generation sequencing (NGS) and point-of-care diagnostics are rapidly changing the landscape of veterinary diagnostics for infectious diseases in pigs. PCR remains the backbone of molecular diagnostics, while NGS offers unparalleled potential for identifying novel pathogens and understanding their genomic evolution. Point-of-care diagnostics hold the promise of rapid, on-site testing, providing valuable tools for disease management and surveillance. As these technologies continue to advance, they have the potential to improve early disease detection, reduce response times and increase our understanding of swine health on a global scale [89, 90].

Diagnostic trends for specific diseases in pigs. Viral diseases remain a major concern in pig production because of their impact on productivity and animal health. The most common viral infections in pigs include African swine fever (ASF), porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) and swine influenza (SwI) [91, 92]. ASF is a highly contagious viral disease that can cause significant mortality in pig populations. PCR and real-time PCR (qPCR) are the most reliable diagnostic methods for the detection of ASF virus (ASFV) due to their high sensitivity. Serological tests are also used to detect antibodies in infected animals, although they are less sensitive in the early stages of infection [93, 94]. PRRS affects the reproductive and respiratory systems of pigs. PCR testing is widely used to detect PRRS virus (PRRSV), with virus culture and serology also being common diagnostic methods. Serological tests, such as ELISA, are useful for identifying infected herds and determining immunity status [95, 96]. Influenza virus infections cause respiratory problems and reduced productivity. Diagnostic methods include PCR for virus detection and virus culture for virus isolation. Serological tests, such as haemagglutination inhibition (HI) assays, are used to identify antibodies [97].

Bacterial infections can cause a wide range of diseases in pigs, affecting respiratory, gastrointestinal and systemic health. Some important bacterial pathogens include *Actinobacillus pleuropneumoniae*, *Mycoplasma hyopneumoniae* and *Salmonella* [59]. The bacterium *Actinobacillus pleuropneumoniae* (APP) causes pleuropneumonia, a serious disease of the lungs. PCR-based diagnostics are highly effective in detecting APP due to their specificity. Antigen detection assays can also be used to identify the presence of the pathogen in clinical samples such as pleural fluid or lung tissue [98, 99]. A leading cause of respiratory disease in pigs, *Mycoplasma hyopneumoniae* is usually diagnosed by PCR or culture. Serological tests, including indirect haemagglutination or ELISA, can also be used to detect antibodies to the bacterium [100, 101]. *Salmonella* is known to cause gastrointestinal infections in pigs, resulting in diarrhoea and systemic disease. PCR tests are widely used to detect *Salmonella* species, while antigen detection tests (such as ELISA) can also be used to identify specific serovars. Faecal culture remains a traditional method for isolating the pathogen [102, 103].

Parasitic diseases, although less in the spotlight than bacterial and viral infections, can have a significant impact on pig health. *Ascaris suum* (roundworm) and *Trichuris suis* (whipworm) are common parasitic infections in pigs [104–106]. *Ascaris suum* can cause intestinal obstruction and poor growth in pigs. Diagnosis is commonly made using faecal flotation techniques to identify *Ascaris* eggs in faecal samples. PCR is increasingly being used for more accurate detection of *Ascaris suum* DNA in faecal or tissue samples [107]. Whipworm infections are diagnosed using faecal flotation methods to identify *Trichuris* eggs. PCR is also used to detect *Trichuris suis* DNA from faecal or tissue samples. Serological tests are an emerging diagnostic tool for the detection of host antibodies to *Trichuris* infection [108, 109].

The increasing availability of PCR, multiplex PCR and next-generation sequencing (NGS) is improving diagnostic accuracy and allowing the simultaneous detection of multiple pathogens. In addition, point-of-care diagnostic devices are gaining popularity, offering rapid and non-invasive diagnostic options that can improve herd health monitoring and management. These advances in diagnostics enable early detection, timely intervention and better control of infectious diseases in pigs [42, 77].

Challenges in the diagnosis of infectious diseases in pigs. Antimicrobial resistance (AMR) is a growing challenge in the treatment of infectious diseases in pigs. The overuse and misuse of antibiotics in veterinary medicine has contributed to the development of resistant strains of bacteria, making infections more difficult to treat and manage [110, 111]. More accurate and rapid diagnostic tests are needed to identify resistant strains and guide appropriate treatment decisions. PCR-based techniques and antimicrobial susceptibility testing (AST) are increasingly important tools for determining the presence of AMR in bacterial infections. However, these methods need to be more widely adopted and integrated into routine diagnostic procedures to ensure effective management of resistant infections [112, 113].

False-positive and false-negative results remain a major challenge in the diagnosis of infectious diseases in pigs. False positives can lead to unnecessary treatment, increased costs and the risk of over-medication, while false negatives can result in missed infections and inadequate disease control measures. These problems can be caused by several factors, including the sensitivity and specificity of diagnostic methods, sample contamination, improper sample handling and variations in pathogen load at the time of sampling [38, 114]. For example, serological tests may detect antibodies after the infection has cleared, leading to false positives, while PCR tests may fail to detect low

levels of pathogens, leading to false negatives [115]. To overcome these challenges, confirmatory testing should be performed, especially in cases where results are inconsistent or contradictory. Confirmatory methods, such as retesting with different diagnostic techniques (e.g. PCR followed by viral culture), can provide more reliable results and reduce the likelihood of diagnostic errors [116].

Access to advanced diagnostic tools is limited in many rural areas or developing countries, creating logistical barriers to timely and accurate diagnosis of infectious diseases in pigs [117]. In regions with limited infrastructure or financial resources, farmers and veterinarians may not have access to advanced diagnostic technologies such as PCR, next-generation sequencing (NGS) or multiplex assays. This can delay outbreak detection and hinder effective disease management [90]. In addition, the cost of newer diagnostics can be prohibitive for small farmers or veterinary clinics, limiting their ability to adopt cutting-edge technologies. Although rapid point-of-care diagnostic devices are emerging as cost-effective solutions, there is still a need for economic incentives, subsidies or innovative diagnostic solutions tailored to the specific needs and economic realities of rural and low-income regions. Ensuring wider access to affordable and accurate diagnostics is essential to improve the detection, management and control of infectious diseases in pigs [118]. By addressing these challenges – AMR, false positives/negatives and logistical/economic barriers – diagnostic practices in pig farming can be significantly improved, ultimately leading to better disease management and improved animal health.

Use of technological fluids and oral fluids for diagnostic testing in pigs: a promising approach to pathogen detection and herd health monitoring. Technological fluids are material obtained from young piglets during routine procedures such as castration of boars or tail docking of young animals when there is a problem with aggression in the herd [119]. During medical procedures, tissue fragments are removed and placed in a container on gauze. The resulting filtrate is a tissue fluid called technological fluid. Technological fluid is a mixture of serum and blood and can be used as a material for testing using the RT-PCR or qPCR method. After preparing a collective sample consisting of a combination of several technological fluids from a selected group of animals, it is possible to carry out the process of extraction of genetic material, including viral material, in order to confirm or exclude its presence in the sample tested. Such an analysis of the material obtained allows the selection of viremic individuals [120]. Research carried out by scientists in 2020 has shown that the sensitivity of detecting PRRSV in this way is $\geq 95\%$ [121]. These results demonstrate the high diagnostic value of a material that has long been considered waste.

Promising results indicate the need for further research into the detection of viral genetic material in technological fluids. Perhaps in the future the analysis of this material will be used to detect not only PRRSV, but also other pathogens whose pathogenicity is important in the pig production industry [119]. It is worth considering the possibility of analysing the material obtained for the presence of porcine circovirus type 2, atypical pestivirus, parainfluenza type 1, cytomegalovirus or influenza A viruses.

Determining the immune status of the herd allows the effectiveness of the biosecurity measures in place to be verified and allows for effective herd health management. Another type of secretion that can be used as a test material is oral fluid [122], which is a mixture of saliva and filtrate from the capillaries of the oral cavity and gums. It can be a valuable diagnostic material if the appropriate rules for collection

and storage are followed. Recent studies have shown that more than 23 pathogens can be detected in oral fluid (OF), including the reproductive and respiratory syndrome virus, PCV2, swine influenza, *Mycoplasma hyopneumoniae* and *Mycoplasma hyorhinis*, and *Haemophilus parasuis* [123]. The vesicular disease virus is virtually undetectable in serum and testing of OF with a suitably optimised PCR or ELISA test is the most effective method of detecting this virus [124]. The easy availability of this biological material for testing allows regular health monitoring of animals in selected pens or individual animals over 21 days of age [125, 126]. An important element is to plan the test in advance and to properly equip the pens by placing a cotton rope in them. Such a rope is bitten and chewed by the animals and absorbs the oral fluid produced by the pigs. An additional advantage is that the procedure itself is not stressful for the animals.

Impact of preventive veterinary care on pig health, productivity and profitability.

Farms that implement regular veterinary prevention programmes report a 30–50 % reduction in the incidence of common pig diseases such as porcine reproductive and respiratory syndrome, swine influenza and mycoplasma pneumonia. Early vaccination and preventive care reduce the incidence of costly diseases by 40–60 % in well-managed herds [127]. Preventive veterinary measures, including vaccination and health monitoring, reduce mortality by 20–30 % in both breeding and growing flocks. Farms with active veterinary health programmes reduce farrowing mortality from an average of 10–15 % to less than 5 %, ensuring better piglet survival rates [128]. Veterinary care aimed at preventing parasitic infections, respiratory problems and digestive disorders improves average daily gain (ADG) by 10–15 %, leading to shorter finishing times and increased overall productivity. Preventive care helps maintain a feed conversion ratio (FCR) of 2.5 to 1, compared to 3 or more on farms with poor health management [129].

Maintaining a high level of animal health not only directly translates into higher breeding value and increased profitability, but also reduces the use of antibiotics [130]. EU standards are becoming increasingly restrictive in this respect, driven by the growing problem of antibiotic resistance in bacteria. Therefore, the development of low-cost and non-invasive methods to perform herd screening tests is an extremely important element of a long-term strategy to enable the sustainable development of pig production. Disease prevention in pig herds and the development of innovative methods to determine the immune status of animals are fundamental to the development of the livestock industry. Preventing disease outbreaks will prevent a repeat of the situation that occurred in China a few years ago. The outbreak of African swine fever in 2018 led to a significant reduction in the number of pigs in the herd, resulting in a difficult situation in the consumer market due to a sudden increase in prices. This led to a 21 % drop in meat consumption in China in 2019 compared to the previous year [131].

Preventive veterinary programmes result in significant cost savings for pig farmers, with an estimated 15–20 % reduction in veterinary treatment costs due to fewer emergency interventions and treatment of advanced disease. Preventive vaccination programmes cost on average €10–15 per pig per year, compared to potential losses of €50–100 per pig in the event of a disease outbreak (e.g. ASF or PRRS) [132]. Healthy herds experience a 5–10 % increase in overall productivity through improved reproduction rates, better feed efficiency and lower incidence of growth retardation. Farms using consistent veterinary prevention programmes report up to 15–20 % higher profitability due to reduced disease-related production losses [133].

Over 85 % of commercial pig farms in developed countries have regular vaccination protocols against diseases such as erysipelas, leptospirosis, swine influenza

and porcine parvovirus. In regions with African swine fever risks, many farms also focus on rigorous disease surveillance and ASF risk assessment as part of their preventive strategy [134, 135]. The adoption of preventive veterinary care has also contributed to a 20–30 % reduction in antibiotic use in the pig industry, as healthier herds require less therapeutic intervention. Farms using preventive measures follow antimicrobial stewardship guidelines to minimise the risk of antimicrobial resistance and improve animal welfare [136].

Over 70 % of established pig farms work with veterinarians to provide regular health checks, disease risk assessments and advice on herd management. Early detection of disease through regular veterinary visits and health monitoring can prevent the spread of contagious diseases and save farms from catastrophic losses [137, 138]. Veterinarians play a key role in reproductive health management, with herd fertility programmes reducing the incidence of reproductive failure by 15–20 %. Veterinarian-led reproductive management programmes help maintain farrowing rates at 85–90 %, optimising the reproductive efficiency of the herd [139].

Veterinary prevention programmes are critical in controlling zoonotic diseases such as *Salmonella* and *Trichinella*, reducing the risk of these pathogens entering the food supply chain. Farms with active veterinary programmes have reduced *Salmonella* prevalence by 20–30 % through hygiene, biosecurity and vaccination strategies [140, 141]. Veterinarian-led prevention reduces overuse of antibiotics, thereby reducing the risk of antimicrobial resistance (AMR). Farms using preventive strategies have reduced AMR by 10–15 %, particularly in areas where antibiotics were previously overused [111]. Prevention saves far more in potential losses from disease outbreaks. Precision livestock management tools, such as real-time health monitoring and wearable sensors, are becoming more common, allowing veterinarians to remotely monitor pig health and intervene at the first sign of disease. These tools are expected to improve preventive care and further reduce disease incidence by 10–15 % over the next decade [142].

Future directions and innovations in the diagnosis of infectious diseases in pigs.

The future of diagnostic technologies for detecting infectious diseases in pigs holds great promise, particularly with the development of CRISPR-based diagnostics. CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) technology has revolutionised genetic engineering and is now being explored for its potential in diagnostics (fig. 3). CRISPR-based assays can quickly and accurately detect specific genetic sequences from pathogens, providing a highly sensitive and cost-effective diagnostic tool [143, 144]. This innovation could dramatically reduce diagnostic turnaround times, enabling real-time detection of diseases such as African Swine Fever (ASF) [145, 146] or Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome (PRRS) [147, 148]. In addition, CRISPR's ability to detect low levels of viral, bacterial and parasitic DNA in a variety of sample types promises to improve the sensitivity and accuracy of diagnostics in both clinical and field settings. Other emerging technologies such as biosensors, nanotechnology and microfluidics will also improve diagnostics by offering more portable, accurate and high-throughput solutions for pathogen detection [149].

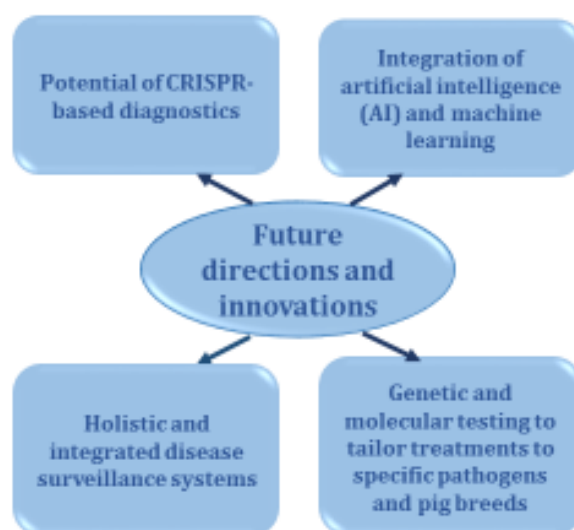


Fig. 3. Future directions and innovations in the diagnosis of infectious diseases in pigs

Artificial intelligence (AI) and machine learning are becoming invaluable tools in veterinary diagnostics. AI has the potential to revolutionise the interpretation of diagnostic results by analysing large datasets from multiple sources, including laboratory tests, clinical symptoms and environmental conditions [150]. Machine learning algorithms can identify patterns in complex data, improving diagnostic accuracy and helping to predict disease outbreaks in pig populations. AI-powered systems can help analyse images from histopathology slides or results from PCR-based tests, providing faster and more accurate diagnoses. In addition, AI models can integrate data from multiple sources to predict disease trends, predict outbreaks and optimise herd health management strategies. By continuously learning from new data, these systems could evolve into sophisticated tools for proactive disease management, leading to more efficient and effective control measures [152, 153].

The future of swine disease surveillance lies in the development of real-time surveillance systems that integrate diagnostic tests, environmental data and herd health records into a single platform. These integrated diagnostic systems would provide comprehensive, continuous monitoring of animal health at multiple levels – from individual farms to regional or even national levels [154]. By combining different diagnostic tools, such as point-of-care devices, sensors and genetic tests, with data from environmental monitoring and animal behaviour, these systems could detect early signs of disease outbreaks before they spread. The ability to respond quickly to emerging infections and track the movement of pathogens in real time will be critical to preventing large-scale outbreaks. In addition, the integration of such platforms with data analytics and AI will enable predictive modelling, allowing early intervention and targeted disease control measures to be implemented more efficiently [155].

The increasing availability of genetic and molecular testing is paving the way for personalised medicine in veterinary medicine, similar to advances in human medicine. By tailoring treatments to specific pathogens and individual pig breeds, veterinarians can provide more effective and precise care [156]. Genomic profiling of pigs can help identify genetic predispositions to certain infections or diseases, allowing targeted interventions to reduce susceptibility. In addition, the use of molecular diagnostics (e. g. PCR,

metagenomics) to identify specific pathogens and their resistance patterns enables veterinarians to select the most effective treatments for individual cases [157, 158]. Personalised medicine also extends to vaccine development, where vaccines can be tailored to target specific strains of pathogens circulating in a herd. This approach not only increases the effectiveness of disease prevention and treatment, but also minimises the use of broad-spectrum antibiotics, helping to curb the rise of antimicrobial resistance (AMR) [159, 160].

In summary, the future of diagnostic technologies for swine infectious diseases is moving towards greater precision, faster results and better integration with advanced technologies. Innovations such as CRISPR diagnostics, AI-driven predictive models, real-time surveillance systems and personalised veterinary care will significantly improve the ability to detect, prevent and treat infectious diseases, ensuring better health outcomes for pigs and enhancing biosecurity measures across the industry.

Conclusions. The ongoing development of diagnostic technologies has greatly improved the detection and management of infectious diseases in pigs, bringing significant benefits to both animal health and the pig industry. As traditional methods such as serology and bacterial culture are complemented or replaced by advanced molecular diagnostics, including PCR and next-generation sequencing, the ability to identify pathogens with greater speed, accuracy and specificity has become a cornerstone of modern veterinary practice. In addition, the integration of data analytics and predictive modelling into diagnostic frameworks is enabling more proactive disease management, reducing the economic and health impact of outbreaks. These advances, combined with improved biosecurity practices and farmer awareness, are essential to contain the spread of diseases such as African swine fever, porcine reproductive and respiratory syndrome and swine influenza. However, the implementation of advanced diagnostics is not without challenges, particularly for smallholder farmers who may lack access to resources and training. The future of disease management in pigs will therefore depend on wider dissemination of these technologies and continued investment in training and support systems for all sectors of the pig industry.

In conclusion, the trends in infectious disease diagnostics are clear: rapid, accurate and accessible diagnostics will be critical to safeguarding pig health, improving productivity and reducing the spread of infectious diseases on a global scale. Continued innovation and collaboration between veterinarians, researchers and farmers will be key to meeting the challenges ahead and ensuring a healthier future for pig populations.

REFERENCES

1. VanderWaal, K., & Deen, J. (2018). Global trends in infectious diseases of swine. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(45), 11495–11500. doi: 10.1073/pnas.1806068115
2. Kappes, A., Tozoneyi, T., Shakil, G., Railey, A. F., McIntyre, K. M., Mayberry, D. E., Rushton, J., Pendell, D. L., & Marsh, T. L. (2023). Livestock health and disease economics: a scoping review of selected literature. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1168649. doi: 10.3389/fvets.2023.1168649
3. Pecora, N., & Milner, D. A., Jr. (2018). New Technologies for the Diagnosis of Infection. *Diagnostic Pathology of Infectious Disease*, 104–117. doi: 10.1016/B978-0-323-44585-6.00006-0

4. Gerace, E., Mancuso, G., Midiri, A., Poidomani, S., Zummo, S., & Biondo, C. (2022). Recent Advances in the Use of Molecular Methods for the Diagnosis of Bacterial Infections. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 11(6), 663. doi: 10.3390/pathogens11060663
5. Ahmad, S., Lohiya, S., Taksande, A., Meshram, R. J., Varma, A., & Vagha, K. (2024). A Comprehensive Review of Innovative Paradigms in Microbial Detection and Antimicrobial Resistance: Beyond Traditional Cultural Methods. *Cureus*, 16(6), e61476. doi: 10.7759/cureus.61476
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. Meat [Internet] <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/meat/en/> (date of access: 5.09.2024).
7. Kim, S. W., Gormley, A., Jang, K. B., & Duarte, M. E. (2024). Invited Review - Current status of global pig production: an overview and research trends. *Animal bioscience*, 37(4), 719–729. doi: 10.5713/ab.23.0367
8. Mateos, G. G., Corrales, N. L., Talegón, G., & Aguirre, L. (2024). - Invited Review - Pig meat production in the European Union-27: current status, challenges, and future trends. *Animal bioscience*, 37(4), 755–774. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0496>.
9. Production – Pork, 2024. Available online: <https://fas.usda.gov/data/production/commodity/0113000> (date of access: 5.09.2024).
10. Miller, V., Reedy, J., Cudhea, F., Zhang, J., Shi, P., Erndt-Marino, J., Coates, J., Micha, R., Webb, P., Mozaffarian, D., & Global Dietary Database (2022). Global, regional, and national consumption of animal-source foods between 1990 and 2018: findings from the Global Dietary Database. *The Lancet. Planetary health*, 6(3), e243–e256. doi: 10.1016/S2542-5196(21)00352-1
11. Siemiński, G., Skąlecki, P., Florek, M., Domaradzki, P., Poleszak, E., Dmoch, M., Ryszkowska-Siwko, M., Kędzierska-Matysek, M., Teter, A., Kowalczyk, M., & Kaliniak-Dziura, A. (2023). Meat Nutritional Value of Puławska Fattening Pigs, Polish Large White × Puławska Crossbreeds and Hybrids of DanBred. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(15), 2408. doi: 10.3390/ani13152408
12. Rowland, R. R., Lunney, J., & Dekkers, J. (2012). Control of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) through genetic improvements in disease resistance and tolerance. *Frontiers in genetics*, 3, 260. doi: 10.3389/fgene.2012.00260
13. Statistics Poland Statistical Yearbook of Agriculture. Warsaw 2022; Available online: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-statystyczny-rolnictwa-2022,6,16.html> (date of access: 5.09.2024).
14. Olszańska, A., Kowalska, A. S., Szymańska, J., Paskudzka, K., & Soukal, I. (2024). Trends in the livestock and pork market in Poland with regard to the environmental impact of this production direction. *Economics and Environment*, 88(1), 625. doi: 10.34659/eis.2024.88.1.625
15. Stępień, S., & Polcyn, J. (2016). Pig Meat Market In Selected Eu Countries Under The conditions of Economic Integration: A Comparative analysis of Old and New Member States. *Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica*, 2(18), 172–178. doi: 10.29302/oeconomica.2016.18.2.14
16. Popescu, A. (2009). Evolution of World Pork Market. *Scientific Papers Series D, Vol. LII, Animal Science (Lucrari stiintifice, Seria D, Vol LI, Zootehnie)*, 263–269.
17. Galli, F., Friker, B., Bearth, A., & Dürr, S. (2022). Direct and indirect pathways for the spread of African swine fever and other porcine infectious diseases: an

application of the mental models approach. *Transboundary and emerging diseases*, 69(5), e2602–e2616. doi: 10.1111/tbed.14605

18. Cochran, H. J., Bosco-Lauth, A. M., Garry, F. B., Roman-Muniz, I. N., & Martin, J. N. (2023). African Swine Fever: A Review of Current Disease Management Strategies and Risks Associated with Exhibition Swine in the United States. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(23), 3713. doi: 10.3390/ani13233713

19. Makovska, I., Chantziaras, I., Caekebeke, N., Dhaka, P., & Dewulf, J. (2024). Assessment of Cleaning and Disinfection Practices on Pig Farms across Ten European Countries. *Animals: an open access journal from MDPI*, 14(4), 593. doi: 10.3390/ani14040593

20. Scollo, A., Perrucci, A., Stella, M. C., Ferrari, P., Robino, P., & Nebbia, P. (2023). Biosecurity and Hygiene Procedures in Pig Farms: Effects of a Tailor-Made Approach as Monitored by Environmental Samples. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(7), 1262. doi: 10.3390/ani13071262

21. Alarcón, L. V., Allepuz, A., & Mateu, E. (2021). Biosecurity in pig farms: a review. *Porcine health management*, 7(1), 5. doi: 10.1186/s40813-020-00181-z

22. Memarzadeh F. (2021). A Review of Recent Evidence for Utilizing Ultraviolet Irradiation Technology to Disinfect Both Indoor Air and Surfaces. *Applied biosafety: journal of the American Biological Safety Association*, 26(1), 52–56. doi: 10.1089/apb.20.0056

23. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicot, D. J., Calistri, P., Canali, E., Drewe, J. A., Garin-Bastuji, B., Gonzales Rojas, J. L., Herskin, M., Miranda Chueca, M. Á., Michel, V., Padalino, B., Pasquali, P., Roberts, H. C., Sihvonen, L. H., Spooler, H., Stahl, K., Velarde, A., Viltrop, A., ... Gortázar Schmidt, C. (2021). African swine fever and outdoor farming of pigs. EFSA journal. *European Food Safety Authority*, 19(6), e06639. doi: 10.2903/j.efsa.2021.6639

24. Levis, D. G., & Baker, R. B. (2011). *Biosecurity of pigs and farm security*: University of Nebraska–Lincoln Extension.

25. Jurado, C., Martínez-Avilés, M., De La Torre, A., Štukelj, M., de Carvalho Ferreira, H. C., Cerioli, M., Sánchez-Vizcaíno, J. M., & Bellini, S. (2018). Relevant Measures to Prevent the Spread of African Swine Fever in the European Union Domestic Pig Sector. *Frontiers in veterinary science*, 5, 77. doi: 10.3389/fvets.2018.00077

26. Msimang, V., Rostal, M. K., Cordel, C., Machalaba, C., Tempia, S., Bagge, W., Burt, F. J., Karesh, W. B., Paweska, J. T., & Thompson, P. N. (2022). Factors affecting the use of biosecurity measures for the protection of ruminant livestock and farm workers against infectious diseases in central South Africa. *Transboundary and emerging diseases*, 69(5), e1899–e1912. doi: 10.1111/tbed.14525

27. Liu, S., Tao, D., Liao, Y., Yang, Y., Sun, S., Zhao, Y., Yang, P., Tang, Y., Chen, B., Liu, Y., Xie, S., & Tang, Z. (2021). Highly Sensitive CRISPR/Cas12a-Based Fluorescence Detection of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus. *ACS synthetic biology*, 10(10), 2499–2507. doi: 10.1021/acssynbio.1c00103

28. Augustyniak, A., & Pomorska-Mól, M. (2023). An Update in Knowledge of Pigs as the Source of Zoonotic Pathogens. *Animals: an open access J. from MDPI*, 13(20), 3281. doi: 10.3390/ani13203281

29. Lunney, J. K., Benfield, D. A., & Rowland, R. R. (2010). Porcine reproductive and respiratory syndrome virus: an update on an emerging and re-emerging viral disease of swine. *Virus research*, 154(1-2), 1–6. doi: 10.1016/j.virusres.2010.10.009

30. Butler, J. E., Lager, K. M., Golde, W., Faaberg, K. S., Sinkora, M., Loving, C., & Zhang, Y. I. (2014). Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS): an immune dysregulatory pandemic. *Immunologic research*, 59(1–3), 81–108. doi: 10.1007/s12026-014-8549-5
31. Done, S. H., & Paton, D. J. (1995). Porcine reproductive and respiratory syndrome : clinical disease, pathology and immunosuppression. *The Veterinary record*, 136(2), 32–35. doi: 10.1136/vr.136.2.32
32. Cho, J. G., & Dee, S. A. (2006). Porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Theriogenology*, 66(3), 655–662. doi: 10.1016/j.theriogenology.2006.04.024
33. Sun, Q., Xu, H., An, T., Cai, X., Tian, Z., & Zhang, H. (2023). Recent Progress in Studies of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus 1 in China. *Viruses*, 15(7), 1528. doi: 10.3390/v15071528
34. Matthews, S. G., Miller, A. L., Clapp, J., Plötz, T., & Kyriazakis, I. (2016). Early detection of health and welfare compromises through automated detection of behavioural changes in pigs. *Veterinary journal (London, England: 1997)*, 217, 43–51. doi: 10.1016/j.tvjl.2016.09.005
35. Moennig, V., Floegel-Niesmann, G., & Greiser-Wilke, I. (2003). Clinical signs and epidemiology of classical swine fever: a review of new knowledge. *Veterinary journal (London, England: 1997)*, 165(1), 11–20. doi: 10.1016/s1090-0233(02)00112-0
36. Brockmeier S. L., Halbur P. G., Thacker E. L. (2002). Porcine Respiratory Disease Complex. In: Brogden KA, Guthmiller JM, editors. Polymicrobial Diseases. Washington (DC): ASM Press; Chapter 13. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2481/> (date of access: 5.09.2024).
37. Wagner, J., Kneucker, A., Liebler-Tenorio, E., Fachinger, V., Glaser, M., Pesch, S., Murtaugh, M. P., & Reinhold, P. (2011). Respiratory function and pulmonary lesions in pigs infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Veterinary journal (London, England: 1997)*, 187(3), 310–319. doi: 10.1016/j.tvjl.2009.12.022
38. Robbins, R. C., Almond, G., & Byers, E. (2014). Swine Diseases and Disorders. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 261–276. doi: 10.1016/B978-0-444-52512-3.00134-0
39. Saif L. J. (1999). Enteric viral infections of pigs and strategies for induction of mucosal immunity. *Advances in veterinary medicine*, 41, 429–446. doi: 10.1016/s0065-3519(99)80033-0
40. Liu, Q., & Wang, H. Y. (2021). Porcine enteric coronaviruses: an updated overview of the pathogenesis, prevalence, and diagnosis. *Veterinary research communications*, 45(2-3), 75–86. doi: 10.1007/s11259-021-09808-0
41. Njau, E. P., Machuka, E. M., Cleaveland, S., Shirima, G. M., Kusiluka, L. J., Okoth, E. A., & Pelle, R. (2021). African Swine Fever Virus (ASFV): Biology, Genomics and Genotypes Circulating in Sub-Saharan Africa. *Viruses*, 13(11), 2285. doi: 10.3390/v13112285
42. Caliendo, A. M., Gilbert, D. N., Ginocchio, C. C., Hanson, K. E., May, L., Quinn, T. C., Tenover, F. C., Alland, D., Blaschke, A. J., Bonomo, R. A., Carroll, K. C., Ferraro, M. J., Hirschhorn, L. R., Joseph, W. P., Karchmer, T., MacIntyre, A. T., Reller, L. B., Jackson, A. F., & Infectious Diseases Society of America (IDSA) (2013). Better tests, better care: improved diagnostics for infectious diseases. *Clinical infectious*

diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America, 57 Suppl. 3(Suppl. 3), S139–S170. doi: 10.1093/cid/cit578

43. Yamane N. (1998). [Blood culture: gold standard for definitive diagnosis of bacterial and fungal infections – from the laboratory aspect]. *The Japanese journal of clinical pathology*, 46(9), 887–892.
44. Tjandra, K. C., Ram-Mohan, N., Abe, R., Hashemi, M. M., Lee, J. H., Chin, S. M., Roshardt, M. A., Liao, J. C., Wong, P. K., & Yang, S. (2022). Diagnosis of Bloodstream Infections: An Evolution of Technologies towards Accurate and Rapid Identification and Antibiotic Susceptibility Testing. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 11(4), 511. doi: 10.3390/antibiotics11040511
45. Yang, S., & Rothman, R. E. (2004). PCR-based diagnostics for infectious diseases: uses, limitations, and future applications in acute-care settings. *The Lancet. Infectious diseases*, 4(6), 337–348. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(04\)01044-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(04)01044-8).
46. Bursle, E., & Robson, J. (2016). Non-culture methods for detecting infection. *Australian prescriber*, 39(5), 171–175. doi: 10.18773/austprescr.2016.059
47. Yu, X., Zhu, X., Chen, X., Li, D., Xu, Q., Yao, L., Sun, Q., Ghonaim, A. H., Ku, X., Fan, S., Yang, H., & He, Q. (2021). Establishment of a Blocking ELISA Detection Method for Against African Swine Fever Virus p30 Antibody. *Frontiers in Veterinary Sci.*, 8, 781373. doi: 10.3389/fvets.2021.781373
48. Zhou, L., Song, J., Wang, M., Sun, Z., Sun, J., Tian, P., Zhuang, G., Zhang, A., Wu, Y., & Zhang, G. (2023). Establishment of a Dual-Antigen Indirect ELISA Based on p30 and pB602L to Detect Antibodies against African Swine Fever Virus. *Viruses*, 15(9), 1845. doi: 10.3390/v15091845
49. Gao, Z., Shao, J. J., Zhang, G. L., Ge, S. D., Chang, Y. Y., Xiao, L., & Chang, H. Y. (2021). Development of an indirect ELISA to specifically detect antibodies against African swine fever virus: bioinformatics approaches. *Virology Journal*, 18(1), 97. doi: 10.1186/s12985-021-01568-2
50. Gerber, P. F., Lelli, D., Zhang, J., Strandbygaard, B., Moreno, A., Lavazza, A., Perulli, S., Bøtner, A., Comtet, L., Roche, M., Pourquier, P., Wang, C., & Opriessnig, T. (2016). Diagnostic evaluation of assays for detection of antibodies against porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) in pigs exposed to different PEDV strains. *Preventive veterinary medicine*, 135, 87–94. doi: 10.1016/j.prevetmed.2016.11.005
51. Hussaini, H. M., Seo, B., & Rich, A. M. (2023). Immunohistochemistry and Immunofluorescence. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 2588, 439–450. doi: 10.1007/978-1-0716-2780-8_26
52. Im, K., Mareninov, S., Diaz, M. F. P., & Yong, W. H. (2019). An Introduction to Performing Immunofluorescence Staining. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 1897, 299–311. doi: 10.1007/978-1-4939-8935-5_26
53. Zhou, F., Sun, H., & Wang, Y. (2014). Porcine bocavirus: achievements in the past five years. *Viruses*, 6(12), 4946–4960. doi: 10.3390/v6124946
54. Vijayakumar, T., Divya, B., Vasanthi, V., Narayan, M., Kumar, A. R., & Krishnan, R. (2023). Diagnostic Utility of Gram Stain for Oral Smears – A Review. *J. of Microscopy and Ultrastructure*, 11(3), 130–134. doi: 10.4103/jmau.jmau_108_22
55. Zurac, S., Mogodici, C., Poncu, T., Trăscău, M., Popp, C., Nichita, L., Cioplea, M., Ceachi, B., Sticlaru, L., Cioroianu, A., Busca, M., Stefan, O., Tudor, I., Voicu, A., Stanescu, D., Mustatea, P., Dumitru, C., & Bastian, A. (2022). A New

Artificial Intelligence-Based Method for Identifying Mycobacterium Tuberculosis in Ziehl-Neelsen Stain on Tissue. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 12(6), 1484. doi: 10.3390/diagnostics12061484

56. Dittmar, M., Hoelzle, L. E., Hoelzle, K., Sydler, T., Corboz, L., Miserez, R., & Wittenbrink, M. M. (2003). Diagnosis of porcine proliferative enteropathy: detection of *Lawsonia intracellularis* by pathological examinations, polymerase chain reaction and cell culture inoculation. *Journal of veterinary medicine. B, Infectious diseases and veterinary public health*, 50(7), 332–338. doi: 10.1046/j.1439-0450.2003.00691.x

57. Schwartz W. L. (1982). Laboratory diagnosis of swine diseases. *The Veterinary clinics of North America. Large animal practice*, 4(2), 201–223. doi: 10.1016/s0196-9846(17)30103-9

58. Rodríguez-Bertos, A., Cadenas-Fernández, E., Rebollada-Merino, A., Porras-González, N., Mayoral-Alegre, F. J., Barreno, L., Kosowska, A., Tomé-Sánchez, I., Barasona, J. A., & Sánchez-Vizcaíno, J. M. (2020). Clinical Course and Gross Pathological Findings in Wild Boar Infected with a Highly Virulent Strain of African Swine Fever Virus Genotype II. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 9(9), 688. doi: 10.3390/pathogens9090688

59. Stringer, O. W., Li, Y., Bossé, J. T., & Langford, P. R. (2022). JMM Profile: *Actinobacillus pleuropneumoniae*: a major cause of lung disease in pigs but difficult to control and eradicate. *J. of Medical Microbiology*, 71(3), 001483. doi: 10.1099/jmm.0.001483

60. Malik, Y. S., Bhat, S., Kumar, O. R. V., Yadav, A. K., Sircar, S., Ansari, M. I., Sarma, D. K., Rajkhowa, T. K., Ghosh, S., & Dhama, K. (2020). Classical Swine Fever Virus Biology, Clinicopathology, Diagnosis, Vaccines and a Meta-Analysis of Prevalence: A Review from the Indian Perspective. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 9(6), 500. doi: 10.3390/pathogens9060500

61. Izzati, U. Z., Hoa, N. T., Lan, N. T., Diep, N. V., Fuke, N., Hirai, T., & Yamaguchi, R. (2021). Pathology of the outbreak of subgenotype 2.5 classical swine fever virus in northern Vietnam. *Veterinary medicine and science*, 7(1), 164–174. doi: 10.1002/vms3.339

62. Gupta, E., Bhalla, P., Khurana, N., & Singh, T. (2009). Histopathology for the diagnosis of infectious diseases. *Indian J. of Medical Microbiology*, 27(2), 100–106. doi: 10.4103/0255-0857.49423

63. Sabino, R., & Wiederhold, N. (2022). Diagnosis from Tissue: Histology and Identification. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, 8(5), 505. doi: 10.3390/jof8050505

64. Mackay I. M. (2004). Real-time PCR in the microbiology laboratory. *Clinical microbiology and infection: the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 10(3), 190–212. doi: 10.1111/j.1198-743x.2004.00722.x

65. Goto, Y., Fukunari, K., Tada, S., Ichimura, S., Chiba, Y., & Suzuki, T. (2023). A multiplex real-time RT-PCR system to simultaneously diagnose 16 pathogens associated with swine respiratory disease. *J. of Applied Microbiology*, 134(11), 1xad263. doi: 10.1093/jambio/1xad263

66. Dias, N. L., Fonseca Júnior, A. A., Oliveira, A. M., Sales, E. B., Alves, B. R., Dorella, F. A., & Camargos, M. F. (2014). Validation of a real time PCR

for classical Swine Fever diagnosis. *Veterinary Medicine International*, 2014, 171235. doi: 10.1155/2014/171235

67. Fornyo, K., Szabó, I., Lebhardt, K., & Bálint, Á. (2022). Development of a farm-specific real-time quantitative RT-PCR assay for the detection and discrimination of wild-type porcine reproductive respiratory syndrome virus and the vaccine strain in a farm under eradication. *Acta Veterinaria Hungarica*, Sep. 1. doi: 10.1556/004.2022.00020

68. Shin, G. E., Park, J. Y., Lee, K. K., Ko, M. K., Ku, B. K., Park, C. K., & Jeoung, H. Y. (2022). Genetic diversity of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and evaluation of three one-step real-time RT-PCR assays in Korea. *BMC veterinary research*, 18(1), 327. doi: 10.1186/s12917-022-03407-0

69. Zheng, L. L., Chai, L. Y., Tian, R. B., Zhao, Y., Chen, H. Y., & Wang, Z. Y. (2020). Simultaneous detection of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and porcine circovirus 3 by SYBR Green I-based duplex real-time PCR. *Molecular and Cellular Probes*, 49, 101474. doi: 10.1016/j.mcp.2019.101474

70. Tu, T., Pang, M., Jiang, D., Zhou, Y., Wu, X., Yao, X., Luo, Y., Yang, Z., Ren, M., Lu, A., Zhang, G., Yu, Y., & Wang, Y. (2023). Development of a Real-Time TaqMan RT-PCR Assay for the Detection of NADC34-like Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus. *Vet. Sci.*, 10(4), 279. doi: 10.3390/vetsci10040279

71. Steiger, Y., Ackermann, M., Mettraux, C., & Kihm, U. (1992). Rapid and biologically safe diagnosis of African swine fever virus infection by using polymerase chain reaction. *J. of Clinical Microbiology*, 30(1), 1–8. doi: 10.1128/jcm.30.1.1-8.1992

72. Chae, H., Roh, H. S., Jo, Y. M., Kim, W. G., Chae, J. B., Shin, S. U., & Kang, J. W. (2023). Development of a one-step reverse transcription-quantitative polymerase chain reaction assay for the detection of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *PloS one*, 18(10), e0293042. doi: 10.1371/journal.pone.0293042

73. Elnifro, E. M., Ashshi, A. M., Cooper, R. J., & Klapper, P. E. (2000). Multiplex PCR: optimization and application in diagnostic virology. *Clinical microbiology reviews*, 13(4), 559–570. doi: 10.1128/CMR.13.4.559

74. Ogawa, H., Taira, O., Hirai, T., Takeuchi, H., Nagao, A., Ishikawa, Y., Tuchiya, K., Nunoya, T., & Ueda, S. (2009). Multiplex PCR and multiplex RT-PCR for inclusive detection of major swine DNA and RNA viruses in pigs with multiple infections. *J. of Virological Methods*, 160(1–2), 210–214. doi: 10.1016/j.jviromet.2009.05.010

75. Fourour, S., Fablet, C., Tocqueville, V., Dorenlor, V., Eono, F., Eveno, E., Kempf, I., & Marois-Créhan, C. (2018). A new multiplex real-time TaqMan® PCR for quantification of *Mycoplasma hyopneumoniae*, *M. hyorhinis* and *M. flocculare*: exploratory epidemiological investigations to research mycoplasmal association in enzootic pneumonia-like lesions in slaughtered pigs. *J. of Applied Microbiology*, 125(2), 345–355. doi: 10.1111/jam.13770

76. Qin, D. (2019). Next-generation sequencing and its clinical application. *Cancer Biology & Medicine*, 16(1), 4–10. doi: 10.20892/j.issn.2095-3941.2018.0055

77. Satam, H., Joshi, K., Mangrolia, U., Waghoo, S., Zaidi, G., Rawool, S., Thakare, R. P., Banday, S., Mishra, A. K., Das, G., & Malonia, S. K. (2023). Next-Generation Sequencing Technology: Current Trends and Advancements. *Biology*, 12(7), 997. doi: 10.3390/biology12070997

78. Forth, J. H., Calvelage, S., Fischer, M., Hellert, J., Sehl-Ewert, J., Roszyk, H., Deutschmann, P., Reichold, A., Lange, M., Thulke, H. H., Sauter-Louis, C., Höper, D., Mandyhra, S., Sapachova, M., Beer, M., & Blome, S. (2023). African swine fever virus – variants on the rise. *Emerging microbes & infections*, 12(1), 2146537. doi: 10.1080/22221751.2022.2146537
79. Neyton, L. P. A., Langelier, C. R., & Calfee, C. S. (2023). Metagenomic Sequencing in the ICU for Precision Diagnosis of Critical Infectious Illnesses. *Critical care (London, England)*, 27(1), 90. doi: 10.1186/s13054-023-04365-1
80. Temmam, S., Davoust, B., Berenger, J. M., Raoult, D., & Desnues, C. (2014). Viral metagenomics on animals as a tool for the detection of zoonoses prior to human infection? *Intern. J. of Molecular Sci.*, 15(6), 10377–10397. doi: 10.3390/ijms150610377
81. Ramesh, A., Bailey, E. S., Ah Yong, V., Langelier, C., Phelps, M., Neff, N., Sit, R., Tato, C., DeRisi, J. L., Greer, A. G., & Gray, G. C. (2021). Metagenomic characterization of swine slurry in a North American swine farm operation. *Scientific Reports*, 11(1), 16994. doi: 10.1038/s41598-021-95804-y
82. Hansen, S., & Abd El Wahed, A. (2020). Point-Of-Care or Point-Of-Need Diagnostic Tests: Time to Change Outbreak Investigation and Pathogen Detection. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 5(4), 151. doi: 10.3390/tropicalmed5040151
83. Wang, C., Liu, M., Wang, Z., Li, S., Deng, Y., & He, N. (2021). Point-of-care diagnostics for infectious diseases: from methods to devices. *Nano today*, 37, 101092. doi: 10.1016/j.nantod.2021.101092
84. Alseedi, M. M., Syed, H., Onbasli, M. C., Yetisen, A. K., & Tasoglu, S. (2021). Design and Adoption of Low-Cost Point-of-Care Diagnostic Devices: Syrian Case. *Micromachines*, 12(8), 882. doi: 10.3390/mi12080882
85. Bienek, D. R., & Charlton, D. G. (2012). The effect of simulated field storage conditions on the accuracy of rapid user-friendly blood pathogen detection kits. *Military Med.*, 177(5), 583–588. doi: 10.7205/milmed-d-11-00420
86. Nafea, A. M., Wang, Y., Wang, D., Salama, A. M., Aziz, M. A., Xu, S., & Tong, Y. (2024). Application of next-generation sequencing to identify different pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1329330. doi: 10.3389/fmicb.2023.1329330
87. Chu, H., Liu, C., Liu, J., Yang, J., Li, Y., & Zhang, X. (2021). Recent advances and challenges of biosensing in point-of-care molecular diagnosis. *Sensors and actuators. B, Chemical*, 348, 130708. doi: 10.1016/j.snb.2021.130708
88. Liu, M., & Wen, Y. (2024). Point-of-care testing for early-stage liver cancer diagnosis and personalized medicine: Biomarkers, current technologies and perspectives. *Heliyon*, 10(19), e38444. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e38444
89. Domrazek, K., & Jurka, P. (2024). Application of Next-Generation Sequencing (NGS) Techniques for Selected Companion Animals. *Animals : an open access j. from MDPI*, 14(11), 1578. doi: 10.3390/ani14111578
90. Van Borm, S., Belák, S., Freimanis, G., Fusaro, A., Granberg, F., Höper, D., King, D. P., Monne, I., Orton, R., & Rosseel, T. (2015). Next-generation sequencing in veterinary medicine: how can the massive amount of information arising from high-throughput technologies improve diagnosis, control, and management of infectious diseases? *Methods in molecular biology (Clifton, N. J.)*, 1247, 415–436. doi: 10.1007/978-1-4939-2004-4_30
91. Rajkhowa, S., Sonowal, J., Pegu, S. R., Sanger, G. S., Deb, R., Das, P. J., Doley, J., Paul, S., & Gupta, V. K. (2024). Natural co-infection of pigs with African swine

fever virus and porcine reproductive and respiratory syndrome virus in India. *Brazilian J. of Microbiology: [publication of the Brazilian Society for Microbiology]*, 55(1), 1017–1022. doi: 10.1007/s42770-023-01203-y

92. Kamboj, A., Dumka, S., Saxena, M. K., Singh, Y., Kaur, B. P., da Silva, S. J. R., & Kumar, S. (2024). A Comprehensive Review of Our Understanding and Challenges of Viral Vaccines against Swine Pathogens. *Viruses*, 16(6), 833. doi: 10.3390/v16060833

93. Elnagar, A., Blome, S., Beer, M., & Hoffmann, B. (2022). Point-of-Care Testing for Sensitive Detection of the African Swine Fever Virus Genome. *Viruses*, 14(12), 2827. doi: 10.3390/v14122827

94. Li, Z., Chen, W., Qiu, Z., Li, Y., Fan, J., Wu, K., Li, X., Zhao, M., Ding, H., Fan, S., & Chen, J. (2022). African Swine Fever Virus: A Review. *Life (Basel, Switzerland)*, 12(8), 1255. doi: 10.3390/life12081255

95. Done, S. H., Paton, D. J., & White, M. E. (1996). Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS): a review, with emphasis on pathological, virological and diagnostic aspects. *The British Vet. J.*, 152(2), 153–174. doi: 10.1016/s0007-1935(96)80071-6

96. Pan, J., Zeng, M., Zhao, M., & Huang, L. (2023). Research Progress on the detection methods of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1097905. doi: 10.3389/fmicb.2023.1097905

97. Fu, X., Wang, Q., Ma, B., Zhang, B., Sun, K., Yu, X., Ye, Z., & Zhang, M. (2023). Advances in Detection Techniques for the H5N1 Avian Influenza Virus. *International J. of Molecular Sci.*, 24(24), 17157. doi: 10.3390/ijms242417157

98. Stringer, O. W., Li, Y., Bossé, J. T., Forrest, M. S., Hernandez-Garcia, J., Tucker, A. W., Nunes, T., Costa, F., Mortensen, P., Velazquez, E., Penny, P., Rodriguez-Manzano, J., Georgiou, P., & Langford, P. R. (2022). Rapid Detection of *Actinobacillus pleuropneumoniae* From Clinical Samples Using Recombinase Polymerase Amplification. *Frontiers in Vet. Sci.*, 9, 805382. doi: 10.3389/fvets.2022.805382

99. Cuccato, M., Divari, S., Ciaramita, S., Sereno, A., Campelli, D., Biolatti, P. G., Biolatti, B., Meliota, F., Bollo, E., & Cannizzo, F. T. (2024). *Actinobacillus pleuropneumoniae* Serotypes by Multiplex PCR Identification and Evaluation of Lung Lesions in Pigs from Piedmont (Italy) Farms. *Animals: an open access j. from MDPI*, 14(15), 2255. doi: 10.3390/ani14152255

100. Caron, J., Ouardani, M., & Dea, S. (2000). Diagnosis and differentiation of *Mycoplasma hyopneumoniae* and *Mycoplasma hyorhinis* infections in pigs by PCR amplification of the p36 and p46 genes. *J. of Clinical Microbiology*, 38(4), 1390–1396. doi: 10.1128/JCM.38.4.1390-1396.2000

101. Sibila, M., Pieters, M., Molitor, T., Maes, D., Haesebrouck, F., & Segalés, J. (2009). Current perspectives on the diagnosis and epidemiology of *Mycoplasma hyopneumoniae* infection. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 181(3), 221–231. doi: 10.1016/j.tvjl.2008.02.020

102. Farzan, A., Friendship, R. M., & Dewey, C. E. (2007). Evaluation of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) tests and culture for determining *Salmonella* status of a pig herd. *Epidemiology and infection*, 135(2), 238–244. doi: 10.1017/S0950268806006868

103. Soliani, L., Rugna, G., Prosperi, A., Chiapponi, C., & Luppi, A. (2023). *Salmonella* Infection in Pigs: Disease, Prevalence, and a Link between Swine and Human Health. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 12(10), 1267. doi: 10.3390/pathogens12101267
104. Kochanowski, M., Karamon, J., Dąbrowska, J., Dors, A., Czyżewska-Dors, E., & Cencek, T. (2017). Occurrence of Intestinal Parasites in Pigs in Poland - the Influence of Factors Related to the Production System. *J of Vet. Research*, 61(4), 459–466. doi: 10.1515/jvetres-2017-0053
105. Tassis, P., Symeonidou, I., Gelasakis, A. I., Kargaridis, M., Aretis, G., Arsenopoulos, K. V., Tzika, E., & Papadopoulos, E. (2022). Serological Assessment of *Ascaris suum* Exposure in Greek Pig Farms and Associated Risk Factors Including *Lawsonia intracellularis*. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 11(9), 959. doi: 10.3390/pathogens11090959
106. Băieș, M. H., Boros, Z., Gherman, C. M., Spînu, M., Mathe, A., Pataky, S., Lefkaditis, M., & Cozma, V. (2022). Prevalence of Swine Gastrointestinal Parasites in Two Free-Range Farms from Nord-West Region of Romania. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 11(9), 954. doi: 10.3390/pathogens11090954
107. Joachim, A., Winkler, C., Ruczizka, U., Ladinig, A., Koch, M., Tichy, A., & Schwarz, L. (2021). Comparison of different detection methods for *Ascaris suum* infection on Austrian swine farms. *Porcine health management*, 7(1), 57. doi: 10.1186/s40813-021-00236-9
108. Hawash, M. B., Betson, M., Al-Jubury, A., Ketzis, J., LeeWillingham, A., Bertelsen, M. F., Cooper, P. J., Littlewood, D. T., Zhu, X. Q., & Nejsun, P. (2016). Whipworms in humans and pigs: origins and demography. *Parasites & Vectors*, 9, 37. doi: 10.1186/s13071-016-1325-8
109. Bünger, M., Renzhammer, R., Joachim, A., Hinney, B., Brunthaler, R., Al Hossan, M., Matt, J., Nedorost, N., Weissenbacher-Lang, C., & Schwarz, L. (2022). Trichurosis on a Conventional Swine Fattening Farm with Extensive Husbandry-A Case Report. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 11(7), 775. doi: 10.3390/pathogens11070775
110. Manyi-Loh, C., Mamphweli, S., Meyer, E., & Okoh, A. (2018). Antibiotic Use in Agriculture and Its Consequential Resistance in Environmental Sources: Potential Public Health Implications. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(4), 795. doi: 10.3390/molecules23040795
111. Caneschi, A., Bardhi, A., Barbarossa, A., & Zaghini, A. (2023). The Use of Antibiotics and Antimicrobial Resistance in Veterinary Medicine, a Complex Phenomenon: A Narrative Review. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 12(3), 487. doi: 10.3390/antibiotics12030487
112. Kaprou, G. D., Bergšpica, I., Alexa, E. A., Alvarez-Ordóñez, A., & Prieto, M. (2021). Rapid Methods for Antimicrobial Resistance Diagnostics. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 10(2), 209. doi: 10.3390/antibiotics10020209
113. Wang, H., Jia, C., Li, H., Yin, R., Chen, J., Li, Y., & Yue, M. (2022). Paving the way for precise diagnostics of antimicrobial resistant bacteria. *Frontiers in molecular biosciences*, 9, 976705. doi: 10.3389/fmolb.2022.976705
114. Poeta Silva, A. P. S., Magtoto, R. L., Souza Almeida, H. M., McDaniel, A., Magtoto, P. D., Derscheid, R. J., Merodio, M. M., Matias Ferreyra, F. S., Gatto, I. R. H., Baum, D. H., Clavijo, M. J., Arruda, B. L., Zimmerman, J. J., & Giménez-Lirola, L. G. (2020). Performance of Commercial *Mycoplasma hyopneumoniae* Serum Enzyme-Linked Immunosorbent Assays under Experimental and Field Conditions. *J. of Clinical Microbiology*, 58(12), e00485-20. doi: 10.1128/JCM.00485-20

115. Deeks, J. J., Dinnes, J., Takwoingi, Y., Davenport, C., Spijker, R., Taylor-Phillips, S., Adriano, A., Beese, S., Dretzke, J., Ferrante di Ruffano, L., Harris, I. M., Price, M. J., Dittich, S., Emperador, D., Hooft, L., Leeftang, M. M., Van den Bruel, A., & Cochrane COVID-19 Diagnostic Test Accuracy Group (2020). Antibody tests for identification of current and past infection with SARS-CoV-2. *The Cochrane database of systematic reviews*, 6(6), CD013652. doi: 10.1002/14651858.CD013652
116. Huang, H. S., Tsai, C. L., Chang, J., Hsu, T. C., Lin, S., & Lee, C. C. (2018). Multiplex PCR system for the rapid diagnosis of respiratory virus infection: systematic review and meta-analysis. *Clinical microbiology and infection: the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 24(10), 1055–1063. doi: 10.1016/j.cmi.2017.11.018
117. Hobbs, E. C., Colling, A., Gurung, R. B., & Allen, J. (2021). The potential of diagnostic point-of-care tests (POCTs) for infectious and zoonotic animal diseases in developing countries: Technical, regulatory and sociocultural considerations. *Transboundary and Emerging Diseases*, 68(4), 1835–1849. doi: 10.1111/tbed.13880
118. Kimani, F. W., Mwangi, S. M., Kwasia, B. J., Kusow, A. M., Ngugi, B. K., Chen, J., Liu, X., Cademartiri, R., & Thuo, M. M. (2017). Rethinking the Design of Low-Cost Point-of-Care Diagnostic Devices. *Micromachines*, 8(11), 317. doi: 10.3390/mi8110317
119. López, W. A., Zimmerman, J. J., Gauger, P. C., Harmon, K. M., Bradner, L., Zhang, M., Giménez-Lirola, L., Ramirez, A., Cano, J. P., & Linhares, D. C. L. (2020). Practical aspects of PRRSV RNA detection in processing fluids collected in commercial swine farms. *Preventive Vet. Medicine*, 180, 105021. doi: 10.1016/j.prevetmed.2020.105021
120. Trevisan, G., Jablonski, E., Angulo, J., Lopez, W. A., & Linhares, D. C. L. (2019). Use of processing fluid samples for longitudinal monitoring of PRRS virus in herds undergoing virus elimination. *Porcine Health Management*, 5, 18. doi: 10.1186/s40813-019-0125-x
121. Vilalta, C., Sanhueza, J., Alvarez, J., Murray, D., Torremorell, M., Corzo, C., & Morrison, R. (2018). Use of processing fluids and serum samples to characterize porcine reproductive and respiratory syndrome virus dynamics in 3 day-old pigs. *Veterinary microbiology*, 225, 149–156. doi: 10.1016/j.vetmic.2018.09.006
122. Robert, E., Goonewardene, K., El Kanoa, I., Hochman, O., Nfon, C., & Ambagala, A. (2024). Oral Fluids for the Early Detection of Classical Swine Fever in Commercial Level Pig Pens. *Viruses*, 16(3), 318. doi: 10.3390/v16030318
123. Hernandez-Garcia, J., Robben, N., Magnée, D., Eley, T., Dennis, I., Kayes, S. M., Thomson, J. R., & Tucker, A. W. (2017). The use of oral fluids to monitor key pathogens in porcine respiratory disease complex. *Porcine Health Management*, 3, 7. doi: 10.1186/s40813-017-0055-4
124. Callens, M., & De Clercq, K. (1999). Highly sensitive detection of swine vesicular disease virus based on a single tube RT-PCR system and DIG-ELISA detection. *J. of Virological Methods*, 77(1), 87–99. doi: 10.1016/s0166-0934(98)00140-2
125. Henao-Diaz, A., Giménez-Lirola, L., Baum, D. H., & Zimmerman, J. (2020). Guidelines for oral fluid-based surveillance of viral pathogens in swine. *Porcine Health Management*, 6, 28. doi: 10.1186/s40813-020-00168-w
126. Chen, W., Wang, W., Wang, X., Li, Z., Wu, K., Li, X., Li, Y., Yi, L., Zhao, M., Ding, H., Fan, S., & Chen, J. (2022). Advances in the differential molecular diagnosis

of vesicular disease pathogens in swine. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1019876. doi: 10.3389/fmicb.2022.1019876

127. Roberts, N. E., & Almond, G. W. (2003). Infection of growing swine with porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Mycoplasma hyopneumoniae* – effects on growth, serum metabolites, and insulin-like growth factor-I. *The Canadian Veterinary J. = La Revue Veterinaire Canadienne*, 44(1), 31–37.

128. Kirkden, R. D., Broom, D. M., & Andersen, I. L. (2013). Invited review: piglet mortality: management solutions. *J. of Animal Sci.*, 91(7), 3361–3389. doi: 10.2527/jas.2012-5637

129. Erez, M. S., Doğan, İ., Kozan, E., & Göksu, A. (2023). A Survey of Knowledge, Approaches, and Practices Surrounding Parasitic Infections and Antiparasitic Drug Usage by Veterinarians in Türkiye. *Animals: an open access j. from MDPI*, 13(17), 2693. doi: 10.3390/ani13172693

130. Turlewicz-Podbielska, H., Włodarek, J., & Pomorska-Mól, M. (2020). Noninvasive strategies for surveillance of swine viral diseases: a review. *J. of Vet. Diagnostic Investigation: official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc*, 32(4), 503–512. doi: 10.1177/1040638720936616

131. Jia, Y., Sun, W., Su, G., Hua, J., & He, Z. (2022). The Threshold Effect of Swine Epidemics on the Pig Supply in China. *Animals: an open access j. from MDPI*, 12(19), 2595. doi: 10.3390/ani12192595

132. Chambers, M. A., Graham, S. P., & La Ragione, R. M. (2016). Challenges in Veterinary Vaccine Development and Immunization. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*, 1404, 3–35. doi: 10.1007/978-1-4939-3389-1_1

133. Koketsu, Y., Tani, S., & Iida, R. (2017). Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. *Porcine Health Management*, 3, 1. doi: 10.1186/s40813-016-0049-7

134. Hayama, Y., Sawai, K., Yoshinori, M., Yamaguchi, E., Shimizu, Y., & Yamamoto, T. (2022). Pig farm vaccination against classical swine fever reduces the risk of transmission from wild boar. *Preventive Vet. Medicine*, 198, 105554. doi: 10.1016/j.prevetmed.2021.105554

135. Papatsiros, V. G., Papakonstantinou, G. I., Meletis, E., Koutoulis, K., Athanasakopoulou, Z., Maragkakis, G., Labronikou, G., Terzidis, I., Kostoulas, P., & Billinis, C. (2023). Seroprevalence of Swine Influenza A Virus (swIAV) Infections in Commercial Farrow-to-Finish Pig Farms in Greece. *Veterinary Sci.*, 10(10), 599. doi: 10.3390/vetsci10100599

136. Dhaka, P., Chantziaras, I., Vijay, D., Bedi, J. S., Makovska, I., Biebaud, E., & Dewulf, J. (2023). Can Improved Farm Biosecurity Reduce the Need for Antimicrobials in Food Animals? A Scoping Review. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 12(5), 893. doi: 10.3390/antibiotics12050893

137. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicout, D. J., Calistri, P., Canali, E., Drewe, J. A., Garin-Bastuji, B., Gonzales Rojas, J. L., Gortázar Schmidt, C., Herskin, M., Michel, V., Miranda Chueca, M. Á., Padalino, B., Pasquali, P., Sihvonon, L. H., Spooler, H., Ståhl, K., Velarde, A., Viltrop, A., ... Roberts, H. C. (2021). Assessment of the control measures of the category A diseases of Animal Health Law: Classical Swine Fever. *EFSA J. European Food Safety Authority*, 19(7), e06707. doi: 10.2903/j.efsa.2021.6707

138. Gröndal, H., Tuominen, K., & Sternberg Lewerin, S. (2023). Perspectives of on-farm biosecurity and disease prevention among selected pig veterinarians and pig farmers in Sweden. *Vet. Record Open*, 10(2), e68. doi: 10.1002/vro2.68
139. Bortolozzo, F. P., Zanin, G. P., Ulguim, R. D. R., & Mellagi, A. P. G. (2023). Managing Reproduction in Hyperprolific Sow Herds. *Animals: an open access j. from MDPI*, 13(11), 1842. doi: 10.3390/ani13111842
140. Youssef, D. M., Wieland, B., Knight, G. M., Lines, J., & Naylor, N. R. (2021). The effectiveness of biosecurity interventions in reducing the transmission of bacteria from livestock to humans at the farm level: A systematic literature review. *Zoonoses and Public Health*, 68(6), 549–562. doi: 10.1111/zph.12807
141. Libera, K., Konieczny, K., Grabska, J., Szopka, W., Augustyniak, A., & Pomorska-Mól, M. (2022). Selected Livestock-Associated Zoonoses as a Growing Challenge for Public Health. *Infectious Disease Reports*, 14(1), 63–81. doi: 10.3390/idr14010008
142. Benjamin, M., & Yik, S. (2019). Precision Livestock Farming in Swine Welfare: A Review for Swine Practitioners. *Animals: an open access j. from MDPI*, 9(4), 133. doi: 10.3390/ani9040133
143. Xie, Y., Li, H., Chen, F., Udayakumar, S., Arora, K., Chen, H., Lan, Y., Hu, Q., Zhou, X., Guo, X., Xiu, L., & Yin, K. (2022). Clustered Regularly Interspaced short palindromic repeats-Based Microfluidic System in Infectious Diseases Diagnosis: Current Status, Challenges, and Perspectives. *Advanced science (Weinheim, Baden-Wurttemberg, Germany)*, 9(34), e2204172. doi: 10.1002/advs.202204172
144. Kostyusheva, A., Brezgin, S., Babin, Y., Vasilyeva, I., Glebe, D., Kostyushev, D., & Chulanov, V. (2022). CRISPR-Cas systems for diagnosing infectious diseases. *Methods (San Diego, Calif.)*, 203, 431–446. doi: 10.1016/j.ymeth.2021.04.007
145. Zhang, D., Jiang, S., Xia, N., Zhang, Y., Zhang, J., Liu, A., Zhang, C., Chen, N., Meurens, F., Zheng, W., & Zhu, J. (2023). Rapid Visual Detection of African Swine Fever Virus with a CRISPR/Cas12a Lateral Flow Strip Based on Structural Protein Gene D117L. *Animals: an open access j. from MDPI*, 13(23), 3712. doi: 10.3390/ani13233712
146. Zheng, Z., Xu, L., Gao, Y., Dou, H., Zhou, Y., Feng, X., He, X., Tian, Z., Song, L., Mo, G., Hu, J., Zhao, H., Wei, H., Church, G. M., & Yang, L. (2024). Testing multiplexed anti-ASFV CRISPR-Cas9 in reducing African swine fever virus. *Microbiology Spectrum*, 12(7), e0216423. doi: 10.1128/spectrum.02164-23
147. Chang, Y., Deng, Y., Li, T., Wang, J., Wang, T., Tan, F., Li, X., & Tian, K. (2020). Visual detection of porcine reproductive and respiratory syndrome virus using CRISPR-Cas13a. *Transboundary and Emerging Diseases*, 67(2), 564–571. doi: 10.1111/tbed.13368
148. Liu, Y., Zhang, X., Qi, W., Yang, Y., Liu, Z., An, T., Wu, X., & Chen, J. (2021). Prevention and Control Strategies of African Swine Fever and Progress on Pig Farm Repopulation in China. *Viruses*, 13(12), 2552. doi: 10.3390/v13122552
149. Huang, T., Zhang, R., & Li, J. (2023). CRISPR-Cas-based techniques for pathogen detection: Retrospect, recent advances, and future perspectives. *J. of Advanced Research*, 50, 69–82. doi: 10.1016/j.jare.2022.10.011
150. Kumar, Y., Koul, A., Singla, R., & Ijaz, M. F. (2023). Artificial intelligence in disease diagnosis: a systematic literature review, synthesizing framework

and future research agenda. *J. of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(7), 8459–8486. doi: 10.1007/s12652-021-03612-z

151. Akinsulie, O. C., Idris, I., Aliyu, V. A., Shahzad, S., Banwo, O. G., Ogunleye, S. C., Olorunshola, M., Okedoyin, D. O., Ugwu, C., Oladapo, I. P., Gbadegoye, J. O., Akande, Q. A., Babawale, P., Rostami, S., & Soetan, K. O. (2024). The potential application of artificial intelligence in veterinary clinical practice and biomedical research. *Frontiers in Vet. Sci.*, 11, 1347550. doi: 10.3389/fvets.2024.1347550

152. Lepakshi V. A. (2022). Machine Learning and Deep Learning based AI Tools for Development of Diagnostic Tools. *Computational Approaches for Novel Therapeutic and Diagnostic Designing to Mitigate SARS-CoV-2 Infection*, 399–420. doi: 10.1016/B978-0-323-91172-6.00011-X

153. Shafi, S., & Parwani, A. V. (2023). Artificial intelligence in diagnostic pathology. *Diagnostic Pathology*, 18(1), 109. doi: 10.1186/s13000-023-01375-z

154. Detmer, S., Gramer, M., Goyal, S., Torremorell, M., & Torrison, J. (2013). Diagnostics and surveillance for Swine influenza. *Current Topics in Microbiology and Immunology*, 370, 85–112. doi: 10.1007/82_2012_220

155. Teles, F., & Fonseca, L. (2015). Nucleic-acid testing, new platforms and nanotechnology for point-of-decision diagnosis of animal pathogens. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N. J.)*, 1247, 253–283. doi: 10.1007/978-1-4939-2004-4_20

156. Fackler, J. L., & McGuire, A. L. (2009). Paving the Way to Personalized Genomic Medicine: Steps to Successful Implementation. *Current Pharmacogenomics and Personalized Med.*, 7(2), 125. doi: 10.2174/187569209788653998

157. Zhao, S., Zhu, M., & Chen, H. (2012). Immunogenomics for identification of disease resistance genes in pigs: a review focusing on Gram-negative bacilli. *J. of Animal Sci. and Biotechnology*, 3(1), 34. doi: 10.1186/2049-1891-3-34

158. Giles, T. A., Belkhir, A., Barrow, P. A., & Foster, N. (2017). Molecular approaches to the diagnosis and monitoring of production diseases in pigs. *Research in Vet. Sci.*, 114, 266–272. doi: 10.1016/j.rvsc.2017.05.016

159. Poland, G. A., Ovsyannikova, I. G., & Jacobson, R. M. (2008). Personalized vaccines: the emerging field of vaccinomics. *Expert opinion on biological therapy*, 8(11), 1659–1667. doi: 10.1517/14712598.8.11.1659

160. Alghamdi S. (2021). The role of vaccines in combating antimicrobial resistance (AMR) bacteria. *Saudi J. of Biological Sci.*, 28(12), 7505–7510. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.08.054

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ДІАГНОСТИЦІ ІНФЕКЦІЙНИХ ХВОРОБ У СВИНЕЙ

Agnieszka Jelonek¹, Jakub Kurasz², Галина Ткаченко³, Наталія Кургалюк³

¹Ветеринарна клініка FELIS, Сем'яніце, Польща

²Медичний факультет Опольського університету, Ополь, Польща

³Інститут біології Поморського університету в Слупську, Слупськ, Польща

Мета. У цьому огляді висвітлюються останні тенденції в діагностичних технологіях та їх застосуванні для спостереження за захворюваннями, прогнозування спалахів та оптимізації лікування. **Результати.** Рання та точна діагностика інфекційних захворювань у свиней відіграє вирішальну роль у захисті

здоров'я тварин, максимальному підвищенні продуктивності та підтримці економічної стабільності свинарства. Інфекційні захворювання свиней, які можуть мати бактеріальне, вірусне або паразитарне походження, часто призводять до значних економічних втрат через зниження продуктивності, збільшення смертності та витрат, пов'язаних з лікуванням захворювання. Крім того, інфекційні захворювання свиней викликають серйозне занепокоєння громадської охорони здоров'я, особливо коли залучені зоонозні збудники, оскільки вони можуть передаватися людям і потенційно призводити до значних проблем зі здоров'ям. Тому своєчасне виявлення та контроль за цими патогенами є життєво важливими не лише для свинарства, але й для глобальної громадської охорони здоров'я. Швидкий розвиток діагностичних технологій в останні роки мав трансформаційний вплив на виявлення та контроль захворювань свиней. Методи молекулярної діагностики, включаючи полімеразну ланцюгову реакцію (ПЛР) і секвенування наступного покоління (NGS), значно покращили можливості раннього виявлення, дозволяючи ветеринарам і фермерам ідентифікувати патогени до того, як у тварин з'являться клінічні ознаки. Такі технології покращують нагляд за хворобами, полегшуючи швидку ідентифікацію інфікованих тварин, яких можна негайно ізолювати, щоб запобігти подальшому поширенню хвороби в стадах. Ця здатність раннього втручання є важливою для контролю спалахів та мінімізації їх впливу на економіку й здоров'я. Інтеграція цих передових методів діагностики з такими інструментами, як аналіз даних, біоінформатика та машинне навчання відкрила нові горизонти в лікуванні захворювань. Завдяки прогнозному моделюванню та аналізу даних ці інструменти можуть допомогти передбачити спалахи та розробити більш цілеспрямовані стратегії лікування й профілактики. Наприклад, алгоритми машинного навчання можуть обробляти великі масиви даних із багатьох джерел, щоб точніше передбачати тенденції розвитку захворювань і визначати фактори високого ризику, забезпечуючи проактивне, а не реактивне лікування захворювань. Ця комбінація молекулярної діагностики та обчислювальних інструментів є потужним прогресом у ветеринарії, сприяючи швидкому та стратегічному реагуванню, необхідному для стримування інфекційних захворювань у популяціях свиней. Однак залишаються значні проблеми, особливо в контексті дрібних фермерських господарств і бідних на ресурси регіонів. Багато дрібних власників стикаються з перешкодами на шляху впровадження цих технологій через обмежені фінансові ресурси, відсутність технічної підготовки та недостатню інфраструктуру. Розв'язання цих проблем має вирішальне значення для того, щоб досягнення в діагностиці стали доступними для всіх рівнів галузі, сприяючи більш справедливим результатам для здоров'я та знижуючи ризик поширення захворювання в регіонах і громадах.

Висновки. Оскільки ми рухаємося до майбутнього, де технології будуть більшою мірою інтегровані в сільське господарство та ветеринарію, надзвичайно важливо забезпечити доступність діагностичних інструментів для ферм будь-якого розміру. Усунення поточних бар'єрів, які обмежують доступ до передової діагностики, покращить як здоров'я, так і продуктивність популяцій свиней і підтримає ширші ініціативи щодо запобігання спалахам зоонозних захворювань. Сприяючи широкому використанню цих інновацій, галузь свинарства може розвиватися більш стабільно, відіграючи при цьому ключову роль у захисті глобального здоров'я.

Ключові слова: *інфекційні хвороби, свиня, діагностичні технології, ПЛР, секвенування нового покоління, молекулярна діагностика, управління захворюваннями, свинарство, зоонози.*

Отримано 03.09.2024

Отримано після доопрацювання 24.09.2024

Затверджено до видання 11.12.2024

ЮВІЛЕЙНІ ТА ПАМ'ЯТНІ ДАТИ

УДК 63.001.5(477.53)

ПОЛТАВСЬКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ – 140 РОКІВ У ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗАННЯ НАГАЛЬНИХ ВИРОБНИЧИХ ПИТАНЬ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ

М. П. Сокирко, Л. Д. Глущенко

*Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція
ім. М. І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН
вул. Шведська, 86, м. Полтава, Україна, 36014*

Посилатися на статтю так:

БІБЛІОГРАФІЯ за ДСТУ: Сокирко М. П., Глущенко Л. Д. Полтавська сільськогосподарська дослідна станція – 140 років у процесі розв'язання нагальних виробничих питань в аграрному секторі. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2024. Вип. 4(82). С. 123–128.

REFERENCES за **APA style**: Sokyрко M. P., Glushchenko L. D. Poltava agricultural research station – 140 years in the process of solving immediate production problems in the agricultural sector. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 4(82), 123–128 [in Ukrainian].

До України (на даний час, внаслідок повномасштабної збройної агресії російської федерації) привернута увага усього світу. Разом з цим, у цей надскладний, болючий, трагічний для всієї країни час Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція ім. М. І. Вавилова (далі ПДСГДС ім. М. І. Вавилова) відзначає своє 140-річне творче перебування на аграрній ниві.

За кліматично – погодними умовами територія Полтавщини належить до районів з м'яким, континентальним кліматом, прохолодною зимою, у більшості випадків з жарким та інколи сухим літом і недостатнім зволоженням. Основна її територія розташована у зоні Лісостепу. Водночас її південні райони прилягають до Північного Степу і за низкою кліматичних показників близькі до нього. Ґрунти території досить різноманітні, дві третіх її займають чорноземи. Окремими масивами розташовані опідзолені й реградовані чорноземи, темно-сірі опідзолені ґрунти. У заплавах річок у комплексі з луговими – чорноземними залягають лугові солонцеві й солончакові ґрунти.

Такі особливості природних умов Полтавщини надзвичайно сприятливі для ведення сільського господарства. Разом з тим низка питань пов'язаних з кліматом потребували вирішення й обґрунтування методів їх подолання за допомогою тих або інших агротехнічних заходів. Зокрема це стосується водного режиму й особливо у засушливі роки.

Характеризуючи становище сільського господарства губернії на межі XIX – XX ст., варто підкреслити, що Полтавщина за порівняно короткий історичний період пройшла шлях розвитку від незайманого степу до розвинутого сільськогосподарського виробництва. Але разом з тим було відмічено, що за несприятливих умов (на таких родючих ґрунтах) урожаї сільськогосподарських культур були мізерними, що приводило навіть до голодування.

Така невідповідність між багатством ґрунту, задовільними кліматичними умовами й результатами його експлуатації вже давно привертала до себе увагу та примушувала шукати способи боротьби з головним злом у цій проблемі – посухою, яка у більшості випадків і є найімовірнішою причиною недобору урожаїв. Крім того, великої шкоди сільському господарству завдавали бур'яни та шкідники рослин (серед них найбільш розповсюджені: хлібний жук, гессенська і шведська мухи, сарана й інші).

Тваринництво у цей період розвивалося не у напрямі вирощування худоби з метою її збуту, а переважно лише для підтримки необхідної кількості для задоволення власних потреб. Кормова база знаходилася на незадовільному рівні та не відповідала розширеному розвитку цієї галузі. З хвороб чималу шкоду великій рогатій худобі завдавала чума, вівцям – віспа, свиням – бацилярна бешиха. Отаким був стан розвитку цієї галузі на теренах нашого регіону на той час.

Відповідні умови соціального й економічного характеру змусили еліту Полтавщини замислитися над кардинальними змінами підходу до розвитку сільського господарства у регіоні, пошуком нових рішень і наукових підходів до використання землі, підвищення її продуктивності. Крім того, на Заході, починаючи з середини XVIII ст., прискореними темпами відбувалася індустріалізація країн. Усі ці зміни у соціальному й економічному житті відбувалися і на теренах нашої країни у тому числі й на Полтавщині. А це, своєю чергою, привело до росту чисельності міського населення. І, як наслідок, підвищився попит на сільськогосподарську продукцію як всередині країни, так і для вивозу її за кордон.

Ось чому передові вчені – аграрники та прогресивні сільськогосподарські товаровиробники вважали необхідним для подальшого підвищення продуктивності сільського господарства регіону та здешевлення виробництва сировини вести його на науково обґрунтованій основі, отриманій шляхом експериментально-дослідницьких даних. Ця задача, природно, була не під силу одній окремо взятій людині. І, як наслідок, почали утворюватися сільськогосподарські товариства, які ставили перед собою завдання пошуку способів підвищення дохідності землі, оптимальних шляхів збуту продукції як всередині країни, так і на зовнішньому ринку.

Ініціатором об'єднання сільських господарств Полтавської губернії й організації Полтавського сільськогосподарського товариства був князь С. В. Кочубей. У 1863 р. він звернувся з листом до губернського проводиря дворянства з клопотанням про утворення Полтавського сільськогосподарського товариства (далі ПСГТ) та скликання його засновників. У 1865 р. був затверджений статут товариства. Члени цієї організації планували провести низку заходів направлених на покращення діяльності товаровиробників сільськогосподарської продукції. Одним із завдань, яке вони ставили перед собою для реалізації намічених заходів на науковій основі, було створення дослідного поля. Але для здійснення цієї роботи потрібні були кошти, яких товариство не мало. Саме це гальмувало утворення дослідного закладу упродовж 16 років.

У кінці XIX ст. на теренах України й зокрема у Харківській губернії, було створено низку дослідних полів у приватних господарствах. Одним з організаторів такої дослідної справи був професор Харківського університету А. Є. Зайкевич. Проте такі наукові осередки існували недовго, оскільки вони створювалися коштом

приватних власників і, як правило, у їх же маєтках для розв'язання питань агротехніки буряків цукрових.

Після довгих років бюрократичних зволікань 15(28) липня 1884 р. ПСГТ ще раз постановило подати губернським земським зборам клопотання про відкриття Дослідного поля виключно за кошти земства. Після їх виділення у розмірі 3050 руб. на щорічні витрати Дослідного поля, був прийнятий і затверджений його статут. На основі цього 28 жовтня (10 листопада) 1884 р. ПСГТ вибрало першу наукову раду Дослідного поля, поклавши цим початок шляху його існування.

Розвиток науки неможливий без вивчення досвіду попередників. Особливо зростає інтерес до особистостей, які самовіддано працювали на благо українського народу та залишили після себе неоціненну творчу спадщину. Варто зазначити, що біля джерел наукової стратегії та тактики Дослідного поля у сільському господарстві стояли видатні вчені зі світовим ім'ям і, зокрема, М. І. Вавилов, В. І. Вернадський, В. В. Докучаєв, А. Є. Зайкевич, О. О. Ізмаїльський, П. А. Костичев, О. Н. Соколовський, І. В. Якушкін, які за цей більш ніж сторічний період були опосередковано причетні до наукового життя установи.

Все це заклало міцний фундамент для подальшої ініціативної творчої роботи наступних вчених, таких як Б. П. Черепакін, С. Ф. Третьяков, В. І. Сазанов, М. Д. Пейхвассер, А. В. Знаменський, В. М. Рабінович, Й. І. Власюк, В. О. Черкасова, Г. М. Колобова, Я. Л. Яценко, Б. С. Зінченко, М. І. Гриб, В. К. Чуйко, І. П. Браженко, О. П. Райко, К. М. Зеленський, В. М. Яременко, М. В. Синюгін, І. В. Колісник, К. П. Удовенко, М. І. Стовба і багато інших. Вони не припиняли своєї наукової діяльності за різних економічних і соціальних умов та були одними із законодавців розв'язання питань, поставлених перед аграрною наукою.

За час існування Полтавської дослідної станції програми досліджень, на різних етапах їх розвитку, неодноразово змінювалися, залежно від запитів сільськогосподарського виробництва, рівня його матеріального забезпечення (сортів й гібридів сільськогосподарських культур, добрива, засоби захисту від хвороб та шкідників і їх види, техніка для виконання різних технологічних операцій і т. д.), погодних умов регіону. Через це змінювалась і актуальність наукових розробок.

Одним з унікальних дослідів, що проводиться на дослідній станції, є беззмінний посів жита озимого без застосування добрив, гербіцидів і фунгіцидів (з 1884 р.), який входить у п'ятірку подібних експериментів на планеті як за часом, так і за вагомістю результатів досліджень. Із закордонних довготривалих стаціонарів всесвітньо відомі експерименти Ротамстедської дослідної станції в Англії з удобренням пшениці беззмінної, ячменю і багаторічних трав, закладені між 1843 і 1855 рр. Протягом 149 років (з 1875 р.) ведеться дослід з добривами у Гриньйоні (Франція) у сівозміні пшениця озима – буряки цукрові. З 1878 р. продовжуються дослідження з житом беззмінним на фоні добрив у Галле – Німеччина. Беззмінні посіви кукурудзи (1876 р.) і вирощування її у 2–3-пільних сівозмінах вивчається протягом 148 років у США. Результати цих досліджень актуальні й на сьогодні як з теоретичного боку (зміна агрофізичних та агрохімічних властивостей ґрунту, динаміка продуктивності жита та бур'янів, шкідників і хвороб у посівах), так і з практичного. За останні роки через низку економічних і організаційно-господарських причин суттєво звузилася спеціалізація господарств.

Аграрне виробництво зосередилося на вирощуванні окремих економічно вигідних культур для внутрішнього і зовнішнього ринку. Наслідком такої трансформації стали суттєві зміни у структурі сівозмін, ступеню насичення їх сільськогосподарськими культурами та перетворення їх у короткоротаційні. Одним із джерел, на основі якого можна вивчати проблеми таких сівозмін або повторних посівів, є узагальнення результатів досліджень з беззмінним вирощуванням сільськогосподарських культур.

Результати пошуків, досліджень, розробок і отриманий вченими багатьох поколінь фактичний матеріал може слугувати відправним пунктом для вирішення сьогоденних завдань для творчого зіставлення та порівняння. За досить тривалий час (понад 80 років) селекціонерами станції було створено понад 60 сортів кормових культур: люцерни, конюшини, еспарцету, райграсу високого, стоколосу безостого, вики озимої, горошку посівного (вика яра), буряків кормових. Поряд з цим протягом всього цього часу проводиться їх впровадження у виробництво.

Паралельно із селекційною роботою у відділі детально розроблена і відпрацьована на практиці технологія одомашнення, розведення та промислового використання диких поодиноких бджіл рудої та рогатої осмії. Ведеться також добазове і базове насінництво сортів власної селекції та виробництво насіння низки інших сільськогосподарських культур.

За 140-річний період роботи на ПДСГДС ім. М. І. Вавилова створені основи вітчизняного наукового землеробства. Основний напрямок «у роботі нашої старої Полтави» – «все у волозі, все для вологи, все за вологу», що отримав свій подальший всебічний розвиток у роботах С. Ф. Третьякова з дослідження ролі парів, вплив часу та глибини обробітку ґрунту на збереження та накопичення вологи й, зрештою, на врожай.

Пізніше ореол досліджень розширювався, удосконалювався, виходив на вищий науковий рівень. Протягом досить тривалого часу велика увага була приділена питанням поверхневого обробітку ґрунту з метою збереження та раціонального використання вологи, покращення його агрофізичного стану. Проводилася наукова робота з визначення сільськогосподарських знарядь для поверхневого обробітку ґрунту та їх удосконалення.

Ще при створенні Полтавського Дослідного поля одним із пріоритетних завдань, поставлених життям перед його співробітниками було вивчення впливу різних природних і антропогенних факторів на підтримку природної родючості ґрунту та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. На початку своєї роботи дослідження проводилися на темно-сірому опідзоленому ґрунті, а починаючи з другої половини 20-го століття, ще і на чорноземі типовому.

На зорі проведення наукових випробувань вивчали вплив органічних добрив і, зокрема, гною, несхожого за своїм походженням (коров'ячого, кінського), за різного терміну його зберігання та у неоднакових за структурою та насиченням сільськогосподарськими культурами сівозмінах.

Узагальнюючи результати проведених спостережень, отримані не одним поколінням вчених, варто зробити наступні висновки:

– кожна культура по-різному реагує на застосування органічних добрив, найбільшу окупність забезпечують буряки цукрові (кормові), близько 0,69 ц з.о., на другому місці картопля – 0,44 ц з.о., потім кукурудза на силос і зерно – відповідно 0,35 і 0,24 ц з.о., а найменше – пшениця озима (0,15 ц з.о.).

– найефективніші норми внесення гною у наших умовах під культури суцільного посіву 25 – 30 т/га, під кукурудзу; картоплю – 40 т/га, буряки цукрові – 40 – 50 т/га. Більші дози економічно не вигідні, та й з екологічного боку вони мають негативний вплив на навколишнє середовище. З всього цього був зроблений простий і разом з тим виважений висновок, що краще гноєм удобрювати більшу площу меншими, науково обґрунтованими дозами, ніж меншу більшими.

– внесення лише органічних добрив не дає можливості повністю реалізувати генетичний потенціал більшості сільськогосподарських культур. Сумісне внесення оптимально високих доз органічних і помірних мінеральних добрив дає найвищий економічний ефект та сприяє збереженню, або навіть і покращенню, природної родючості ґрунту.

Проведені на станції дослідження з мінеральними добривами у тимчасових і стаціонарних дослідах та отримані результати досліджень дають змогу запропонувати наступну концепцію їх використання, особливо у цей непростий для сільського виробника час:

– високу окупність добрив приростом урожаю отримуємо при внесенні мінеральних добрив під весняну культивуацію у малих дозах, а також у рядки при сівбі та підживленні рослин. Це у 2–2,5 раза ефективніше у порівнянні з основним їх внесенням;

– ще одним з ефективних способів внесення мінеральних добрив є так званий локальний (малими дозами не в розкид);

– мінеральні добрива застосовуються тільки під пріоритетні культури, які забезпечують найбільшу їх економічну окупність;

– потрібно оптимізувати дози добрив залежно від агрохімічних показників ґрунту. А ще краще тримати цей процес у парадигмі з фазами розвитку сільськогосподарських культур, враховуючи результати рослинної й ґрунтової діагностики;

– дози, строки й способи внесення добрив визначаються від рівня удобрення попередника даної культури, а також враховуючи рівень удобрення всієї сівозміни, особливо органічними добривами;

– застосування отрутохімikatів у боротьбі з бур'янами, шкідниками та хворобами на посівах сільськогосподарських культур дає можливість отримати найвищу ефективність від добрив;

– важливого значення набуває використання нетрадиційних джерел поповнення ґрунту органічною речовиною з метою збереження його родючості й отримання стійких урожаїв;

– одним із резервів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та зниження їх собівартості є використання водорозчинних добрив та стимуляторів росту рослин.

Розроблені на станції раціональні технології застосування добрив, які анонсують їх внесення під пріоритетні культури дає можливість проявити не тільки зростання продуктивності сільськогосподарських культур, поліпшення якості продукції, але і забезпечує підтримку природної родючості ґрунту і зокрема, його інтегрального показника – гумусу. Застосування таких систем удобрення оптимізує кислотні властивості ґрунту, покращує його азотно – фосфорно – калійні режими, та екологічний стан у регіоні.

Варто зазначити, що у різні часи економічного і соціального стану країни формувалася наукова тактика і стратегія ПДСГДС ім. М. І. Вавилова. За час всього періоду існування співробітники станції не припиняли своєї наукової діяльності та були одними із законодавців аграрної науки завдяки тому, що біля її джерел і протягом її існування стояли вчені, які працювали не тільки за матеріальні блага та славу, але були сподвижниками своєї справи, відданими науці. А ще не менш важливо те, що у якій би скруті не була країна, у її еліти вистачало здорового глузду розуміти роль і значення науки для нормального функціонування держави.

**ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ ДО
МІЖВИДОМЧОГО ТЕМАТИЧНОГО НАУКОВОГО ЗБІРНИКА
«СВИНАРСТВО І АГРОПРОМИСЛОВЕ ВИРОБНИЦТВО»**

Редакція приймає до друку оригінальні роботи за основними напрямками теорії та практики ведення галузі тваринництва: результати теоретичних та експериментальних досліджень, оглядові статті з актуальних питань тваринництва, зокрема свинарства, кормовиробництва, агроекології, перероблення і зберігання сільськогосподарської сировини та інших зоотехнічних, біологічних, ветеринарних науково-практичних аспектів агропромислового виробництва.

Редакція приймає оригінальні рукописи, які не були опубліковані раніше і не перебувають на розгляді в іншому журналі. Автор повністю відповідальний за зміст статті і за опубліковані дані.

Редколегія зберігає за собою право виправляти та скорочувати текст. Відповідальність за достовірність змісту поданих матеріалів несуть автори.

Рукопис статті має бути підписаний кожним з авторів.

Матеріали друкуються українською або англійською мовами. При поданні до друку статті англійською мовою її слід перекласти українською мовою для рецензування.

Надсилаючи статтю до збірника, автор (співавтори) дають свою згоду на розміщення опублікованих статей у наукометричних базах, до яких входить видання

За достовірність поданої інформації та якість перекладу статті відповідають автори. Редакція залишає за собою право на редагування згідно з вимогами збірника.

Датою отримання статті вважають дату надходження статті до редакції, а прийняття статті до друку – дата подання остаточно опрацьованого автором варіанта рукопису.

Технічні вимоги до тексту статті

Статті оформляються у редакторі Microsoft Word (формат аркуша А4, орієнтація сторінок: книжкова з вирівнюванням по ширині та відступом від лівого краю – 2,5 см; поля: з лівого боку – 3,5 см, з решти боків – 2,5 см; шрифт: Times New Roman - розмір шрифту 12 пунктів, міжрядковий інтервал – 1,0). У тексті не повинно бути перенесення і макросів.

Обсяг експериментальної статті не повинен перевищувати 12 сторінок включно зі списком цитованої літератури, таблицями, рисунками й резюме англійською мовою. Для оглядових статей допустимий обсяг – до 40 сторінок.

Формули в статті мають бути набрані за допомогою редактора формул Equation Editor й розташовані посередині рядка, а порядковий номер формули – з правого краю рядка. Таблиці й рисунки повинні мати заголовок, порядковий номер і назву (напівжирним шрифтом, вирівнювання – по центру). Примітки до таблиць розміщують безпосередньо під ними (курсивом).

Структура оформлення статті

1. Індекс УДК (Універсальна десятикова класифікація – зазначається з вирівнюванням по лівому краю, розмір шрифту – 12 пунктів).

2. Назва статті (гарнітура Times New Roman, розмір шрифту – 12 пунктів, великими літерами, напівжирним шрифтом, вирівнювання по центру).

3. Ініціали та прізвища авторів (гарнітура Times New Roman, розмір шрифту – 12 пунктів, напівжирним шрифтом, вирівнювання по центру).

4. Місце роботи (науковий заклад); адреса (вул., буд., місто, країна, індекс) — гарнітура Times New Roman, розмір шрифту – 12 пунктів, курсивом, вирівнювання по центру.

5. Анотація (вичерпний та стислий огляд роботи об'ємом не менше 1800 знаків без пробілів) та ключові слова (7–10 слів малими літерами) мовою статті (гарнітура Times New Roman, розмір шрифту – 12 пунктів, курсивом, вирівнювання по ширині). Авторське резюме повторює структуру статті та коротко висвітлює *мету, методи, результати, висновки*. Резюме не повинне містити інформацію, відсутню в самій статті, посилань на літературу, небажаними є аббревіатури й скорочення (якщо вони необхідні, потрібно подати розшифрування і пояснення). Переклад анотації англійською мовою наводиться в кінці статті. Резюме українською та англійською мовами повинні бути ідентичними.

6. Інформація про авторів: (гарнітура “Times New Roman”, розмір шрифту – 10 пунктів):

а) прізвище, ім'я, по батькові (повністю, напівжирним шрифтом, курсивом);

б) науковий ступінь, вчене звання, посада; (курсивом);

в) місце роботи (курсивом);

г) електронна адреса;

д) обов'язково вказувати свій ID ORCID (цифровий ідентифікатор). Зареєструватися та отримати ID ORCID можна за посиланням <https://orcid.org/> безоплатно.

Архітектура тексту

Вступ. На початку статті стисло подається аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання порушеної проблеми та на які спирається автор, з посиланням на літературні джерела (у порядку згадування) та виокремленням невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячено статтю. Формулюється мета роботи.

У експериментальній статті обов'язковими частинами є:

Матеріали та методи досліджень. Формулюють так, щоб за наведеним описом можна було відтворити дослідження. При застосуванні загальновідомих методів достатньо дати посилання на першоджерело.

Результати дослідження та їх обговорення. Не потрібно наводити ті самі результати у таблицях і на рисунках. Якщо є таблиця, у тексті цифровий матеріал не подавати, вказувати лише зміну показників з вірогідними різницями ($p <$ чи $>$) у разях або відсотках, кореляційні зв'язки ($r =$). За наявності у статті рисунків у тексті слід дати цифрові дані (середнє арифметичне та відхилення, коливання).

Висновки формуються з 5-10 речень.

Перспективи подальших досліджень (до 4 речень).

Для оглядової статті структура основної частини є довільною і залежить від проблематики.

Список літератури складається у порядку згадування в тексті та надається наведеними нижче двома блоками:

1. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ (мовою оригіналу) - згідно з наказом МОН № 40 від 12.01.2017 та оформлюється відповідно до вимог Національного стандарту України ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання». Більш детально можна ознайомитися на сайті <http://aphd.ua/prykklady-oformlennia-bibliografichnoho-opysu-vidpovidno-do-dstu-83022015/>

2. REFERENCES — список літератури, який дублює перелік джерел в основному списку, але оформлюється відповідно до вимог міжнародних баз даних згідно зі стандартом APA (American Psychological Association style).

Більш детальну інформацію щодо оформлення можна знайти на сайті <http://svinarstvo.com/index.php/ua/zbirn-svin> (зразок).

Список літератури повинен включати не менше 20 джерел для експериментальної статті, та не менше 50 джерел для оглядової (обов'язково вказується DOI, якщо він є). Бажано посилатися на статті не більше 10-річної давності.

Схема подання матеріалу до друку

1. Подати статтю відповідальному редактору та на електронну пошту svinarstvop@gmail.com для первинного перегляду на відповідність вимогам та її реєстрації.

2. Повернення статті автору після сліпого рецензування на доопрацювання з відповідними рекомендаціями (у разі необхідності).

3. Доопрацювання статті автором і надання її в електронному та роздрукованому вигляді відповідальному редактору разом з копією квитанції про оплату.

4. Оплата автором публікації статті та друкованого примірника збірника (у разі потреби) у будь-якій банківській установі.

5. Розміщення статті у збірнику можна переглянути на сайті Інституту свинарства і АПВ НААН: www.svinarstvo.com, розділ «Збірник», або отримати у відповідального редактора (за умови попередньої оплати примірника).

Увага!

У тексті та списку використаних джерел/references обов'язковим є: - нерозривний пробіл між ініціалами (одночасне затискання Ctrl + Shift + Space); - довге тире (-) ставиться: між словами з пробілами з обох боків (напр., Технологія — це...); перед цифрами для позначення знаку «мінус» (напр., - 15 кг) або між цифрами без пробілу (С. 15-37). У решті випадків, між складними словами (маркер-асоційована селекція) та при скороченні слів (тов-во) ставиться дефіс (-).

У випадку одержання статті, оформленої з порушеннями вимог, редакція залишає за собою право повернути рукопис авторам на доопрацювання, не реєструючи його.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ СВИНАРСТВА І АГРОПРОМИСЛОВОГО
ВИРОБНИЦТВА

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

СВИНАРСТВО
І АГРОПРОМИСЛОВЕ ВИРОБНИЦТВО
міжвідомчий тематичний науковий збірник

2024
ВИПУСК 4(82)

Заснований у 2023 р.
Періодичність видання – два рази на рік

Технічний редактор та коректор – Т. М. Боржак
Бібліографічне редагування та комп'ютерне макетування -
В. В. Кунець
Переклад англійською – С. Ф. Лобченко
Дизайн обкладинки – М. Ю. Пека

Підписано до друку 24.12.2024 р.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура "Таймс"
Ум. друк. арк. 15,25. Обл.-вид. арк. 9,44
Наклад 100 прим. Формат 60х84/8
Зам №

Адреса редакційної колегії:
36013, м. Полтава, Шведська Могила, 1,
Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН
e-mail: svinarstvop@gmail.com
Оригінал-макет і друк виконано в Інституті свинарства і агропромислового
виробництва НААН

NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF PIG BREEDING AND AGROINDUSTRIAL
PRODUCTION

SCIENTIFIC PUBLICATION

PIG BREEDING
AND AGROINDUSTRIAL PRODUCTION
Interdepartmental Subject Scientific Digest

2024
Issue 4(82)

Founded in 2023
Frequency of publication – twice a year

Computer set and corrector – T. M. Borzhak
Bibliographic editing and computer layout – V. V. Kunets
Translation in English – S. F. Lobchenko
Cover design – M. Yu. Peka

Signed to the print 24.12.2024 p.
Offset paper. Digital printing. Times font
Cond. Print paper 15,25. Accoun. publis. Sheet 9,44
Edition of 100 copies. Format 60x84/8
Order №

Address of the Editorial board:
36013, Poltava, Shvedska Mohyla Str., 1
Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production of NAAS of Ukraine
e-mail: svinarstvop@gmail.com
Original layout and other is done at the
Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production of NAAS