

DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-2-13

**Оригінальна наукова стаття**

УДК 636.4:614.9

**ЗМІНИ РІВНЯ ІНГРЕДІЄНТІВ ПРОДУКТІВ ПОЛ  
І АКТИВНОСТІ ЕНЗИМІВ АС У КРОВІ СВИНОМАТОК  
ЗА ПОРУШЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ  
ТА ЇХ КОРЕКЦІЇ ОКСИДОПРОТЕКТОРАМИ****А. І. Дмитроца, С. О. Вовк, О. Я. Клим, Ю. А. Висоцька**

Інститут сільського господарства  
Карпатського регіону НААН  
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,  
Львівський р-н, Львівська обл.,  
81115

Про авторів:

Андріяна ДМИТРОЦА,  
аспірантка,  
ORCID: 0000-0003-3304-3691

Стах ВОВК,  
доктор біологічних наук  
ORCID: 0000-0003-2545-5231

Олег КЛИМ,  
кандидат сільськогосподарських  
наук  
ORCID:0000-0002-6330-8489

Юлія ВИСОЦЬКА,  
технік  
ORCID: 0009-0002-5370-0433

Для листування:

Андріяна ДМИТРОЦА  
e-mail: andrianadmitroca@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних  
наук України

Отримано:

27 лютого 2024 р.

Погоджено до друку:

10 червня 2024 р.

У статті представлено результати експериментальних досліджень щодо впливу таких параметрів мікроклімату приміщень, як температура і вологість повітря та рівня шкочинних газів (метану, аміаку, сірководню, вуглекислого газу, оксиду азоту) на зміни вмісту продуктів пероксидного окислення (ПОЛ), а саме гідропероксидів ліпідів (ГПЛ), дієнових кон'югатів (ДК) й маленового діальдегіду (МДА), та активність ензимів антиоксидантної системи (АС) супероксиддисмутази (СОД), каталази (КАТ), глутатіонпероксидази (ГПО) у крові порослих свиноматок. У роботі також наведено дані щодо використання у складі основного раціону порослих свиноматок добавок антиоксидантів Вікасолу та Алкоселю з метою корекції процесів пероксидного окислення ліпідів та активності ензимів антиоксидантної системи у крові за порушень параметрів мікроклімату приміщень.

**Ключові слова:** порослі свиноматки, кров, Вікасол, Алкосель, мікроклімат приміщень, процеси ПОЛ, ензими антиоксидантної системи.

## Changes in the level of the ingredients of the products of lipid peroxidation and the activity of antioxidant system enzymes in the blood of sows in case of violation of the microclimate parameters of the premises and their correction with oxidoprotectors

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS  
Hrushevskoho street, 5, Obroshyne village, Lviv district, Lviv region, 81115

### About authors:

Andriiana DMYTROTSA  
ORCID: 0000-0003-3304-3691

Stakh VOVK  
ORCID: 0000-0003-2545-5231

Oleh KLYM  
ORCID:0000-0002-6330-8489

Yuliia VYSOTSKA  
ORCID: 0009-0002-5370-0433

### For corresponding:

Andriiana DMYTROTSA  
e-mail: andrianadmitroca@gmail.com

### Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:

February 27, 2024

Accepted:

June 10, 2024

The article presents the results of experimental studies on the influence of such indoor microclimate parameters as temperature and humidity and the level of harmful gases (methane, ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, nitric oxide) on changes in the content of peroxidation products (PPs), namely lipid hydroperoxides (LH), diene conjugates (DC) and malondialdehyde (MDA), and the activity of antioxidant system enzymes (AS) – superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPO) in the blood of gestating sows. The paper also presents data on the use of antioxidant supplements Vikasol and Alcosel in the basic diet of gestating sows to correct lipid peroxidation processes and the activity of antioxidant system enzymes in the blood under conditions of the microclimate parameters violation.

**Keywords:** farrowing sows, blood, Vikasol, Alcosel, indoor microclimate, POL processes, enzymes of the antioxidant system.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

**Вступ.** Свинарство в Україні вважається однією з пріоритетних і перспективних підгалузей сільського господарства, спрямованої на розв'язання проблеми забезпечення населення високоякісними харчовими продуктами, оскільки продукція є джерелом висококалорійних поживних речовин, містять велику кількість протеїну, екстрактивних і мінеральних речовин, вітамінів та інших біологічно-активних речовин [8, 20].

Сучасні інтенсивні технології виробництва високоякісної, екологічно безпечної свинини вимагають забезпечення утримання свиней у приміщеннях із дотриманням санітарно-ветеринарних норм параметрів мікроклімату при економічних

енергозберігаючих ресурсах [2, 7]. Відхилення від вищевказаних норм призводить до збільшення відходу поголів'я в середньому на 7–10 %, зменшенню продуктивності до 15 % з одночасним збільшенням витрат кормів на 10–15 % і більше [1, 22]. Відомо також, що порушення параметрів мікроклімату приміщень для утримання свиней призводить до порушення терморегуляції, обміну речовин, погіршення перетравності та засвоюваності поживних речовин кормів і як наслідок виникнення різних патологій [6, 15].

Дослідженнями, проведеними як в Україні, так і за її межами встановлено, що на формування мікроклімату у тваринницьких приміщеннях впливають не

лише кліматичні умови довкілля, а й територіальне розташування будівель, їх об'ємно-планувальні рішення, можливість підтримання необхідної температури та вологості в приміщенні, кількість і вік тварин [2, 16]. Серед цих умов незадовільний стан мікроклімату приміщень для утримання свиней.

Низкою наукових досліджень доведено, що у сучасних промислових технологіях виробництва свинини саме забезпечення комфортних умов утримання порослих і лактуючих свиноматок є найважливішою умовою підвищення народжуваності, збереженості та життєздатності порослят [3].

Встановлено, що найбільш критичним і стресовим періодом у фізіолого-біохімічному плані для організму свиней є останні місяці порослості [9]. Зокрема показано, що упродовж періоду порослості, і особливо в останній місяць, в організмі свиноматок посилюються процеси пероксидного окислення ліпідів, які за впливу несприятливих чинників, таких як висока температура та вологість, а також наявність шкодочинних газів у повітрі приміщень для утримання тварин призводить до зниження активності ензимів антиоксидантної системи й виникнення імунодефіциту у народженого від них приплоду [3, 16].

Одним з ефективних шляхів зменшення негативної дії вказаних факторів на організм свиней є забезпечення додаткового надходження до нього біологічно-активних речовин, макро- та мікроелементів, які володіють антиоксидантними властивостями й оптимізують перебіг фізіолого-біохімічних процесів в організмі й підвищують резистентність тварин [13, 27]. На даний час вітчизняними та закордонними науковцями проводиться пошук нових ефективних, екологічно безпечних препаратів, які б володіли антиоксидантною, імуномодельюючою та антистресовою дією, стимулювали метаболічні процеси в організмі, сприяли формуванню механізмів активної адаптації

у плодів і підтримували на високому рівні життєздатність новонароджених порослят [12, 14].

Виходячи із наведеного вище метою наших досліджень було з'ясування впливу застосування у раціоні порослих свиноматок оксидопротекторних препаратів Алкоселю і Вікасолу за порушення параметрів мікроклімату приміщень на процеси пероксидного окислення ліпідів та активність ензимів антиоксидантної системи у крові. Такий методичний підхід підібраний тому, що як показують дослідження саме ці препарати виявляють оксидопротекторну дію і вони здебільшого використовуються як антиоксиданти у модельних оксидативних стресів в організмі тварин [26, 28, 30].

**Матеріали і методи досліджень.** Експериментальні дослідження було проведено в умовах свиноферми ДП «ДГ «Радехівське» Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України у літній період. Методом аналогів за віком і живою масою сформували чотири групи порослих свиноматок великої білої породи (контрольну та три дослідних) по 5 голів у кожній. Раціон свиноматок складався зі стандартного комбікорму, який забезпечував їхні потреби за поживними й біологічно активними речовинами, вітамінами, макро- та мікроелементами згідно з вітчизняними нормами [8] і мав наступний склад: «AVA ZDOROVA Супорос 10 %» – 10 %, пшениця – 10 %, кукурудза – 5 %, ячмінь – 60 % та висівки пшеничні – 15 % (контрольна група). Свиноматкам дослідних груп до основного раціону додавали: Вікасол в дозі 6 мг/кг комбікорму (перша) та Алкосель (бельгійський препарат на основі хлібопекарських дріжджів, оброблених селенметіоніном) у дозі 5 мг/кг комбікорму (друга) та поєднання обох препаратів у досліджуваних дозах (третья). Всі тварини мали вільний доступ до питної води. Додатки даних препаратів згодовували свиноматкам з 90 доби порослості. Тривалість досліду – 24 доби. По

завершенні дослідного періоду на 114 добу поросності після ранкової годівлі від усіх свиноматок контрольної та дослідних груп відбирали зразки крові із вушної вени для проведення біохімічних досліджень [7].

Для визначення у крові свиноматок активності супероксиддисмутази (суть методу полягає у відновленні нітротетразолію супероксидними радикалами, які утворюються в реакції між феназинметасульфатом та NADH), каталази (метод ґрунтується на здатності пероксиду водню утворювати з солями молібдену стійкий забарвлений комплекс з максимумом поглинання при довжині хвилі 410 нм) та глутатіонпероксидази (в основі методу є окиснення глутатіону в присутності гідропероксиду третинного бутилу) використовували методики В. В. Влізло та ін. [10]. Визначення вмісту продуктів пероксидного окислення ліпідів (ПОЛ) таких як: вміст дієнових кон'югатів (в основі методу лежить властивість молекул жирних кислот з двома подвійними спряженими зв'язками інтенсивно поглинати світло при довжині хвилі 233 нм), гідропероксидів ліпідів (осадженням білків розчином три хлороцтової кислоти та екстракцією ліпідів етанолом з наступною взаємодією досліджуваних екстрактів з тіоціанатом амонію) та малонового діальдегіду (в основі методу лежить реакція між малоновим діальдегідом і тіобарбітуровою кислотою, яка при високій температурі у кислому середовищі протікає з утворенням триметинового комплексу) проводили за методиками, описаними у вказаному довіднику [10].

Упродовж дослідного періоду, щоденно о 8<sup>00</sup> год ранку у повітрі приміщення для утримання свиноматок здійснювали вимір основних параметрів мікроклімату (температуру, вологість та вміст нижчевказаних газів). Температуру повітря та вологість в приміщенні вимірювали психрометром – гігрометром ВІТ-2 («Склоприлад», м. Київ, 1992). Наявність шкочинних газів (NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> та CH<sub>4</sub>) та їх концентрацію у

повітрі приміщення, де утримувалися дослідні свиноматки, здійснювали електрохімічним методом за допомогою переносного багатокомпонентного газоаналізатора ДОЗОР – СМ-5 (виробництва ТОВ «Оптіма-Комплекс», м. Харків, 2018), який забезпечує як цифрову індикацію концентрації всіх вимірюваних компонентів на вмонтованому рідкокристалічному дисплеї з підсвічуванням, так і роздільну світлову сигналізацію на кожен вимірюваний компонент та єдину звукову сигналізацію при перевищенні порогів. З метою отримання максимально вірогідних даних, вимірювання температури, вологості та концентрації газів у повітрі здійснювали у 5 точках по діагоналі приміщення на рівні перебування тварин (на висоті 70 см від підлоги) згідно з відомчими нормами [4].

Одержані цифрові дані опрацювали статистично за методикою І. Р. Петровської та співавторів з використанням стандартних комп'ютерних програм Microsoft Excel [11].

**Результати досліджень.** Сучасні породи й спеціалізовані лінії свиней вирізняються високою продуктивністю, обумовленою генетично, проте вони особливо чутливі до впливу несприятливих чинників навколишнього середовища [23, 24]. Серед цих чинників важливе місце займає мікроклімат приміщень, і насамперед такі його фактори як температура та вологість повітря, концентрація шкочинних газів, забрудненість мікроорганізмами й т. д. [4, 7].

Згідно з нормативними вимогами ВНТП-АПК-02.05 Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми) гранична допустима концентрація вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) в повітрі виробничих свинарських приміщень для утримання свиней не повинна перевищувати 0,2 % (об'ємних) або 2 л/м<sup>3</sup>, аміаку (NH<sub>3</sub>) – 20,0 мг/м<sup>3</sup>, сірководню (H<sub>2</sub>S) – 10,0 мг/м<sup>3</sup>, CH<sub>4</sub> та NO<sub>2</sub> – не нормується, відносна вологість – 70 %,

температура повітря не повинна бути вище 22 °С [4].

Практика ведення свинарської галузі в Україні показує, що для забезпечення комфортних умов утримання тварин у господарствах різної потужності вкладаються значні капіталовкладення [6, 17, 31].

Проведеними нами дослідженнями встановлено, що в умовах свиноферми ДП

«ДГ «Радехівське» такі параметри мікроклімату як температура і вологість в приміщенні упродовж дослідного періоду не відповідали чинним нормативам. Зокрема температура повітря була вище норми на 35 %, відносна вологість – на 21,4 %, а рівень шкодочинних газів у приміщенні знаходився у межах допустимих вітчизняних норм для утримання поросних свиноматок (табл. 1).

## 1. Параметри мікроклімату приміщення для утримання піддослідних свиноматок ( $M \pm m$ , $n = 5$ )

Назва показника мікроклімату	Межі загальноприйнятих норм ВНТП-АПК-02.05	Показник
Температура, °С	22	27±1,280*
Вологість повітря, %	70	75±3,53
Метан, % об.	Не нормується	0,01±0,002
Оксид вуглецю (IV), % об.	0,2	0,155±0,014
Сірководень, мг/м <sup>3</sup>	10	0,2±0,046***
Аміак, мг/м <sup>3</sup>	20	11,7±0,34*
Оксид азоту, мг/м <sup>3</sup>	Не нормується	0,1±0,010

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

Результати низки наукових досліджень проведених в останні роки вказують на те, що перед опоросом в організмі свиноматок інтенсифікуються процеси пероксидного окислення ліпідів (ПОЛ), а функціонування системи антиоксидантного захисту (САЗ) знаходиться у пригніченому стані [23, 29]. Ми встановили (табл. 2, рис. 1), що під впливом високої температури та вологості, в крові свиноматок контрольної групи

виявлено високий вміст продуктів ПОЛ (гідропероксидів ліпідів, дієнових кон'югатів та малонового діальдегіду) та низьку активність ензимів супероксиддисмутази, каталази та глутатіонпероксидази, що є підтвердженням стану оксидативного стресу, в якому перебувають свиноматки на завершальному етапі поросності на що вказують дані інших дослідників [9, 18, 21].

## 2. Вміст продуктів пероксидного окислення ліпідів у крові піддослідних свиноматок ( $M \pm m$ , $n = 5$ )

Показник	Контрольна група	Перша дослідна група	Друга дослідна група	Третя дослідна група
Гідропероксиди ліпідів, од. Е 480/мл	1,02±0,04	0,8±0,04**	0,92±0,01*	0,68±0,02***
Дієнові кон'югати, мкмоль/л	1,69±0,03	1,75±0,03	1,52±0,04**	1,21±0,04***
Малоновий діальдегід, нмоль/мл	2,18±0,03	1,96±0,05**	1,59±0,03***	1,38±0,03***

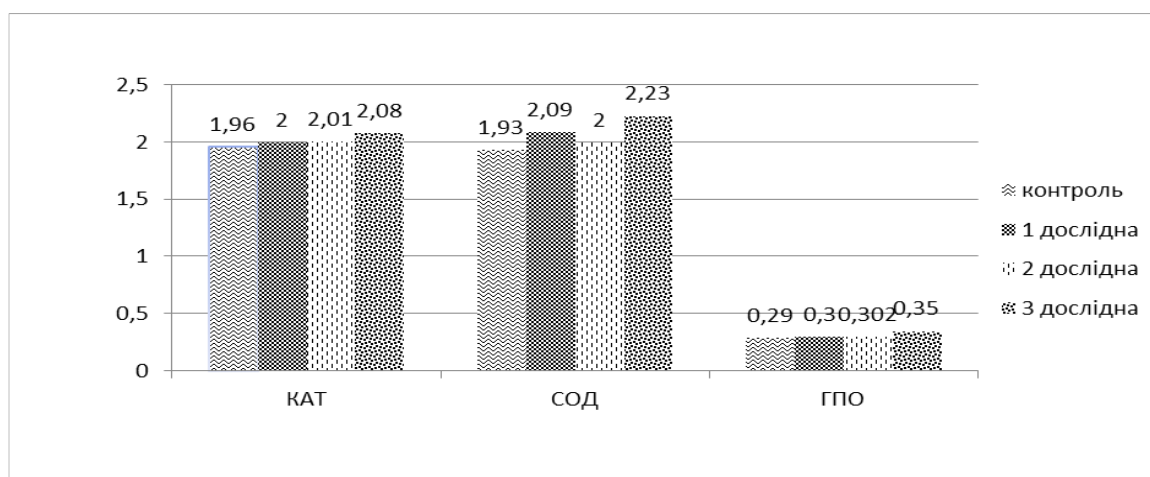
Примітка: \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$ .

Отримані дані показують, що при згодовуванні вітамінного препарату

Вікасол, оксидопротектора Алкосель та їх експериментальне поєднання у

досліджуваних дозах суттєво знижує вміст продуктів пероксидного окислення ліпідів (табл. 2). Зокрема, за дії вказаних препаратів як окремо, так і їх сумісного використання, встановлено зниження вмісту у крові дослідних тварин порівняно до тварин контрольної групи, гідрпероксидів ліпідів на 9,8–33,3 % ( $P < 0,05$ – $0,001$ ); дієнових кон'югатів – на 10,1–28,4 % ( $P < 0,01$ – $0,001$ ); малонового діальдегіду – на 10,1–36,7 % ( $P < 0,01$ – $0,001$ ). Незначне підвищення вмісту дієнових кон'югатів на 3,6 % у крові тварин, порівняно із контролем, виявлено лише у групі, яка отримувала у складі комбікорму 6 мг/кг Вікасолу, що очевидно, пояснюється незначною активністю процесів ліпопероксидації в органах і тканинах поросних свиноматок.

Ми також встановили, що у крові свиноматок контрольної групи, в порівнянні з дослідними, дещо знижена активність ензимів першої лінії захисту від супероксиданіонрадикалів і пероксиду водню, а саме супероксиддисмутази (СОД) і каталази (КАТ), та підвищенням рівня продуктів ПОЛ на що вказують результати й інших дослідників [19, 25]. Згодовування свиноматкам Вікасолу та Алкоселю, а також поєднане використання цих препаратів у комбікормі, викликає підвищення у крові активності обох досліджуваних ензимів (рис. 1). В крові свиноматок дослідних груп встановлено зростання активності СОД відповідно на 3,6; 8,3 та 15,54 % та САТ – на 2,5; 2,04 та 6,12 % відносно контролю (рис. 1).



**Рис. 1.** Зміни активності каталази, супероксиддисмутази і глутатіонпероксидази у крові піддослідних свиноматок ( $M \pm m$ ,  $n = 5$ )

Свідченням стану оксидативного стресу в організмі поросних свиноматок контрольної групи є також низький рівень активності глутатіонпероксидази у крові (рис. 1). При аліментарному застосуванні означених оксидопротекторів окремо, а також їх поєданого введення до раціону, активність глутатіонпероксидази у крові тварин дослідних груп зростає на 3,45; 4,14 і 20,7 % відносно свиноматок контрольної групи, які не отримували таких добавок (рис. 1).

Отримані результати в цілому свідчать про те, що підвищені стосовно

нормативів параметри температури і відносної вологості, а також наявність таких шкочинних газів у повітрі як оксид вуглецю, сірководень, аміак, оксид нітрогену та метан, в приміщеннях для утримання поросних свиноматок виявляють негативний вплив на перебіг метаболічних процесів в організмі тварин, зокрема інтенсифікують перебіг процесів ПОЛ та знижують активність ензимів антиоксидантної системи, а введення до складу комбікорму тварин препаратів Вікасол, Алкосель та їх сумісне використання в означених дозах виявляє

виражену позитивну коректувальну дію на вказані показники крові.

**Висновки.** 1. Підвищені параметри температури повітря до 27–30 °С та відносної вологості – 7–85 % стосовно норми у приміщенні для утримання порослих свиноматок посилюють процеси пероксидного окислення ліпідів в організмі, про що свідчать зміни у рівні інгредієнтів ПОЛ та активності ензимів АС у крові.

2. Застосування у раціонах свиноматок за вказаних дискомфортних умов мікроклімату приміщень Вікасолу зменшує у крові вміст гідропероксидів ліпідів на 21,6 %, малонового діальдегіду –

на 10,1 %, тоді як діє нових кон'югатів збільшує на 3,6 %, а використання Алкоселю – зменшує вказані показники на 9,8; 10,1 і 27,1 % відповідно. Поєднане використання обох препаратів теж знижує вміст досліджуваних продуктів пероксидного окислення ліпідів на 33,3; 28,4 та 36,7 % відносно контролю.

3. Введення до складу раціону тварин Вікасолу підвищує активність СОД у крові на 3,6 %, КАТ – на 2,5, ГПО – 3,45 %; Алкоселю – відповідно на 8,3; 2,04 та 4,14 %, а поєднане використання обох препаратів відповідно на 15,54; 6,12 і 20,7 % відносно свиноматок контрольної групи.

#### Список використаної літератури

1. Бабань О. А. Температурний стрес у свиноматок. *Тваринництво сьогодні*. 2017. № 6. С. 52–55.

2. Брамм М. Здоровий мікроклімат. *Тваринництво*. 2022. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://agrotimes.ua/article/zdorovyj-mikroklimat-dlya-svynej-na-svynokompleksi>. (дата звернення: 24.12.2023).

3. Бучко О. Система антиоксидантного захисту організму свиней за дії аскорбінової кислоти. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Вип. 71. С. 43–49.

4. ВНТП-АПК-02.05. Відомчі норми технологічного проектування Свиноарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). Мінагрополітики України, Київ, 2005. 97 с.

5. Волощук В. М. Вплив умов утримання на репродуктивні якості свиноматок. *Свинарство*. Полтава, 2013. Вип. 62. С. 27–32.

6. Дмитроца А. І. Metabolic processes in pigs and their productivity depending on the microclimate of the premises. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70 (2). С. 124–137.

7. Дмитроца А. І. Активність ензимів антиоксидантної системи у крові свиноматок залежно від мікроклімату приміщень. *Вісник аграрної науки*, 2023. № 9 (846). С. 82–86.

8. Дяченко Л. С., Сивик Т. Л., Титарьова О. М. Годівля свиней : навчальний посібник. Біла Церква, 2020. 53 с.

9. Іскра Р. Я. Особливості процесів пероксидного окислення ліпідів та антиоксидантного захисту організму свиноматок і порослят за внесення до раціону неорганічної сполуки хрому. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького*. 2012, № 2 (52). С. 33–38.

10. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / В. В. Влізлю та ін. Львів : СПОЛОМ. 2012. 764 с.

#### References

1. Baban O. A. Temperature stress in sows. *Tvarynnytstvo sohodni*. 2017. No. 6. P. 52–55.

2. Bramm M. Healthy microclimate. *Tvarynnytstvo*. 2022. [Electronic resource]. Access mode: <https://agrotimes.ua/article/zdorovyj-mikroklimat-dlya-svynej-na-svynokompleksi>. (last assessed: 24.12.2023).

3. Buchko O. The system of antioxidant protection of the body of pigs under the action of ascorbic acid. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya biologichna*. 2016. Issue 71. P. 43–49.

4. VNTP-APK-02.05. Departmental norms of technological design Pig farms (complexes, farms, small farms). *Minahropolityky Ukrainy*, Kyiv, 2005. 97 p.

5. Voloshchuk V. M. The influence of housing conditions on the reproductive qualities of sows. *Svynarstvo*. Poltava, 2013. Issue 62. P. 27–32.

6. Dmytrotsa A. I. Metabolic processes in pigs and their productivity depending on the microclimate of the premises. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2021. Issue 70 (2). P. 124–137.

7. Dmytrotsa A. I. The activity of enzymes of the antioxidant system in the blood of sows depending on the microclimate of the premises. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 2023, No. 9 (846). P. 82–86.

8. Diachenko L. S., Syvyk T. L., Tytarova O. M. Feeding pigs : tutorial. Bila Tserkva, 2020. 53 p.

9. Iskra R. Ya. Peculiarities of the processes of lipid peroxidation and antioxidant protection of the body of sows and piglets due to the addition of inorganic chromium compounds to the diet. *Naukovyi visnyk LNUVMBT im. S. Z. Hzhyskoho*. 2012, No. 2 (52). P. 33–38.

10. Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine: a handbook / V. V. Vlizlo et al. Lviv : SPOLOM. 2012. 764 p.

11. Petrovska I. R., Salyha Yu. T., Vudmaska I. V. *Statistical methods in biological research: educational*

11. Петровська І. Р., Салига Ю. Т., Вудмаска І. В. Статистичні методи в біологічних дослідженнях : навчально-методичний посібник. Київ : Аграрна наука, 2022. 172 с.
12. Пилипенко Є. Надійний захист тварин від теплового стресу. *Тваринництво сьогодні*. 2018. № 6. С. 55–57.
13. Ткачук О. Д. Вплив мікроклімату на основні показники резистентності свиней. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010, № 2. С. 136–140.
14. Brambilla G., Civitareale C., Ballerini A. Response to oxidative stress as a welfare parameter in swine. *Redox Rep*. 2002. 7. P 159–163.
15. Buchet A., Belloc C., Leblanc-Maridor M. Effects of age and weaning conditions on blood indicators of oxidative status in pigs. *PLoS ONE*. 2017. 12 (5). P. 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178487>.
16. Daramola J., Abioja M., Onagbesan O. Heat Stress Impact on Livestock Production. In *Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production*. Springer : Berlin/Heidelberg, Germany, 2012. P. 53–73.
17. Effect of climate and insemination technique on reproductive performance of gilt sand sows in a subtropical zone of Mexico / M. Mellado et al. *Journal of Veterinary Sciences*. Austral, 2018. Issue 50 (1). P. 27–34.
18. Effect of heat stress on oxidative stress status and reproductive performance of sows / Y. Zhao et al. *J Anim Sci*. 2011. 89. p. 108.
19. Effect of social ranks and gestation housing systems on oxidative stress status, reproductive performance, and immune status of sows / Y. Zhao et al. *J Anim Sci*. 2013. 91. P. 5848–5858.
20. Environmental and sow-related factors affecting the duration of farrowing / C. Oliviero et al. *Anim Reprod Sci*. 2010. 119. P. 85–91.
21. Fan Z., Xiao Y., Xie C. Effects of catechins on litter size, reproductive performance and antioxidative status in gestating sows. *Animal Nutrition*. 2015. Vol. 1. Issue 4. P. 271–275.
22. Hessing M., Coenen G., Vaiman M. Individual differences in cell-mediated and humoral immunity in pigs. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 1995. Vol. 45. Issue 1–2. P. 97–113.
23. Kohen R, Nyska A. Oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicol Pathol*. 2002. 30. P. 620–650.
24. Kranendonk G., Van der Mheen H., Fillerup M. Social rank of pregnant sows affects their body weight gain and behavior and performance of the offspring. *J Anim Sci*. 2007. 85. P. 420–429.
25. Lauridsen C. From oxidative stress to inflammation: redox balance and immune system. *Poultry Science*. 2019. Vol. 98, Issue 10. P. 4240–4246.
26. Monte D., Ross D., Bellomo G. Alterations in intracellular thio homeostasis during the metabolism of and methodological manual. Kyiv : Ahrarna nauka, 2022. 172 p.
12. Pylypenko Ye. Reliable protection of animals from heat stress. *Tvarynnystvo sohodni*. 2018. No. 6. P. 55–57.
13. Tkachuk O. D. The influence of microclimate on the main indicators of pig resistance. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2010, No. 2. P. 136–140.
14. Brambilla G., Civitareale C., Ballerini A. Response to oxidative stress as a welfare parameter in swine. *Redox Rep*. 2002. 7. P 159–163.
15. Buchet A., Belloc C., Leblanc-Maridor M. Effects of age and weaning conditions on blood indicators of oxidative status in pigs. *PLoS ONE*. 2017. 12 (5). P. 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178487>.
16. Daramola J., Abioja M., Onagbesan O. Heat Stress Impact on Livestock Production. In *Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production*. Springer : Berlin/Heidelberg, Germany, 2012. P. 53–73.
17. Effect of climate and insemination technique on reproductive performance of gilt sand sows in a subtropical zone of Mexico / M. Mellado et al. *Journal of Veterinary Sciences*. Austral, 2018. Issue 50 (1). P. 27–34.
18. Effect of heat stress on oxidative stress status and reproductive performance of sows / Y. Zhao et al. *J Anim Sci*. 2011. 89. p. 108.
19. Effect of social ranks and gestation housing systems on oxidative stress status, reproductive performance, and immune status of sows / Y. Zhao et al. *J Anim Sci*. 2013. 91. P. 5848–5858.
20. Environmental and sow-related factors affecting the duration of farrowing / C. Oliviero et al. *Anim Reprod Sci*. 2010. 119. P. 85–91.
21. Fan Z., Xiao Y., Xie C. Effects of catechins on litter size, reproductive performance and antioxidative status in gestating sows. *Animal Nutrition*. 2015. Vol. 1. Issue 4. P. 271–275.
22. Hessing M., Coenen G., Vaiman M. Individual differences in cell-mediated and humoral immunity in pigs. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 1995. Vol. 45. Issue 1–2. P. 97–113.
23. Kohen R, Nyska A. Oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicol Pathol*. 2002. 30. P. 620–650.
24. Kranendonk G., Van der Mheen H., Fillerup M. Social rank of pregnant sows affects their body weight gain and behavior and performance of the offspring. *J Anim Sci*. 2007. 85. P. 420–429.
25. Lauridsen C. From oxidative stress to inflammation: redox balance and immune system. *Poultry Science*. 2019. Vol. 98, Issue 10. P. 4240–4246.
26. Monte D., Ross D., Bellomo G. Alterations in intracellular thio homeostasis during the metabolism of



menadione by isolated rat hepatocytes. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1984. V. 235 (2). P. 334–342. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(84\)90206-6](https://doi.org/10.1016/0003-9861(84)90206-6).

27. Oxidative stress, antioxidants and intestinal calcium absorption / G. D. D. Barboza et al. *World Journal of Gastroenterology*. 2017. V. 23 (16). P. 2841. <https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i16.2841>.

28. Prolonged duration of farrowing is associated with subsequent decreased fertility in sows / C. Olivier et al. *Theriogenology*. 2013. 79. P. 1095–1099.

29. Resveratrol Reduces Oxidative Stress and Apoptosis in Podocytes via Sir2-Related Enzymes, Sirtuins1 (SIRT1)/Peroxisome Proliferator-Activated Receptor  $\gamma$  Co-Activator 1 $\alpha$  (PGC-1 $\alpha$ ) Axis / T. Zhang et al. *Med Sci. Monit*. 2019. 25. P. 1220–1231.

30. Sies H., Berndt C., Jones D. P. Oxidative Stress. *Annual Review of Biochemistry*. 2017. Vol. 86. P. 715–748. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-061516-045037>.

31. Zhang Q., Li J., Wu De. Dietary supplementation of *Bacillus subtilis* PB6 improves sow reproductive performance and reduces piglet birth intervals. *Animal Nutrition*. 2020. Vol. 6, Issue 3. P. 278–287.

*Biochemistry and Biophysics*. 1984. V. 235 (2). P. 334–342. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(84\)90206-6](https://doi.org/10.1016/0003-9861(84)90206-6).

27. Oxidative stress, antioxidants and intestinal calcium absorption / G. D. D. Barboza et al. *World Journal of Gastroenterology*. 2017. V. 23 (16). P. 2841. <https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i16.2841>.

28. Prolonged duration of farrowing is associated with subsequent decreased fertility in sows / C. Olivier et al. *Theriogenology*. 2013. 79. P. 1095–1099.

29. Resveratrol Reduces Oxidative Stress and Apoptosis in Podocytes via Sir2-Related Enzymes, Sirtuins1 (SIRT1)/Peroxisome Proliferator-Activated Receptor  $\gamma$  Co-Activator 1 $\alpha$  (PGC-1 $\alpha$ ) Axis / T. Zhang et al. *Med Sci. Monit*. 2019. 25. P. 1220–1231.

30. Sies H., Berndt C., Jones D. P. Oxidative Stress. *Annual Review of Biochemistry*. 2017. Vol. 86. P. 715–748. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-061516-045037>.

31. Zhang Q., Li J., Wu De. Dietary supplementation of *Bacillus subtilis* PB6 improves sow reproductive performance and reduces piglet birth intervals. *Animal Nutrition*. 2020. Vol. 6, Issue 3. P. 278–287.