

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біології тварин
доктор біологічних наук, професор
Сахацький М.І.
«1» грудня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ
СОБОЛЮ ВЛАДИСЛАВУ ОЛЕКСАНДРОВИЧУ**

Спеціальність 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Аналіз абіотичних стресорів у птахівництві» затверджена наказом ректора НУБіП України від «07» 05. 2025 р. № 770 «С». Термін подання завершеної роботи на кафедру 10.11.2024 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: спеціальна, періодична література та нормативна документація з питань досліджень.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- 1) Аналіз координації стресової реакції у птиці;
- 2) Поведінкові та фізіологічні реакції сільськогосподарської птиці на високу та низьку температуру навколишнього середовища;
- 3) Поведінкові та фізіологічні реакції сільськогосподарської птиці на вплив шуму навколишнього середовища;
- 4) Поведінкові та фізіологічні реакції сільськогосподарської птиці на вплив вібрації навколишнього середовища;
- 5) Поведінкові та фізіологічні реакції сільськогосподарської птиці на вплив світлових стресорів.

Дата видачі завдання «1» грудня 2024 р.

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

к. с.-г., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ **Юлія ОСАДЧА**
(підпис) (ПІБ)

**Завдання прийняв до виконання
СОБОЛЬ**

_____ **Владислав**
(підпис) (ПІБ)

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 КООРДИНАЦІЯ СТРЕСОВОЇ РЕАКЦІЇ У ПТИЦІ	11
РОЗДІЛ 2 ТЕМПЕРАТУРНІ СТРЕСОРИ	15
2.1. Тепловий стрес у птиці	16
2.1.1. Поведінкові реакції сільськогосподарської птиці на високу температуру навколишнього середовища	17
2.1.2. Фізіологічні реакції птиці на високу температуру навколишнього середовища	18
2.1.3. Вплив теплового стресу на імунітет і здоров'я кишківника птиці	20
2.2. Холодовий стрес у птиці	22
2.2.1. Фізіологічні та імунологічні реакції на холодний стрес	22
2.2.2. Вплив холодного стресу на продуктивність птиці	24
РОЗДІЛ 3 ШУМОВИЙ СТРЕС У ПТАХІВНИЦТВІ	25
3.1. Вплив шуму на продуктивність курей та їх поведінку	26
3.2. Вплив шуму на фізіологічний стан організму птиці	28
РОЗДІЛ 4 ВІДБАЦІЙНИЙ СТРЕС У ПТАХІВНИЦТВІ	31
4.1. Вплив вібрації на яєчну продуктивність птиці	32
4.2. Вплив вібрації на м'ясну продуктивність птиці	33
РОЗДІЛ 5 СВІТЛОВІ СТРЕСОРИ У ПТАХІВНИЦТВІ	36
5.1. Порушення природного освітлення	36
5.2. Вплив інтенсивності світла або освітленості на продуктивність, фізіологічний стан та поведінку птиці	38
5.3. Вплив режиму фотоперіоду або програми освітлення на продуктивність, фізіологічний стан та поведінку птиці	42
ВИСНОВКИ	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	45

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота: 73 с., 4 рис., 258 джерела.

СТРЕС, КУРИ, ПОВЕДІНКОВІ РЕАКЦІЇ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ТЕПЛОВІ СТРЕСОРИ, СВІТЛОВІ СТРЕСОРИ, ШУМОВІ СТРЕСОРИ, ВІДБАЦІЙНІ СТРЕСОРИ

Об'єкт дослідження: фізіологічні реакції організму курей на вплив абіотичних стресорів

Метою роботи був аналіз абіотичних стресорів у птахівництві та дослідження їх впливу на фізіологічний стан організму та продуктивність птиці.

Методи дослідження: аналітичні, описові.

У роботі висвітлено питання розгляду та аналізу абіотичних стресорів у птахівництві, які можуть призвести до змін метаболізму, поведінки та імунітету у сільськогосподарської птиці. Хронічний стрес може призвести до нейробиологічних змін, які впливають на структуру мозку. Хоча з хвороботворними мікроорганізмами можна боротися за допомогою звичайних профілактичних заходів, абіотичні фактори, такі як температура та шум, можуть бути складнішими для контролю. Зміна клімату посилить ці проблеми, і в майбутньому очікується більше епізодів екстремальних температур і шуму. Крім того, збої в режимах освітлення або недостатня інтенсивність освітлення можуть негативно вплинути на продуктивність птиці. У той час як досліджень пов'язаних з температурними подразниками збільшилося, детальне розуміння всіх абіотичних стресорів залишається мало вивченим і є необхідним для розробки оптимізованих технологій виробництва продукції птахівництва. Наукове співтовариство також має вивчити складну взаємодію між сільськогосподарською птицею та її середовищем промислового існування для розробки ефективних технологічних рішень.

ABSTRACT

Bachelor's qualification work: 73 p., 4 fig., 258 sources.

STRESS, CHICKENS, BEHAVIORAL REACTIONS, PRODUCTIVITY, HEAT STRESSORS, LIGHT STRESSORS, NOISE STRESSORS, REJECTION STRESSORS

Object of the study: physiological reactions of the chicken organism to the influence of abiotic stressors

The aim of the work was to analyze abiotic stressors in poultry farming and study their impact on the physiological state of the organism and poultry productivity.

Research methods: analytical, descriptive.

The work highlights the issue of consideration and analysis of abiotic stressors in poultry farming, which can lead to changes in metabolism, behavior and immunity in farm poultry. Chronic stress can lead to neurobiological changes that affect the structure of the brain. While pathogens can be controlled with conventional preventive measures, abiotic factors such as temperature and noise can be more difficult to control. Climate change will exacerbate these problems, and more extreme temperature and noise episodes are expected in the future. In addition, disruptions in lighting regimes or insufficient light intensity can negatively affect poultry performance. While research related to temperature stimuli has increased, a detailed understanding of all abiotic stressors remains poorly understood and is necessary to develop optimized poultry production technologies. The scientific community also needs to study the complex interactions between farmed poultry and their industrial environment to develop effective technological solutions.

ВСТУП

Актуальність теми. Стрес у птиці можна визначити як фізіологічну та психологічну реакцію на зовнішні та внутрішні фактори, які порушують гомеостаз або нормальний фізіологічний баланс організму [62, 165]. Ці фактори можуть включати параметри середовища існування, зміни температури, шуму, вібрації, наявність їжі та соціальні взаємодії [122]. У відповідь на стрес птиця зазвичай відчуває ряд фізіологічних відгуків організму, включаючи вивільнення гормонів стресу, таких як кортикостерон. Ці гормони можуть мати далекосяжний вплив на організм птиці та спрямовані на те, щоб допомогти їй впоратися з негайними викликами як навколишнього, так і внутрішнього середовища. Однак хронічний або надмірний стрес може мати шкідливий вплив на здоров'я та самопочуття птиці [82]. Загальні ознаки стресу у птиці включають зміну поведінки, зміни апетиту, втрату маси тіла, зниження репродуктивної функції, порушення імунної функції та підвищену сприйнятливість до захворювань [57, 157, 211].

У контексті птахівництва безліч факторів сприяє створенню складної мережі стресових факторів. Наприклад, екологічні стресори, такі як коливання температури, рівень вологості, якість повітря та умови освітлення, можуть суттєво вплинути на здоров'я, ріст і продуктивність свійської птиці [163]. Наприклад, Iragi E. та ін. [113] стверджує, що термічний стрес негативно впливає на добробут і продуктивність птиці. Далі автори описали, що термічні маніпуляції під час інкубації яєць і піддавання яєць вищим температурам (39,5 °C з відносною вологістю 60 %) з 12 по 18 день покращують ембріональний розвиток, виводимість яєць та якість курчат. Після вилуплення ці курчата характеризуються кращою переносимістю підвищених температур навколишнього середовища та вищою масою тіла. Дослідження рекомендує термічну маніпуляцію протягом 12–18 днів інкубації, оскільки вона позитивно впливає на продуктивність як до, так і після виведення курчат, підвищення продуктивності та добробуту птиці. У подібному дослідженні Soliman A.S. з колегами [216] показали, що використання світлодіодного освітлення замість

ламп розжарювання для племінних курей-бройлерів значно підвищило продуктивність, включаючи масу тіла, конверсію корму та несучість. Ці переваги зберігалися упродовж періоду використання птиці, роблячи світлодіодне освітлення дуже ефективним варіантом для підвищення продуктивності та добробуту курей. Екстремальні коливання температури можуть призвести до теплового або холодного стресу, що негативно впливає на комфорт і продуктивність птиці. Погана якість повітря може спричинити проблеми з диханням у птиці, а недостатнє освітлення може порушити їх природні біологічні ритми [132]. Подібним чином технологічні стресори тісно пов'язані з практикою управління, яка використовується на птахофабриках, і охоплюють різні аспекти, такі як дизайн приміщення, процедури обробки та стратегії годівлі. Переуцілені або погано провітрювані пташники можуть створити стресове середовище та сприяти спалаху захворювань. Неналежне поводження під час транспортування або звичайних процедур також може мати негативний вплив на добробут птиці [19]. Годівля є життєво важливим фактором, оскільки незбалансоване харчування може призвести до поганого росту, зниження продуктивності та, навіть, загибелі. Ефективне управління цими стресовими технологічними факторами має вирішальне значення для забезпечення загального добробуту птиці та оптимізації результатів виробництва продукції птахівництва [133]. Для прийняття обґрунтованих рішень та розробки ефективних стратегій керування й пом'якшення потенційних технологічних стресових факторів, важливо розуміти їх складність. Таким чином, мета роботи полягала в комплексному дослідженні абіотичних стресових факторів, які впливають на птицю в умовах її промислового утримання.

Мета і завдання досліджень. **Мета роботи** – аналіз абіотичних стресорів у птахівництві та дослідження їх впливу на фізіологічний стан організму та продуктивність птиці.

Для виконання мети були поставлені наступні **завдання**:

– проаналізувати координації стресової реакції у птиці;

- вивчити поведінкові та фізіологічні реакції сільськогосподарської птиці на високу та низьку температуру навколишнього середовища;
- вивчити поведінкові та фізіологічні реакції сільськогосподарської птиці на вплив шуму навколишнього середовища;
- вивчити поведінкові та фізіологічні реакції сільськогосподарської птиці на вплив вібрації навколишнього середовища;
- вивчити поведінкові та фізіологічні реакції сільськогосподарської птиці на вплив світлових стресорів.

Об'єкт дослідження: фізіологічні реакції організму курей на вплив абіотичних стресорів.

Предмет дослідження – фізіологічний стан організму, поведінка та продуктивність курей.

Методи досліджень: аналітичні, описові.

Наукова новизна одержаних результатів. Показано, що абіотичні стресори можуть призвести до змін метаболізму, поведінки та імунітету у сільськогосподарської птиці. Хронічний стрес може призвести навіть до нейробіологічних змін, які впливають на структуру мозку. Інтеграція стресу в організмі птиці є складним і добре скоординованим процесом, який залучає різні фізіологічні та нейронні системи, що працюють разом для реагування на передбачувані загрози або виклики. Ця реакція на стрес охоплює реакцію організму як на внутрішні, так і на зовнішні стресори, що призводить до серії взаємопов'язаних подій в організмі птиці.

Реакція птиці на стресори включає в себе розпізнавання та передачу сприйнятих подразників, що активує нейрофізіологічні процеси, які ініціюють фізіологічну реакцію. Ця організована реакція включає в себе залучення центральної нервової системи, ендокринної системи та імунної системи та впливає на поведінку птиці у боротьбі з стресовим викликом.

Практичне значення одержаних результатів. Чітке розуміння наслідків впливу на організм курей абіотичних стресорів відкриває шлях до розробки науково обґрунтованих методів профілактики адаптаційного синдрому, зокрема

– вибору фізіологічно оптимальної сили технологічних подразників за промислових умов утримання курей для забезпечення їх здоров'я, добробуту, підвищення продуктивності за раціональних параметрів економічної ефективності виробництва.

Особистий внесок здобувача. Здобувач самостійно здійснив аналіз літературних даних за темою роботи, опрацював методики та описав отримані результати аналізу літературних джерел, за допомоги наукового керівника сформував висновки та пропозиції.

Структура і обсяг роботи. Бакалаврська робота складається зі вступної частини, огляду літератури, експериментальної частини, висновків, пропозицій виробництву та списку літератури. Робота викладена на 81 сторінки. Список літератури має 258 найменувань.

РОЗДІЛ І

КООРДИНАЦІЯ СТРЕСОВОЇ РЕАКЦІЇ У ПТИЦІ

Інтеграція стресу в організмі тварин є складним і добре скоординованим процесом, який залучає різні фізіологічні та нейронні системи, що працюють разом для реагування на передбачувані загрози або виклики. Ця реакція на стрес охоплює реакцію організму як на внутрішні, так і на зовнішні стресори, що призводить до серії взаємопов'язаних подій в організмі птиці [122]. Реакція на стресори починається з виявлення й сигналізації про передбачувану загрозу в біологічних механізмах тварини. Згодом це запускає активацію нейрофізіологічних процесів, спрямованих на ініціювання біологічної відповіді для протидії та пом'якшення потенційної шкоди [52]. Примітно, що різні сенсорні детектори не лише отримують інформацію про стресор, але й перетворюють ці дані в нейронні сигнали. Потім ці сигнали передаються як до когнітивних, так і до некогнітивних центрів нервової системи, сприяючи генерації синхронізованої реакції на виклик, що виникає. Ця скоординована реакція передбачає взаємодію між центральною нервовою системою, ендокринною системою та імунною системою, які разом реагують на стресові подразники та впливають на поведінку птиці, як показано на рисунку 1. Наявність загальних гормонів, нейротрансмітерів і рецепторів у цих трьох системах підкреслює існування зв'язку та взаємодії між ними [239]. Реакція птиці на стресори включає в себе розпізнавання та передачу сприйнятих подразників, що активує нейрофізіологічні процеси, які ініціюють фізіологічну реакцію. Ця організована реакція включає в себе залучення центральної нервової системи, ендокринної системи та імунної системи та впливає на поведінку птиці у боротьбі з стресовим викликом.

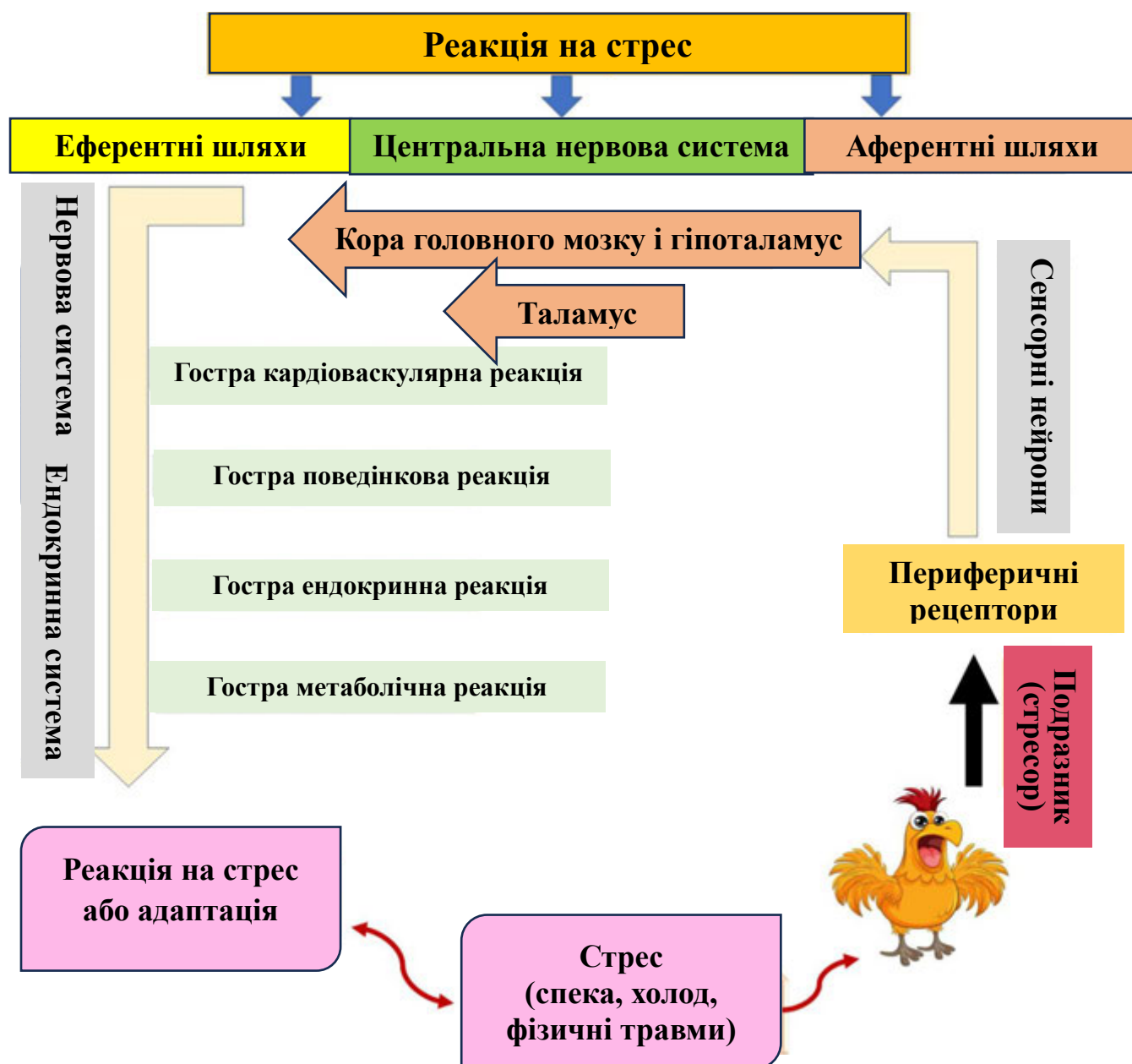


Рис. 1. Механізм стресової відповіді у птиці.

Початкове сприйняття стресора викликає складну реакцію у птиці, покладаючись на її сенсорні системи для виявлення змін навколишнього середовища або потенційних загроз. Потім ця сенсорна інформація передається в певні області мозку, такі як мигдалеподібне тіло та префронтальна кора головного мозку, які оцінюють значимість і потенційну небезпеку стресора. Ці області мозку відіграють ключову роль у визначенні того, чи є реакція на стрес виправданою [145]. Як тільки мозок визначає стресор як значний, він запускає активацію осі гіпоталамус-гіпофіз-наднирники (НРА), фундаментальної регуляторної системи в організмі. Гіпоталамус, невелика, але важлива

структура мозку, вивільняє кортикотропін-рилізінг-гормон (CRH), який переноситься через порталну кровоносну систему гіпофіза до передньої частки гіпофіза. У передній долі гіпофіза він сприяє синтезу та вивільненню гормонів, включаючи адренкортикотропний гормон (АКТГ), β -ендорфін, β -ліпотропін і α -меланоцитстимулюючий гормон/ α -меланотропін [73, 122]. Підвищення рівня глюкокортикоїдів у кровотоці може потенційно стримувати секрецію АКТГ гіпофізом, представляючи механізм контролю зворотного зв'язку. Тим не менш, вивільнення АКТГ залишається залежним від інтенсивності стресора та на нього впливає точно налаштована система зворотного зв'язку на основі чутливості. Помірні стресори можуть, отже, відчувати поступове гальмування через глюкокортикоїдний зворотний зв'язок, тоді як більш серйозні стресори менш імовірно будуть придушені [32, 64].

Вивільнення гормонів стресу, таких як кортикостерон, має глибокий і широко розповсюджений вплив на весь організм. Ці фізіологічні зміни спрямовані на підготовку птиці до негайної реакції на передбачувану загрозу. Наприклад, підвищення рівня глюкози в крові забезпечує швидке джерело енергії для реакції «боротьба або втеча» [57]. Крім того, частота серцевих скорочень і артеріальний тиск зростають, забезпечуючи достатню доставку кисню до критичних тканин. Дихальна система реагує розширенням бронхіол, сприяючи посиленому надходженню кисню. Однак травна система зазнає тимчасових змін, оскільки травлення та засвоєння поживних речовин зупиняються, перенаправляючи ресурси в інше, більш критично необхідне місце [122, 239]. Стрес також може тимчасово пригнічувати реакцію імунної системи, роблячи птицю сприйнятливішою до інфекцій. Доведено, що як фізичні, так і психологічні стресори пригнічують активність Т- і В-лімфоцитів, а також природних клітин-кілерів. Крім того, вони можуть зменшувати вироблення певних цитокінів, включаючи інтерлейкін-2 (IL-2) та інтерферон- γ (IFN- γ). Цитокіни, такі як IL-1, IL-6, фактор некрозу пухлини- α (TNF- α) та IFN- γ , відіграють вирішальну роль як медіатори в імунних і патологічних реакціях, викликаних як стресом, так і інфекцією [218].

Стрес також може призвести до посилення емоційних реакцій і формування емоційних спогадів, пов'язаних зі стресовою подією. Однак гіпокамп, життєво важлива область мозку, відіграє балансуєчу роль, забезпечуючи негативний зворотний зв'язок з віссю НРА, допомагаючи припинити реакцію на стрес, коли сприйнята загроза зникне [201, 214]. Хронічний або повторюваний вплив стресових факторів може мати довготривалий вплив на нейробіологію тварини, спричиняючи структурні зміни в мозку, особливо в таких областях, як мигдалеподібне тіло та гіпокамп [232, 247].

Таким чином, стрес запускає серію реакцій в організмі птиці. Однак, залежно від походження та сили подразника, тобто джерела та інтенсивності стресу, деякі реакції можуть бути більш вираженими, ніж інші, з пригніченням або стимуляцією певних шляхів. Відповідно до сучасної літератури, такі фактори, як температура, шум, вібрація та інтенсивність світла, є одними з найбільш часто зареєстрованих абіотичних стресорів у птахівництві. Тому важливо дослідити, як ці технологічні подразники модулюють реакції птиці, оскільки це може мати значні наслідки для ефективності виробництва продукції птахівництва.

РОЗДІЛ 2

ТЕМПЕРАТУРНІ СТРЕСОРИ

У контексті промислового птахівництва температура відіграє ключову роль упродовж всього онтогенезу птиці, включаючи як ембріональний розвиток, так і постембріогенез [236]. Сільськогосподарська птиця має обмежену здатність регулювати температуру свого тіла, особливо коли температура навколишнього середовища не знаходиться у вузькому діапазоні 16–26 °С. Ця характеристика робить свійську птицю, особливо сучасних кросів, отримана в результаті багаторічної селекційної роботи, вразливою до високих і низьких температур навколишнього середовища [169]. Наприклад, під час ембріонального розвитку багатьом видам, які використовуються у промисловому птахівництві, потрібна температура вище 36 °С [238]. Крім того, відхилення від оптимальної температури, такі як вплив низьких температур у перший тиждень після вилуплення, можуть призвести до серйозних проблем зі здоров'ям і, зрештою, до смертності курчат [167, 253]. Навпаки, бройлери, наприклад, демонструють оптимальний ріст за температури повітря у пташнику від 20 °С до 24 °С після 27-денного віку. Таким чином, розуміння фізіологічного впливу екстремальних коливань температури на птиці має вирішальне значення. Як тепловий, так і холодний стрес мають шкідливий вплив на організм (рис. 2), що підкреслює важливість розуміння складного зв'язку між температурними коливаннями та фізіологією птиці [33]. Сільськогосподарська птиця може проявляти поведінкові, фізіологічні та імунологічні реакції у відповідь як на холод, так і на тепловий стрес, що може мати негативний вплив на її здоров'я, продуктивність та самопочуття. Коливання температури навколишнього середовища можуть суттєво вплинути на метаболізм птиці, збільшуючи чи зменшуючи витрати енергії або порушуючи нормальні фізіологічні процеси в її організмі.

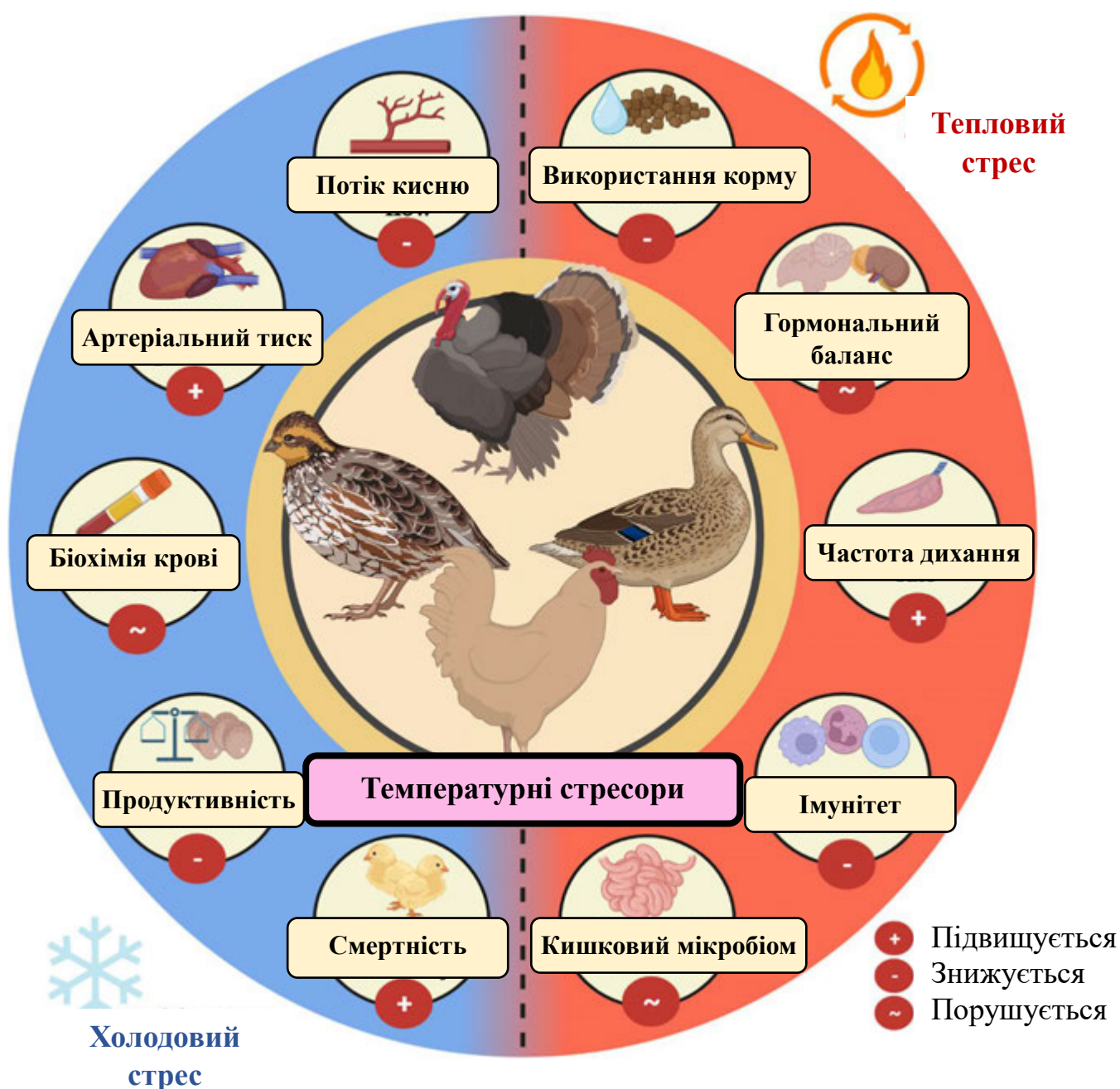


Рис. 2. Вибрані встановлені або запропоновані ефекти теплових стресорів на свійську птицю.

2.1. Тепловий стрес у птиці

Тепловий стрес виникає, коли природні механізми охолодження організму намагаються ефективно розсіювати тепло, що призводить до помітного підвищення температури тіла [90, 171]. На відміну від ссавців, птиця не має здатності потіти, що суттєво обмежує її здатність охолоджуватися в умовах високої температури [168, 170]. Під час епізодів теплового стресу відбувається

складна взаємодія поведінкових, імунологічних та фізіологічних змін, що глибоко впливає на здоров'я та продуктивність всіх видів птиці [90]. Ці зміни у відповідь на підвищені температури є багатограними та включають низку зрушень, пов'язаних із метаболізмом [207].

2.1.1. Поведінкові реакції сільськогосподарської птиці на високу температуру навколишнього середовища

Однією з суттєвих змін у поведінці птиці, яка перенесла тепловий стрес, є зміни її рухової діяльності [241]. Для мінімізації виділення тепла, птиця прагне обмежити свої рухи, вважаючи за краще залишатися в нерухомому положенні. Заслужують на увагу результати дослідження з використанням комплексного 24-годинного моніторингу камерою, яке показало, що бройлери, які перебували під тривалим впливом високих температур навколишнього середовища, переважно займали сидячу позу, встаючи лише за необхідності, насамперед для доступу до джерел води [45]. Крім того, споживання корму помітно зменшується, головним чином через тепло, що виділяється під час його споживання. Це зменшення споживання корму не тільки перешкоджає росту, але й серйозно обмежує засвоєння основних поживних речовин, впливаючи на загальний розвиток і продуктивність [2]. І навпаки, специфічна поведінка посилюється під час епізодів теплового стресу. Наприклад, спостерігається збільшення споживання води птицею, яка страждає від теплового стресу [6]. Нещодавні дослідження показали, що бройлери, які піддаються циклічним тепловим стресам, підвищують співвідношення води до корму більш ніж на 30 %, підкреслюючи вирішальну роль гідратації в пом'якшенні наслідків теплового стресу [48]. Більше споживання води життєво важливе для підтримки оптимального вмісту води в організмі, забезпечуючи полегшення життєво важливих фізіологічних функцій, незважаючи на складні температурні умови [28, 41]. Крім того, спостереження показують, що птиця, як правило, приймає певні пози для посилення охолодження [258]. Розправлені крила та надмірне дихання стають звичайною поведінкою для курей, особливо коли температура

перевищує оптимальний для них діапазон [45, 138]. У підлогових системах утримання кури інстинктивно накриваються підстилкою, створюючи шар, який сприяє охолодженню через випаровування вологи. Ці тонкі адаптації поведінки відіграють ключову роль у здатності птиці справлятися з тепловим стресом, підкреслюючи специфічні засоби, за допомогою яких різні види птиці реагують на виклики навколишнього середовища.

2.1.2. Фізіологічні реакції птиці на високу температуру навколишнього середовища

Друга категорія змін, пов'язаних з тепловим стресом, – це фізіологічні. Фізіологічні зміни в організмі птиці можуть істотно порушити різні функції і процеси організму. Одним з критичних аспектів цих фізіологічних змін є індукція окислювального стресу через тепло. Окислювальний стрес виникає внаслідок дисбалансу між вільними радикалами та антиоксидантною системою організму [7, 167]. Зазвичай клітини виробляють активні форми кисню (АФК) під час своєї регулярної діяльності, але ці АФК зазвичай усуваються за допомогою механізмів детоксикації в організмі. Однак тепловий стрес порушує цей баланс двома способами: він або збільшує виробництво АФК, або знижує ефективність першої лінії захисту організму, а саме каталази, глутатіонпероксидази і супероксиддисмутази. Саме супероксиддисмутаза відіграє ключову роль, каталізуючи перетворення супероксидних радикалів у перекис водню та кисень [165]. Згодом каталаза перетворює перекис водню в нешкідливу воду та кисень [142], тоді як глутатіонпероксидаза відновлює органічні гідропероксидази у відповідні спирти за допомогою глутатіону. Коли в організмі є надлишок АФК через тривалий вплив тепла, ці молекули пошкоджують важливі компоненти клітини, такі як білки, ліпіди та особливо ДНК [23]. Тяжкість окисного стресу, викликаного теплом, залежить від таких факторів, як інтенсивність і тривалість впливу подразника [99, 167]. У той час як рівень антиоксидантних ензимів може спочатку підвищуватися під час настання теплового стресу, тривалий вплив неминуче призводить до хронічного

зниження рівня ензимів, посилюючи шкідливий вплив окислювального стресу на клітини організму [89, 90, 98].

Іншою фізіологічною зміною, пов'язаною з тепловим стресом, є порушення кислотно-лужного балансу [42]. У результаті дихання птиця збільшує частоту дихання та охолодження легенів шляхом випаровування води [235]. Це часто призводить до більшого виділення вуглекислого газу дихальними шляхами, що перевищує вироблення вуглекислого газу клітинами [65]. Відповідно, стандартна бікарбонатна буферна система в крові зазнає змін [43]. Зокрема, рівні вугільної кислоти та іонів водню знижуються, тоді як рівні іонів бікарбонату залишаються високими [177]. Це явище, відоме як респіраторний алкалоз, серйозно впливає на функцію нирок [230]. Дисбаланс у кислотно-лужному стані крові був пов'язаний із зниженням продуктивності як у бройлерів, так і у несучок [74]. Хоча зниження продуктивності є результатом багатьох факторів, на нього також сильно впливає споживання корму [67]. Фізіологічне пояснення зниження споживання під час теплового стресу пояснюється гормональними змінами [147]. Нейронально-гіпоталамічна вісь відіграє вирішальну роль у регулюванні споживання корму та енергетичного гомеостазу [90]. Різні гормони беруть участь у підтримці споживання корму та енергетичного балансу через нейронно-гіпоталамічну вісь [202]. Попередні дослідження показали, що у домашньої птиці грелін і холецистокінін є початковими гормонами, які беруть участь у регуляції апетиту [109, 215]. Рівні мРНК і концентрації греліну та холецистокініну були значно змінені в крові та основних частинах шлунково-кишкового тракту бройлерів і несучок після впливу теплового стресу [105, 134, 147]. Ці гормональні зміни також були тісно пов'язані з рівнями кортикотропін-рилізінг гормону [140]. Тривалий вплив стресу викликає активацію осі НРА, що призводить до секреції кортикотропін-рилізінг гормону з гіпоталамуса [163]. Це ініціює каскад гормональних реакцій, під час яких гіпофіз активується для вивільнення АКТГ [167]. АКТГ, у свою чергу, стимулює виробництво та вивільнення кортикостероїдів наднирковими залозами [50]. Отже, це пояснює, чому кортикостероїди, особливо

кортикостерон, використовувалися як біомаркери теплового стресу у сільськогосподарської птиці [112, 125].

2.1.3. Вплив теплового стресу на імунітет і здоров'я кишківника птиці

Вплив теплового стресу на ендокринну систему призводить до імуносупресії, прямого наслідку цієї фізіологічної модифікації [33, 114]. Імунна відповідь жорстко регулюється центральною нервовою системою через складну мережу, що включає нервову, ендокринну та імунну системи [69]. В останні роки широкі дослідження засвідчили згубний вплив теплового стресу на сільськогосподарську птицю, постійно виявляючи зниження імунних функцій. Зокрема, тривалий вплив підвищеної температури навколишнього середовища пов'язаний із зниженням індексів лімфоїдних органів, що вказує на скомпрометовану імунну систему [205]. Більше того, нижча відносна вага печінки у курей-несучок, які перенесли тепловий стрес, і різке зниження циркулюючих антитіл, зокрема IgM та IgA, спостерігалися у бройлерів, які піддавались температурі навколишнього середовища вище рекомендованого діапазону [18, 20]. Що стосується клітинно-опосередкованої імунної відповіді, дослідники задокументували зниження фагоцитарної активності макрофагів, зниження кількості Т-лімфоцитів і зниження експресії інтерлейкінів у бройлерів, які стикаються з проблемами теплового стресу [108, 183]. Припускають, що більш високі рівні кортикостероїдів і катехоламінів, які спостерігаються під час теплової травми, можуть погіршувати проліферацію імунних клітин і вироблення антитіл, що може пояснити зменшення розміру лімфоїдних органів [90].

Було встановлено, що тепловий стрес у сільськогосподарської птиці може мати значний вплив на системну імунну відповідь, роблячи її більш сприйнятливою до патогенів, особливо через шлунково-кишковий тракт [47]. Шлунково-кишковий тракт птиці складається зі слизової оболонки та одного шару клітин, які називаються ентероцитами і утримуються разом завдяки щільним з'єднанням [203]. Гуморальний і клітинно-опосередкований

компоненти імунної системи діють як перша лінія захисту від патогенів у кишечнику. Під час теплового стресу зниження доступності кисню, запалення та обмежене споживання корму можуть порушити цілісність кишкового бар'єру, що призводить до обмеженого виробництва травних ферментів, а це, у свою чергу, може спричинити окислювальний стрес і пошкодження слизової [90]. Описані дослідження показали, що тепловий стрес може спричинити хронічні пошкодження стінок кишківника, відшарування головки ворсинок і відшарування епітеліальних клітин [104, 139, 162]. Крім того, було виявлено, що тепловий стрес знижує експресію таких генів, як *occludin* і *zonula occludens*, які є бар'єрними молекулами, відповідальними за з'єднання між ентероцитами в кишківнику птиці [58]. В результаті проникність кишківника збільшується, дозволяючи таким збудникам, як *Clostridium spp.* і *Campylobacter* проникати безпосередньо в кров [204]. Недавні дослідження з використанням передових методів секвенування також підтвердили, що мікробне різноманіття та склад мікробіому кишківника птиці значно змінюються під час теплового стресу, оскільки різко зростає відносна кількість шкідливих бактерій. Окрім розповсюдження патогенних бактерій, тепловий стрес також пов'язаний зі змінами в кількості мікробних таксонів, починаючи від рівня видів. Примітно, що тривалий вплив теплового стресу зменшує чисельність *Bacteroidetes* у мікробіомі сліпої кишки бройлерів [91]. Вважається, що це зменшення опосередковується нижчою популяцією *Bacteroidetes*, що спостерігається в тонкому кишківнику, оскільки є докази їх здатності кодувати вуглеводно-активні ензими [80]. Крім того, інші науковці повідомляли про збільшення чисельності *Verrucomicrobia* після теплового стресу, що пов'язано з деградацією експресії гена муцину у бройлерів [91].

Випробування з оцінки кишкової мікробіоти інших видів сільськогосподарської птиці, окрім курей, також підтвердили мікробні зміни, пов'язані з тепловим стресом. Було показано, що на нижчих таксономічних рівнях тепловий стрес збільшує чисельність і без того переважно домінуючих родів *Lactobacillus* у тонкому кишківнику качок, підкреслюючи нижчу

рівномірність мікробних видів, пов'язаних із тепловим стресом, про які раніше згадувалося у курей [233]. У перепелів було повідомлено про подібні результати, при цьому тепловий стрес не тільки зменшував багатство видів і рівномірність, але також ідентифікував *Verrucomicrobia* як мікробні біомаркери [186]. Таким чином, сучасні знання свідчать про те, що тепловий стрес має значний вплив на фізіологічний стан кишківника птиці, подальші дослідження все ще тривають.

2.2. Холодовий стрес у птиці

Холодовий стрес може виникнути у свійської птиці в результаті впливу температур, нижчих за рекомендований діапазон для вирощування. На відміну від теплового стресу, який є добре задокументованим явищем, холодний стрес менш поширений у сучасній літературі. Дійсно, через глобальне підвищення температури на нашій планеті, поточні тенденції досліджень спрямовані на підвищення стійкості птиці до цього підвищення температури. Однак дуже важливо визнати, що холодний стрес може мати шкідливий вплив на добробут, ріст і поведінку сільськогосподарської птиці. Зокрема, це значний екологічний стресор у деяких країнах. Наприклад, у Китаї взимку 2008 року було зареєстровано більше 120 мільйонів втрат сільськогосподарської птиці за її промислового утримання [173].

2.2.1. Фізіологічні та імунологічні реакції на холодний стрес

Пташенята, що нещодавно вилупилися з яєць, особливо чутливі до холодного стресу, особливо в перші дні після вилуплення, оскільки вони мають обмежену здатність регулювати температуру свого тіла. Хоча цей дефіцит значно покращується через 1 тиждень після вилуплення, завдяки кращій ізоляції та підвищеному метаболічному виробленню тепла адаптація до холоду може відбуватися лише в обмеженій мірі [246]. Попередні дослідження показали, що вплив низької температури навколишнього середовища в молодому віці може серйозно вплинути на фізіологію курчат. Наприклад,

виявлено, що піддавання бройлерів температурі 4 °C упродовж 24 годин викликає зміни в певних генах, пов'язаних з метаболізмом ліпідів у гіпофізі, показуючи, що холодний стрес може потенційно впливати на метаболізм ліпідів [56]. Крім того, було показано, що піддавання курчат холодному стресу змінює теплопродукцію тіла та збільшує експресію таких генів, як *avUCP*, *AMPK α* та *PPAR α* , які пов'язані з теплопродукцією та метаболізмом жирних кислот відповідно [255]. Повідомлялося також про інші фізіологічні зміни, включаючи зниження споживання кисню, температури тіла, дихання та втрати води під час дихання. Зменшене споживання кисню в холодні періоди потенційно може знизити парціальний тиск кисню в крові птиці [33]. Крім того, низькі температури повітря зумовлюють підвищення потреби в кисні, посилення кровотоку та збільшення серцевого ритму, що призводить до підвищення легеневого артеріального тиску та створює навантаження на правий шлуночок серця [35]. Холодовий стрес ще більше посилює метаболічну потребу в кисні [1].

Загальновідомо, що різні абіотичні стресори можуть загострити тяжкість інфекційних захворювань [224]. Отже, холодний стрес, ймовірно, призводить до подібних результатів, навіть якщо основні механізми, можливо, не були повністю з'ясовані. Вважається, що холодний стрес може змінювати імунну відповідь птиці шляхом одночасного впливу на біоенергетичні та ендокринні шляхи [102]. Насправді вважається, що у сільськогосподарської птиці імунологічні функції та функції терморегуляції живляться одними і тими ж джерелами енергії. Таким чином, під час впливу холоду підвищена потреба в енергії для терморегуляції може потенційно обмежити енергію, доступну для належного функціонування імунної системи [71]. Це може призвести до зниження синтезу імунних клітин і уповільнення імунологічних реакцій. Однак вплив холодного стресу на специфічні імунні реакції виявляється суперечливим. Наприклад, Nesters P.Y. з колегами [106] повідомили про зниження відповіді антитіл у курей, які перебували в одній клітці після холодного стресу. Однак такого зниження не спостерігалося у курей, яких

утримували в клітках. З іншого боку, Regnier J.A. і ін. [197] виявили мінімальний вплив гострого холодового стресу на титри антитіл до еритроцитів овець як у бройлерів, так і у курей-несучок. Dabbert C.B. та ін. [68] не виявили жодних ознак порушення гуморальної імунокомпетентності після експериментально викликаного холодового стресу у північної луги. Навпаки, вплив холоду мав негативний вплив на гуморальну імунну компетентність у синиць [226] і курей-несучок [96]. Холодовий стрес також призвів до пригнічення клітинного імунітету у півників [196], у той час як у курчат-несучок було виявлено посилюючий вплив холодового стресу на клітинний імунітет [237].

2.2.2. Вплив холодового стресу на продуктивність птиці

Вплив низьких температур навколишнього середовища на продуктивність птиці є значним і широко розповсюдженим, незалежно від того, вирощують їх для виробництва м'яса чи яєць [110, 111]. Наприклад, тривалий вплив холодового стресу упродовж 72 год може призвести до різкого зниження інтенсивності росту та збільшення коефіцієнта конверсії корму [257]. Подібним чином негативні наслідки впливу холоду посилюються, коли бройлери піддаються холодовому стресу упродовж кількох днів, що вказує на те, що тривалість впливу є критичним фактором, який слід враховувати під час холодового стресу [22, 245]. Вважається, що зниження інтенсивності росту під час холодового стресу пов'язані зі збільшенням витрат енергії, необхідних для підтримки гомеотермії [181]. Подібним чином несучки вимагають значного споживання енергії та високих потреб у мінеральних речовинах для виробництва яєць, і було виявлено, що низькі температури збільшують щоденне споживання ними корму, водночас знижуючи продуктивність яєць у промислових курей-несучок, що призводить до низької ефективності використання корму [10, 137]. Інші дослідники також повідомляли про супутню втрату маси тіла та зниження несучості у курей після холодового стресу [219]. У той час як було показано, що екстремальні температури впливають на

продуктивність, вплив холодового стресу, здається, характеризується зворотним співвідношенням між споживанням корму та продуктивністю. Тому необхідні подальші дослідження для оцінки харчової поведінки птиці під час низьких температур, щоб збагатити наразі обмежену літературу на цю тему.

РОЗДІЛ 3

ШУМОВИЙ СТРЕС У ПТАХІВНИЦТВІ

Шум визначається як небажаний або руйнівний звук, який може бути як безперервним, так і спорадичним. З естетичної точки зору шум відрізняється від музики, оскільки перший є ненавмисним і небажаним, тоді як другий приємно чути [175]. Шум є потенційним джерелом стресу для тварин, про що свідчить ряд описаних у літературі досліджень [4, 81, 222, 228]. Зокрема, було показано, що шум викликає реакцію страху у тварин і задокументовано як стресовий фактор у свиней [38, 229], великої рогатої худоби [13, 94, 244] та птиці [53]. Декілька факторів відіграють роль у визначенні впливу шуму на продуктивність і поведінку тварин. Проте внутрішні фактори, пов'язані з тваринами, такі як слухові здібності різних видів і порід, не кажучи вже про вік і фізіологічний стан тварини під час впливу, також відіграють важливу роль у визначенні викликаних реакцій. Такі характеристики шуму, як інтенсивність (дБ), частота (Гц), тривалість і здатність виробляти вібрацію, важливо враховувати під час вивчення шкідливого впливу шуму на тварин. Шум має здатність генерувати вібрацію, що спонукало авторів провести комплексне дослідження його шкідливого впливу на сільськогосподарську птицю. Цікаво, що коли більшість сільськогосподарських тварин здатні чути частоти, вищі за людей, птиця найбільше реагує на звуки 2,6 дБ – 2 кГц [180]. Дослідження показують, що кури виробляють звук у діапазоні від 50 до 10 кГц [231]. У ранньому дослідженні було виявлено, що на частоті від 1 до 10 кГц птиця була більш чутлива до слуху порівняно з людьми [128]. Крім того, кури показали добре розвинені здібності до обробки звукових сигналів і були чутливі до низькочастотних звукових стимулів. Фактично, курячий ембріон починає сприймати ендогенні кохлеарні сигнали вже на 12-й день інкубації. Цей період

називають періодом передслухання птиці [61]. Починаючи з 16-го дня інкубації, вушна раковина стає здатною виявляти та кодувати звук [120]. Поступово, у міру того, як курчата ростуть, їх чутливість до високочастотного звуку зростає [151, 194].

У будь-якій птахофабриці може бути два основних джерела звуку. Одним із таких джерел шуму може бути різноманітна техніка та обладнання, що використовуються на фермі, тоді як інше походить від самої птиці. Різноманітні пристрої, задіяні в рутинному управлінні фермою, такі як дозатори корму, вентилятори, а також обладнання, що використовується людьми, включаючи тягачі візків, мийки та розмови між персоналом ферми, є прикладами джерел звуку, що створюється у пташниках. Більше того, такі дії, як клювання, зміна пози та вокалізація також сприяють акустичному середовищу [151]. Між 2008 і 2010 роками дослідження на птахофабриках, на яких вирощували курей-несучок, бройлерів і молодняк, показали що постачальники та розповсюджувачі кормів були основними джерелами шуму на фермі [178]. Інше дослідження показало, що курчата-бройлери піддаються впливу звуків високої інтенсивності під час обробки на бійні [60]. Хоча вплив шуму на сільськогосподарську птицю не було повністю досліджено, описані джерела засвідчують, що він може негативно впливати на поведінку та продуктивність птиці [40, 146, 148, 149].

3.1. Вплив шуму на продуктивність курей та їх поведінку

Відомо, що на бійні створюються погані умови утримання птиці саме через надмірний шум [87, 94]. За даними Camro J.L. з колегами [53], шум може негативно вплинути на продуктивність і поведінку сільськогосподарської птиці. За даними Stadelman W.J. [221] інтенсивність звуку 115 дБ здатна повністю зупинити несучість у курей. Однак у цьому ж дослідженні інтенсивність звуку 96 дБ не вплинула на виводимість або якість виведених курчат. В іншому експерименті [220] дослідники помітили, що курчата, які піддавалися шуму 80–118 дБ, не характеризувались змінами росту, але ті, які піддавалися шуму 100–118 дБ, проявляли зміни поведінки, а саме скупченість. McFarlane J.M. та ін.

[149] повідомили, що шум не чинить негативного впливу на приріст живої маси, споживання корму або особливості поведінки у бройлерів. Однак Chloupek P. та ін. [60] виявили, що вплив шуму на рівні 100 дБ зменшує кількість спроб викликати тонічну нерухомість у бройлерів.

Одне з перших досліджень впливу шуму на несучок було проведено Hamn D. [101], який виявив, що короточасний вплив авіаційного шуму не впливає негативно на несучість. Однак тривалі періоди стресу, викликаного шумом, призвели до зниження несучості. Сатро J.L. з колегами [53] також виявили, що тривалість тонічної нерухомості була значно довшою у курей, які піддавалися шуму інтенсивністю 90 дБ упродовж 60 хв. З іншого боку, Oh T.-K. [178] виявили, що шум не впливає на продуктивність курей-несучок, тоді як вібрації понад $1,0 \text{ cm s}^{-1}$ впливають на несучість птиці. Однак звання індиків до стимульованого та справжнього шуму польоту не показало відмінного впливу на інтенсивність їх росту [44]. В іншому дослідженні, проведеному на японських перепелах, Woolf N.K. і ін. [249] виявили, що вплив слухової стимуляції 80 дБ упродовж 2 год протягом останніх 3 днів інкубації прискорює вилуплення курчат.

Як правило, сільськогосподарська птиця реагує поворотом голови та короточасним рефлексом злякання на раптові гучні звуки. Однак птиця виявляє дивовижну здатність до швидкого звання, швидко повертаючись до своїх природних дій протягом декількох хвилин після припинення дії акустичного стимулу [88]. Реакція страху, викликана у курей, була посилена у птиці, яку піддавалися впливу звуку 90 дБ, спричиненого вантажівками, потягами та літаками протягом 1 год, порівняно з курьми, яких утримували в середовищах із звуком 65 дБ, головним чином від вокалізації [53]. У курей вплив звукових подразників 95 дБ на частоті 500 Гц викликав приголомшливу реакцію, яка характеризувалася латентним періодом, бігом, повною нерухомістю, невеликими різкими рухами голови та сонливістю. Вкрай важливо вирощувати сільськогосподарську птицю в середовищі з мінімальною появою гучних і раптових звуків, оскільки відомо, що такі умови викликають істерію у різних

видів курей. У 10 із 21 дослідження стада зрілих курей віком близько 35 тижнів демонстрували поведінку клювання пір'я під час дії записаних звуків механізмів і вокалізації [46]. Lynch T.E. та Speake D.W. [143] повідомили про відсутність ненормальної поведінки інших видів домашньої птиці, таких як індики, під впливом звукових ударів, тоді як Book C. та Bradley F. [39] спостерігали паніку та агресію в індиків, які піддавалися впливу шуму.

3.2. Вплив шуму на фізіологічний стан організму птиці

Вплив шуму на гематологію свійської птиці є значним і шкідливим, хоча дослідження в цій галузі досить обмежені. Тривалий вплив інтенсивного шуму пов'язаний з підвищеною активністю вегетативної нервової системи. Ця стійка активація пов'язана з підвищеною активністю в гіпоталамо-гіпофізарно-наднирковій системі, підвищенням швидкості метаболізму, підвищенням артеріального тиску та тахікардією [12, 158]. Добре відомо, що вісь НРА є ключовим компонентом ендокринної системи, який відіграє важливу роль у підтримці гомеостазу. Він складається з трьох основних компонентів: гіпоталамуса, який синтезує такі гормони, як дофамін і кортикотропін-рилізінг гормон; гіпофіз, а саме його передня частка, яка секретує АКТГ; і надниркової залози. Каскадне вивільнення гормонів очолюється активацією гіпоталамуса, який виділяє кортикотропін-рилізінг гормон, з подальшою стимуляцією гіпофіза для вивільнення АКТГ. Надниркова залоза також поділяється на мозкову речовину надниркових залоз, відповідальну за вивільнення катехоламінів, таких як адреналін і норадреналін, і кору надниркових залоз, яка виробляє стероїдні гормони, включаючи кортизол, кортикостерон і альдостерон [100]. Кора надниркових залоз стимулюється АКТГ для секреції глюкокортикоїдів. Кортикостерон є основним гормоном стресу у птиці [63]. Синтез таких гормонів в організмі відбувається під час реакції на стрес [123] та викликає метаболічні зміни в клітинах, ініціюючи такі процеси, як ліполіз і протеоліз, які потенційно можуть підвищити рівень глюкози в крові [115]. Під час тривалих періодів стресу підвищений рівень глюкокортикоїдів у крові

сприяє розладам, які зменшують масу імунних органів (наприклад, лімфатичних вузлів, селезінки), тим самим порушуючи імунну функцію птиці та підвищуючи сприйнятливість до патогенів [83]. Патофізіологія шумового стресу коротко зображена на рисунку 3.

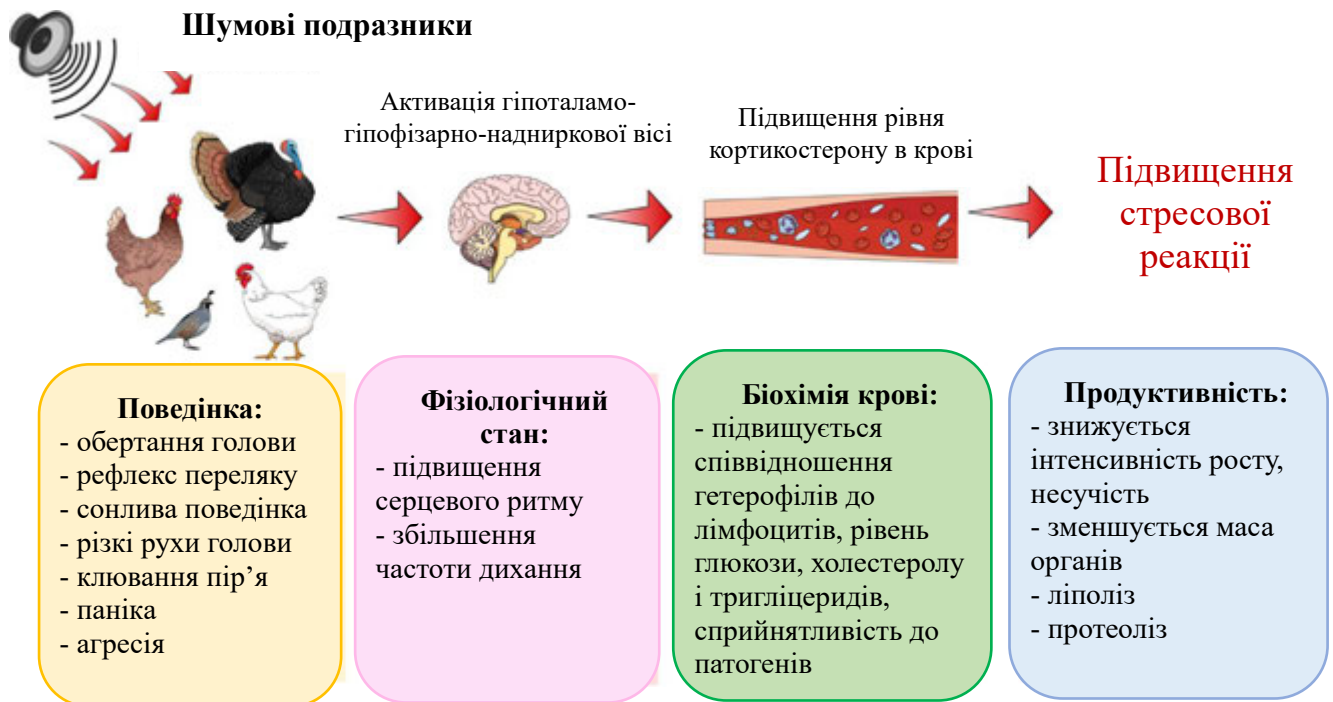


Рис. 3. Резюме потенційних наслідків шумового стресу для птиці.

Сучасна література вказує на те, що птиця, яка піддаються впливу шумових стресорів, переважно демонструє модифікації поведінки. Крім того, фізіологічні реакції, включаючи зниження продуктивності, також були пов'язані з впливом шумових подразників.

У дослідженні Borg E. [40] було виявлено, що вплив шуму призводить до поступового підвищення базового рівня стероїдів у курей породи Леггорн. Однак McFarlane J.M. та ін. [149] виявили, що безперервний вплив шуму на 80 або 90 дБ у бройлерів не впливає суттєво на співвідношення гетерофільних лімфоцитів або рівень кортикостерону в плазмі крові. Тим не менш, ті ж автори також повідомили, що відсоток моноцитів і тяжкість уражень дванадцятипалої кишки, викликаних кокцидіозом, збільшилися у курей, які піддавалися безперервному шуму на 80 або 95 дБ. Крім того, спостерігалось значне

підвищення базофільних гранулоцитів у бройлерів за впливу звуку інтенсивністю 70 і 80 дБ [26]. Gross W.B. [97] зазначив, що вплив звуку 104 дБ упродовж 30 с збільшує співвідношення гетерофілів до лімфоцитів у курей. Сатро J.L. та ін. [53] також повідомили, що кури-несучки, які піддавалися впливу шуму, мали значно вищий коефіцієнт гетерофільних лімфоцитів. Chloupek P. та ін. [60] виявили, що у бройлерів, які піддавалися впливу інтенсивності шуму 80 дБ і 100 дБ, було значно підвищено рівень кортикостерону в плазмі крові, хоча вплив цих шумових подразників не позначився на рівні глюкози та концентрації тригліцеридів. Проте вплив шумових подразників інтенсивністю 100 дБ призводив до значного підвищення рівня холестеролу та тригліцеридів в плазмі крові. Крім того, у сільськогосподарської птиці спостерігалось збільшення частоти серцевих скорочень і дихання в поєднанні з підвищеною секрецією гормонів стресу у відповідь на шум під час транспортування [178].

РОЗДІЛ 4

ВІБРАЦІЙНИЙ СТРЕС У ПТАХІВНИЦТВІ

Будь-який повторюваний рух, що відбувається через рівні проміжки часу, називається вібрацією або коливанням [192]. Механічні вібрації є невід’ємним аспектом промислового птахівництва, вони виникають у інкубаторії та зберігаються на всіх етапах виробництва птахівничої продукції. Основна роль вібраційного стресу в поведінці та фізіології птиці починається під час транспортування [86, 242]. Заколисування та дискомфорт є загальноновизнаними несприятливими наслідками, спричиненими рухом транспортних засобів [49]. Під час транспортування, особливо по пересіченій місцевості, тварини відчують значну передачу вібрації підлоги автомобіля. Це зміщення їх центру ваги порушує рівновагу тіла, що призводить до дискомфорту, погіршення добробуту та, зрештою, погіршення якості м’яса [188]. Різноманітні внутрішні фактори, такі як маса тіла, розмір, вік, стать, рівень фізичної підготовки та положення тіла, визначають реакцію на вібраційний стрес [95]. Відомо, що окремі організми демонструють різні реакції на входні коливання [176]. Пікові рівні вібрації виникають на резонансній частоті, де тіло поглинає максимальну механічну енергію порівняно з будь-якою іншою частотою. Під впливом вібрації органи тіла функціонують як неоднорідний ансамбль механічних систем, що призводить до зміщення внутрішніх органів [182]. Дослідження показали, що основні частоти підлоги в контейнерах для транспортування сільськогосподарської птиці зазвичай коливаються між 1 і 4 Гц, з додатковим піком, що спостерігається при 10–12 Гц [27, 191]. Ці частоти тісно збігаються з частотами, які, як відомо, впливають на бройлерів вагою 2 кг, потенційно викликаючи реакції на вібраційний стрес [189]. Крім того, розміщення тваринницьких ферм поблизу майстерень, залізниць, будівельних майданчиків та інших подібних територій може піддати їх навантаженню, спричиненому вібрацією, що передається землею [172]. Низка джерел сприяє вібрації, наприклад, вентиляційні витяжки, холодильники, ліфти, витяжні вентилятори та різноманітне інше обладнання з моторним приводом. Ці вібрації значно

порушують ланцюг виробництва продукції птахівництва. Хоча про фізіологію вібраційного стресу відомо небагато, він тісно пов'язаний із шумовим стресом, оскільки вони обидва є енергетичними хвилями [198]. Це впливає на якість м'яса бройлерів під час транспортування на забій [3, 54, 190, 191].

4.1. Вплив вібрації на яєчну продуктивність птиці

Втрата харчових або інкубаційних яєць через тріщини, розломи та зміни їх внутрішньої якості є негативними наслідками вібрації для яєць сільськогосподарської птиці [29, 30, 164, 234]. Вплив яєць на механічні коливання може спричинити зміни цілісності яєчної шкаралупи, жовтка та білка, що призведе до тріщин у яєчній шкаралупі, розрідження білка, зниження значень одиниць Хау та зниження опору жовткової оболонки. Ці зміни демонструють шкідливий вплив вібрації на внутрішню якість яєць [29, 30]. Раннє епохальне дослідження було зосереджено на запліднених яйцях, де їх піддавання щоденній вібрації зі швидкістю 3600 рухів на хвилину протягом 15 хв до періоду інкубації не показало впливу на виводимість [185]. Однак Taggart L.C. та ін. [227] повідомили про зниження до 68 % виводимості яєць, які зазнали впливу вібрації. Крім того, автори відзначили, що яйця, які піддаються вібрації, можуть страждати від зламаних халазок жовтків або змінених первинних структур заплідненого диска, що перешкоджає успішному розвитку ембріона.

У своєму фундаментальному дослідженні Shannon S.G. та ін. [213] досліджували вплив механічних коливань, що охоплюють частоти від 5 до 50 Гц і прискорення від 0,09 до 4,93 м/с², на запліднені яйця. Вони повідомили про смертність у 31,9 % ембріонів, підкресливши, що як амплітуда, так і частота впливу вібрації корелюють із зниженням успішності вилуплення пташенят. Torma T. та Kovácsné K.G. [234] задокументували нижчу виводимість і підвищену частоту ембріональних аномалій в яйцях, які піддавалися вібрації, підкреслюючи згубний вплив таких факторів зовнішнього середовища на ембріональний розвиток птиці. Важливо відзначити, що яйця у технологічному

ланцюжку постійно піддаються механічному впливу під час різних операцій, таких як збір, пакування та транспортування [9]. Nazareno A.C. та ін. [164] дійшли висновку, що механічні вібрації безпосередньо впливають на втрати яєць під час виробництва. Високий рівень вібрації як на асфальтових, так і на наземних дорогах може призвести до тріщин і розбитих яєць. Механічні вібрації погіршували виводимість і, отже, зменшували кількість високоякісних одноденних курчат [72].

4.2. Вплив вібрації на м'ясу продуктивність птиці

Транспортування бройлерів на великі відстані може спричинити значний стрес, який посилюється через відстань між фермами та бійнями [243]. Під час транспортування птиця зазнає низки фізичних і психологічних стресів, що призводить до погіршення добробуту та продуктивності [153, 208, 243]. Randall J.M. та ін. [191] і Carlisle A.J. [54] повідомили, що вібрація викликає страх і дискомфорт у птиці, що призводить до негативного впливу на якість м'яса. У практичних умовах Randall J.M. та ін. [191] виявили, що коливання з частотою до 10 Гц по вертикальній осі та 18 Гц по бічній осі виникають під час транспортування курей вантажівками на забій. Оскільки внутрішні органи не міцно закріплені в порожнині тіла, вони можуть зазнавати відносного руху під час вібрації. Цей рух відбувається відносно маси внутрішніх органів [210]. Коли органи резонують, вони можуть постраждати від незначного розриву клітин до серйозного порушення функції та внутрішньої кровотечі. Таким чином, резонанс внутрішніх органів може стати помітним аверсивним подразником для птиці під час впливу вібрації. Дослідженнями було продемонстровано, що автомобільне транспортування викликає стресову реакцію у бройлерів, про що свідчить збільшення співвідношення гетерофілів до лімфоцитів і підвищення рівня кінази в плазмі крові [154]. Було також повідомлено, що вібрації від 2 до 10 Гц викликали значне зниження глікогену в м'язах курей [243]. Крім того, Carlisle A.J. [54] виявив, що різні рівні вібрації (2, 5, 10 Гц) призводять до вищих рівнів кортизолу у крові птиці. Дослідження також показують, що

вібраційний стрес викликає біохімічні зміни, що призводить до підвищених концентрацій нейромедіаторів мозку [16, 127]. Однак Garcia D.B. і ін. [85] повідомили про відсутність змін у ректальній температурі та втраті маси тіла у бройлерів, які піддавалися симуляції вібрації під час транспортування. Abeyesinghe S.M. та ін. [3] припустили, що кури, як правило, уникають вібрацій, оскільки вони викликають у них страх. Оскільки вібрація сприймається птицею як подразник, вона, як правило, викликає стресові реакції в організмі. Це може бути можливим поясненням вищих рівнів кортизолу у птиці під впливом різних рівнів 2, 5 і 10 Гц [54].

Дослідження також показали, що добові курчата природно віддають перевагу приголосним звукам над дисонансними [59]. З біологічної точки зору, функція страху полягає в тому, щоб уберегти організм птиці від потенційної шкоди, таким чином слугуючи вигідним механізмом виживання. Проте, за певних обставин страх може стати згубним, якщо птиця не може втекти від тривожного подразника [119, 152]. На цей страх впливають різноманітні генетичні та епігенетичні фактори. Вплив навколишнього середовища, особливо на ранніх стадіях розвитку, має першочергове значення [37]. Ступінь страху значною мірою залежить від зовнішніх подразників, які виникають на ранніх етапах життя. Отже, вирощування сільськогосподарської птиці в складних умовах промислового виробництва продукції може знизити ступінь страху [118].

Непрактично вважати, що шум навколишнього середовища можна повністю усунути в умовах промислового вирощування птиці. Крім того, контролювати якість доріг і вантажівок під час транспортування не завжди можливо. Отже, необхідно розробити та впровадити стратегії, засновані на нових наукових дослідженнях, для пом'якшення вібрацій у всіх операціях птахофабрики, від попереднього виведення до ферми та ферми до столу, шляхом використання інженерних концепцій для розробки нових транспортних коробок, лотків і матеріалів. Щоб звести до мінімуму стрес, спричинений шумом і вібрацією, важливо стратегічно правильно розташувати та керувати

вентиляторам та обладнанням для годівлі птиці. Крім того, кондиціонування птиці може допомогти частково зменшити їх лякливість. Систематична десенсибілізація, яка успішно використовується для лікування фобій у людей [131], також повинна бути застосована для сільськогосподарської птиці як для природних, так і для патологічних фобій. Деякі породи та кроси курей особливо чутливі до шуму і можуть реагувати панічно навіть на незначні звуки, що призводить до значних втрат [126]. Отже, чутливість і прояв страху можна контролювати різними генетичними та епігенетичними факторами. Важливо вивчити такі зв'язки перед тим, як визначити спосіб пом'якшення вібраційного навантаження. Таким чином, комплексний підхід, який враховує рівень толерантності птиці, а також різні етапи виробництва та транспортування, може забезпечити ефективні рішення для пом'якшення несприятливого впливу шуму та вібрації у птахівництві.

РОЗДІЛ 5

СВІТЛОВІ СТРЕСОРИ У ПТАХІВНИЦТВІ

5.1. Порухення природного освітлення

Упродовж багатьох років вважалося, що коливання коефіцієнта освітленості має більший вплив на несучість птиці, ніж кількісні фактори, отримані від фактичної кількості присутнього світла. Оскільки світло відіграє вирішальну роль у запуску моделей секреції різних гормонів, воно суттєво впливає на ріст, дозрівання та відтворення птиці. Неадекватне керування світлом може призвести до аномалій зору, деформацій скелета та проблем з кровообігом, і це серед інших недоліків [144, 179]. Щоб покращити ефективність виробництва продукції птахівництва, важливо звернути увагу на такі аспекти управління навколишнім середовищем, як інтенсивність світла, тривалість, довжина хвилі та фотоперіодичний режим, оскільки ці фактори значно впливають на фізичну активність курей [136, 179].

Останні результати показують, що довжина хвилі світла [77] впливає на здатність сільськогосподарської птиці реагувати на стрес, страх і депресію під час фази комфорту (рис. 4). Цей вплив світла може вплинути на швидкість вилуплення, коли ембріони піддаються впливу сонячного світла під час інкубації [76, 212, 254]. Зокрема, вплив зеленого, червоного та білого спектрів світла може зменшити страх і чутливість у бройлерів [14]. Нерегулярний час освітлення може спричинити циркадні порушення, впливаючи на супрахіазматичні ядра гіпоталамуса; згодом впливаючи на координацію фізіологічних функцій і поведінки [174]. Крім того, щоденна групова динаміка, пов'язана з ритмом, така як згряя птиці і синхронна годівля птиці, може покращити коливальну активність мозку в альфа- та мю-діапазонах, підвищуючи синхронізацію між мозками на діадичному рівні [66, 93]. Soliman F.N.K. та El-Sabrout K. [217] надали свої висновки, посилаючись на дослідження, які підкреслили значні анатомічні області, що впливають на зорову функцію домашньої птиці:

1) сітківка допомагає досягти належного росту та поведінки, реагуючи на світло навколишнього середовища [135, 248];

2) шишкоподібна залоза, відповідальна за секрецію гормонів мелатоніну та серотоніну, які регулюють рухливість, температуру тіла та шлюбні сезони [24, 135];

3) гіпоталамус, який безпосередньо контролює гонадотропін-рилізінг-гормон, гомеостаз і фізіологічні структури на основі інтенсивності світла, з короткими довжинами хвиль, необхідними при високій щільності [24].

Таким чином, колір світла різних довжин хвиль, включаючи невидимий спектр, впливає на самопочуття сільськогосподарської птиці, впливаючи на поведінкові реакції, зокрема на поведінку страху, та продуктивність [34, 200].

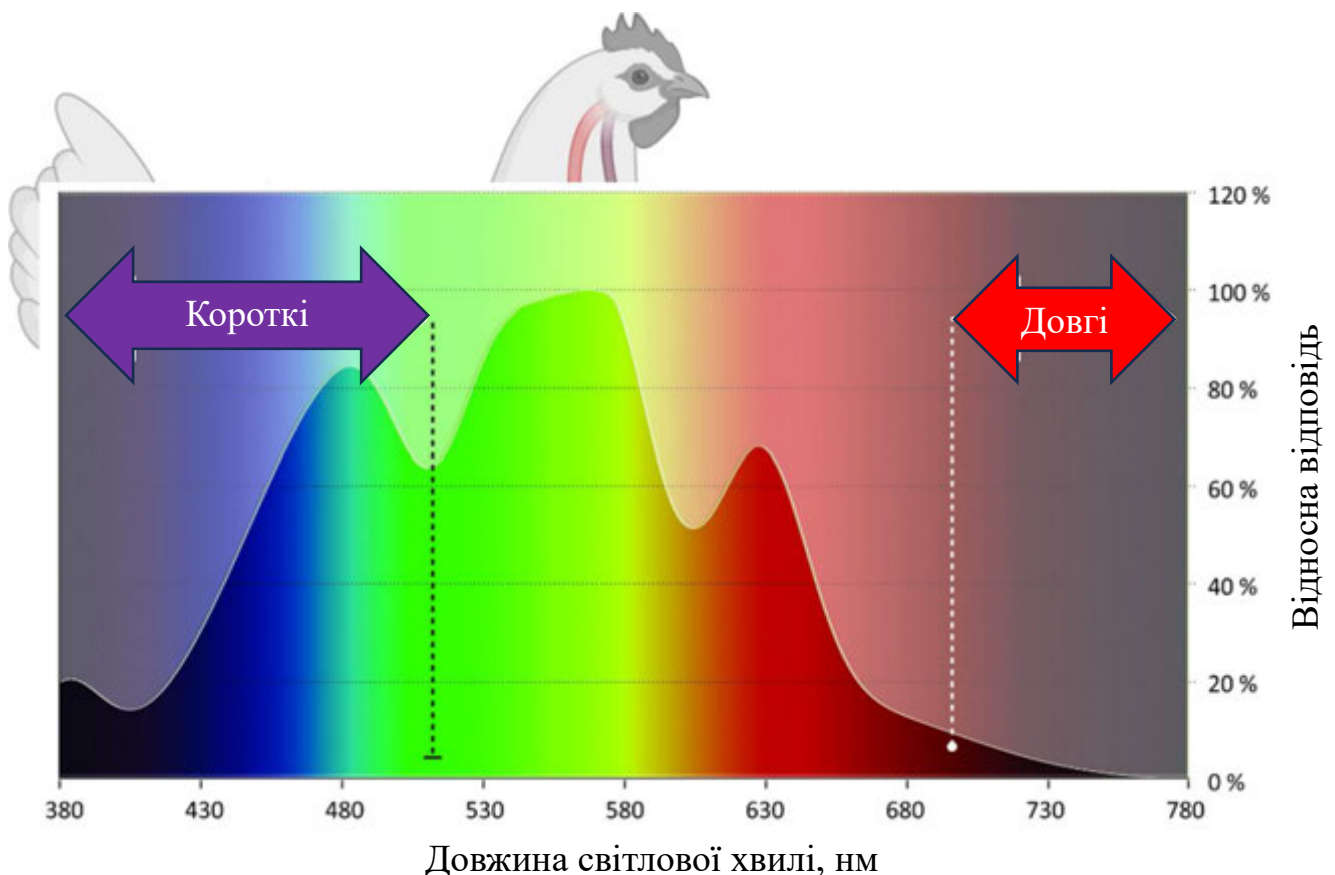


Рис. 4. Відносна реакція сільськогосподарської птиці на фотоічні умови з точки зору спектру. Адаптовано з El-Sabrouт та ін., 2022 [77].

5.2. Вплив інтенсивності світла або освітленості на продуктивність, фізіологічний стан та поведінку птиці

Інтенсивність світла в пташниках та інших штучних середовищах вимірюється в люксах і має значний вплив на поведінку курей. Відповідно до стандартного режиму освітлення для бройлерів, безперервна інтенсивність освітлення 20 люкс підтримується упродовж перших 7 днів (ранній період після виведення), після чого її регулюють до слабкої інтенсивності 3–5 люкс упродовж днів вирощування, що залишилися [159].

Штучні джерела світла зазвичай генерують світло зі змінним струмом 50 Гц/с, що призводить до коливань інтенсивності світла, коли лампи вмикаються та вимикаються 100 разів на секунду [130]. Використання більш яскравого світла (>5 люкс) може призвести до збільшення активності курей і зниження маси тіла [51]. Підвищена активність може потенційно зменшити виникнення скелетних і метаболічних розладів [55]. Курчата-бройлери, піддані інтенсивному природному освітленню (85,2 люкс), показали підвищену активність, про що свідчить підвищена частота стояння, пересування, їжі та клювання на землі протягом 2–6 тижнів спостереження. Це спостереження означає, що зір птиці розвинувся в умовах природного освітлення, дозволяючи їм сприймати мерехтливе світло вищих частот [206]. Ця здатність пояснюється їх потенційним тетрахроматичним зором, що теоретично дозволяє їм розрізняти вдвічі більше кольорів, ніж люди [92]. Таким чином, чутливість сільськогосподарської птиці до мерехтіння може легко перешкодити їм наближатися до конкретних об'єктів, які можуть викликати дискомфорт і стрес, особливо в діапазоні частот 39–71 Гц і при рівнях яскравості між 10–1000 кд м⁻² [116]. Швидкість росту бройлерів, вирощуваних за інтенсивності освітлення 20 люкс, що сприяло вищій поведінковій активності, була нижчою, ніж у бройлерів, вирощених при 5 люксах, що призвело до зменшення маси очей і збільшення ваги [193]. Однак поступове зниження інтенсивності освітлення з 25 люкс протягом перших 7 днів до 2–5 люкс може служити профілактичним

заходом для підвищення продуктивності бройлерів щодо канібалізму та клювання пір'я, а також зменшити поведінку при ходьбі та стоянні [51]. Інші дослідники також припустили, що коливання інтенсивності та якості природного освітлення упродовж дня можуть синхронізувати поведінку в зграї, впливаючи на циркадні та ультрадіанні ритми, потенційно впливаючи на здоров'я ніг. Наприклад, бройлери, яких утримували при освітленні 200 люкс, витрачали більше часу на чистіння та формування здорового пір'я протягом усього фотоперіоду, ніж ті, яких утримували при освітленні 5 люкс. Однак ця різниця в інтенсивності світла не вплинула на фізіологічних стан їх кінцівок [11, 129].

У курей-несучок було виявлено, що вплив світлодіодного світла 5 і 100 люкс не чинить негативного впливу на продуктивність або якість яєць кросу Ну-Line W-80. Проте було помічено, що вплив освітлення, починаючи з 7-го до 28-го днів, позначився на температурі клоаки та прямої кишки, споживанні корму, масі тіла та відсотку білка в яйцях. У результаті було зроблено висновок, що 5 люксів і 28 днів акліматизації є ідеальними для курей-несучок [21]. В іншому дослідженні було виявлено, що інтенсивність світла від 99 до 323 люкс із відстанню 83,8 см між лампочками та годівницею у курей Ломанн-Браун стимулює більш ранню статеву зрілість, що призводить до вищої несучості, але зменшує масу яєць (59,6 г/гол) [79]. Крім того, питома вага яєць у курей-несучок Ну-Line W-36 безпосередньо залежить від якості яєць. Цю якість можна підвищити за допомогою світлодіодного світла 28 люкс вночі, що, як було показано, покращує продуктивність [199].

Останні дослідження пролили світло на зв'язок між інтенсивністю світла та довжиною хвилі. Так, за даними Sultana S. з колегами [225], качки приділяють більше часу природнім проявам поведінки, а саме прогулянкам, клюванню землі, питтю та соціальним взаємодіям, за використання жовтого (600 нм) і білого (400–700 нм) спектру. Крім того, автори зазначають, що за впливу на організм качок синього (460 нм) і зеленого (520 нм) спектрів, птиця проводила більше часу сидячи та стоячи, при цьому реакція на страх у них

зменшилася. Тоді як Su C.-H. і ін. [223] виявили, що застосування під час використання качок червоного (625 нм) світла сприяє підвищенню несучості завдяки вищій концентрації естрадіолу в організмі. Ці дані були підтверджені і на перепелах. Зокрема Elkomy H.E. з колегами [75] показали, що використання під час продуктивного періоду утримання перепелів червоного (618–635 нм) спектру світла сприяє японські заплідненості яєць до 90,07 %, а також виводимості яєць до 83,47 %.

Підвищення несучості за впливу червоного (660 нм) спектру світла було підтверджено і на бройлерах кросу Кобб. Так, England A. заром з Ruhnke I. [78], а також Mobarkey N. з колегами [155] виявили, що світло червоного спектру стимулює вироблення гонадотропін-рилізінг-гормону-I (GnRH-I), а це призводить до підвищення несучості у курей. За даними Hassan M.R. [103], поєднання червоного та (618–635 нм), зеленого (515–535 нм) спектрів світла сприяє підвищенню рівня репродуктивних гормонів в крові курей-несучок Хай-Лайн Браун, а також зумовлює збільшення маси яєчників та кількості фолікулів. У свою чергу Xie D. з колегами [251] продемонстрували, що зелений (560 нм) та синій (480 нм) спектри світла сприяють поліпшенню клітинної та гуморальної імунної відповіді та пом'якшенню відповіді на стрес у самців бройлерів Arbor Acres завдяки зниженню рівня бета-інтерлейкіну-1 (IL-1 β) у сироватці їх крові. Тоді як за даними Liu W. і ін. [141], використання для бройлерів зазначеного кросу зеленого (560 нм) спектру світла сприяло отриманню більшої маси м'язів завдяки вищим рівням циркулюючого інсуліноподібного фактора росту I (IGF-I) в їх крові.

Що ж стосується інтенсивності освітлення, то описані у літературі дані ще суперечливіші. Зокрема, Ahmad F. з колегами [5] виявили, застосування упродовж 2–6 тижня вирощування інтенсивності освітлення 5 люкс сприяє підвищенню живої маси та зниженню коефіцієнту конверсії корму. Досліджуючи вплив зазначеної інтенсивності освітлення упродовж перших 5 тижнів вирощування бройлерів, Kim H.-J. і ін. [124] спостерігали підвищення рівня тригліцеридів та інтерлейкіну-6 у крові, зниження концентрації креатиніну та

підвищення фізіологічного стресу. Тоді як Aldridge D.J. з колегами [22] зазначають, що за використання упродовж перших 6 тижнів вирощування бройлерів інтенсивності освітлення 5 люкс спричиняє зниження ефективності використання корму, а за переходу на 10 люкс – у курчат спостерігається покращення кормової поведінки. За даними Blatchford R.A. і ін. [36], використання упродовж перших 6 тижнів вирощування бройлерів інтенсивності освітлення 1 люкс спричиняє зниження у них фізичної активності і підвищення живої маси, а за 50 чи 200 люкс – збільшується фізична активність під час фотофази.

У своє чергу, Kang S.W. і ін. [121] повідомляють про поліпшення поведінка купання в пилі, а також збільшення часу ходьби під час застосування упродовж перших 8 тижнів вирощування курчат інтенсивності освітлення 40 люкс. Деер А. з колегами [70] також зазначають, що використання упродовж перших 4 тижнів вирощування бройлерів інтенсивності освітлення 1 люкс спричиняє збільшення маси і розміру очей, а також збільшення виразкових уражень і натоптишів.

За даними Arowolo M.A. і ін. [17], використання упродовж перших 2 тижнів вирощування курей інтенсивності освітлення 5 і більше люкс сприяє підвищенню метаболізму, збільшення живої маси та покращенню благополуччя загалом. Крім того, Yang Y. з колегами [252] зазначають, що використання упродовж перших 6 тижнів вирощування курей інтенсивності освітлення менше 1 люкс спричиняє збільшення діаметру рогівки ока та зниження живої маси, за збільшення інтенсивності до 10 люкс спостерігається підвищення смертності курчат, однорідності та відповіді на гормон Т3, а збільшення інтенсивності освітлення до 200–300 люкс супроводжується підвищенням споживання корму.

Результати описані Bayraktar H. та ін. [25] засвідчують, що використання упродовж перших 6 тижнів вирощування курчат інтенсивності освітлення 10 люкс сприяє зниженню рівня глюкози в сироватці їх крові, а також збільшенню маси бурси Фабриціуса. Тоді як Rassoursier M. з колегами [187] виявили, що використання упродовж 5–6 тижнів вирощування курчат інтенсивності

освітлення 20 люкс спричиняє підвищення споживання корму та води, а зниження освітленості до 5 люкс зумовлює зміни поведінки птиці, які проявляються скупченістю поголів'я далеко від корму.

5.3. Вплив режиму фотоперіоду або програми освітлення на продуктивність, фізіологічний стан та поведінку птиці

Окрім традиційних факторів, таких як температура, вологість, швидкість повітря та радіація, фотоперіод навколишнього середовища, зокрема 24-годинний цикл світло-темрява, надає важливу інформацію про щоденні зміни сонячного світла, необхідні для підтримки та синхронізації фізіологічного та поведінкового гомеостазу [117]. Примітно, що тривалий фотоперіод (20С:4Т) у курчат-бройлерів Ross 308 погіршує якість м'яса, тоді як майже постійний фотоперіод (23С:1Т) підвищує рівень стресу та страху [240]. Крім того, майже постійні фотоперіоди порушують експресію генів циркадного годинника та різноманітність мікробіомів сліпої кишки у курей-несучок кросу Хай-Лайн Браун, причому циркадні ритми, керовані фотоперіодом раннього віку, пов'язані зі фізіологічним станом їх кишківника [107]. Враховуючи ці висновки, створення добре спланованого графіка освітлення є обов'язковим для максимізації інтенсивності росту та добробуту птиці, що в кінцевому підсумку призведе до економічних вигод [117, 250].

Тривалість часу, який кури проводять на світлі – також називається режимом освітлення – має великий вплив на тип м'яса або яєць, які вони несуть [179]. Крім того, це може збільшити вивід молодняку, що є перевагою як для промислових, так і для племінних несучок [195]. Різні програми освітлення істотно впливають на продуктивність, імунітет і секрецію гормонів, які контролюють ріст і розмноження [256]. Отже, регулювання фотоперіоду маніпулюється для покращення росту та економічної ефективності виробництва продукції птахівництва, одночасно забезпечуючи здоров'я птиці [156]. Це явище було підтверджено експериментами з оцінкою рухової активності бройлерів в умовах квазібезперервного освітлення 23С:1Т і 16 С:8Т. Середній

рівень активності під час світлової фази зростає із зменшенням тривалості світла. Бройлери, які піддавалися впливу 23С:1Т, не змогли встановити циркадний паттерн активності, на відміну від тих, які перебували під дією 8Т:16С, що підкреслює важливість циркадних ритмів як індикатора добробуту сільськогосподарської птиці [31].

Дослідження показали, що вплив яскравого світла (40 люкс; 17Т) пом'якшує проблеми, пов'язані зі здоров'ям ніг і очей, позитивно впливаючи на охолоджені туші, цільне грудне м'ясо та вихід крил [70]. І навпаки, програми освітлення, що включають тривалу темряву (приблизно 7 год на день), покращують добробут бройлерів, зменшуючи кількість особин, які відчувають біль [209]. У бройлерів освітлення має важливе значення для стимулювання розвитку скелета через споживання корму, що суттєво впливає на загальну продуктивність. Це передбачає вплив на здатність курячих ембріонів реагувати на хижаків, а саме на тонічну нерухомість [14]. При оцінці лякливості птиці, особливо сільськогосподарської, тонічна нерухомість є корисним показником [84]. Дослідження показало, що курчата, які піддавалися 23-годинному освітленню (23 люкс), демонстрували більшу тривалість тонічної нерухомості на 10-й день, хоча тенденція змінилася на 36-й день. Птиця, яку утримували за підвищеної інтенсивності освітлення (24 люкс упродовж перших 3 днів), характеризувалася більшою тривалістю тонічної нерухомості на той момент. Це свідчить про те, що птиця, які піддаються впливу переривчастого освітлення, можуть зіткнутися з проблемами в адаптації до змін тривалості дня в подальшому житті, що призведе до посиленої реакції страху на людей [240]. Постійний вплив світла (24С) негативно впливає на розвиток кінцівок у ембріонів курей, зменшуючи міцність кісток ніг у подальшому житті [184]. І навпаки, застосування щоденного циклу 12С:12Т під час ембріогенезу призводить до стійкого зниження страху та позитивно впливає на довгострокове здоров'я ніг [14].

ВИСНОВКИ

1. Абіотичні стресори можуть призвести до змін метаболізму, поведінки та імунітету у сільськогосподарської птиці. Хронічний стрес може призвести до нейробиологічних змін, які впливають на структуру мозку.

2. З патогенними мікроорганізмами можна боротися за допомогою звичайних профілактичних заходів, тоді як абіотичні фактори, такі як температура та шум, можуть бути складнішими для технологічного контролю. Глобальна зміна клімату посилить ці проблеми, і в майбутньому очікується більше епізодів екстремальних температур і шуму.

3. Світлові подразники, як наприклад збої в режимах освітлення або недостатня інтенсивність освітлення можуть негативно вплинути на фізіологічний стан організму, поведінку та продуктивність птиці. Особливо ретельно слід контролювати параметри освітлення ще і через їх вплив на циркадні ритми в організмі птиці.

4. У той час як досліджень пов'язаних з температурними подразниками упродовж останніх років збільшилося, детальне розуміння всіх абіотичних стресорів залишається мало вивченим і є необхідним для розробки оптимізованих технологій виробництва продукції птахівництва. Наукове співтовариство також має вивчити складну взаємодію між сільськогосподарською птицею та середовищем її промислового утримання для розробки ефективних технологічних рішень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Aarif O., Mahapatra P. The effect of cold stress on biochemical and hematological parameters in broad breasted white turkeys. *Journal of Biological Sciences*. 2013. Vol. 1(4). P. 20–23.
2. Abdel-Moneim A.-M.E., Shehata A.M., Khidr R.E., Paswan V.K., Ibrahim N.S., El-Ghoul A.A., Aldhumri S.A., Gabr S.A., Mesalam N.M., Elbaz A.M., Elsayed M.A., Wakwak M.M., Ebeid T.A. Nutritional manipulation to combat heat stress in poultry – A comprehensive review. *Journal of Thermal Biology*. 2021. Vol. 98. P. 102915. doi:10.1016/j.jtherbio.2021.102915
3. Abeyesinghe S.M., Wathes C.M., Nicol C.J., Randall J.M. The aversion of broiler chickens to concurrent vibrational and thermal stressors. *Applied Animal Behaviour Science*. 2001. Vol. 73(3). P. 199–215. doi:10.1016/S0168-1591(01)00142-3
4. Agnes F., Sartorelli P., Abdi B.H., Locatelli A. Effect of transport loading or noise on blood biochemical variables in calves. *American Journal of Veterinary Research*. 1990. Vol. 51(10). P. 1679–1681.
5. Ahmad F., Haq A.U., Ashraf M., Abbas G., Siddiqui M.Z. Effect of different light intensities on the production performance of broiler chickens. *Pakistan Veterinary Journal*. 2011. Vol. 31(3). P. 203–206.
6. Ahmad T., Khalid T., Mushtaq T., Mirza M.A., Nadeem A., Babar M.E., Ahmad G. Effect of potassium chloride supplementation in drinking water on broiler performance under heat stress conditions. *Poultry Science*. 2008. Vol. 87(7). P. 1276–1280. doi:10.3382/ps.2007-00299
7. Akbarian A., Michiels J., Degroote J., Majdeddin M., Golian A., De Smet S. Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2016. Vol. 7(1). P. 37. doi:10.1186/s40104-016-0097-5
8. Aldridge D.J., Owens C.M., Maynard C., Kidd M.T., Scanes C.G. Impact of light intensity or choice of intensity on broiler performance and behavior.

Journal of Applied Poultry Research. 2022. Vol. 31(1). P. 100216. doi:10.1016/j.japr.2021.100216

9. Altuntaş E., Şekeroğlu A. Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. *Journal of Food Engineering*. 2008. Vol. 85(4). P. 606–612. doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.08.022

10. Alves F., Felix G., Almeida Paz I., Nääs I.A., Souza G.M., Caldara F.R., Garcia R.G. Impact of exposure to cold on layer production. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 2012. Vol. 14. P. 223–226. doi:10.1590/S1516-635X2012000300010

11. Alvino G.M., Archer G.S., Mench J.A. Behavioural time budgets of broiler chickens reared in varying light intensities. *Applied Animal Behaviour Science*. 2009. Vol. 118(1–2). P. 54–61. doi:10.1016/j.applanim.2009.02.003

12. Ames D. Physiological responses to auditory stimuli. In J.L. Fletcher, R.G. Busnel (Eds.), *Effects of noise on wildlife* (pp. 23–45). Academic Press, 1978.

13. Arave C., Bunch T., Callan R. Measuring heart rate in cattle via implanted transmitters. Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science, 1991.

14. Archer G.S. Exposing broiler eggs to green, red and white light during incubation. *Animal*. 2017. Vol. 11(7). P. 1203–1209. doi:10.1017/S1751731117000143

15. Archer G.S., Mench J.A. Exposing avian embryos to light affects post-hatch anti-predator fear responses. *Applied Animal Behaviour Science*. 2017. Vol. 186. P. 80–84. doi:10.1016/j.applanim.2016.10.014

16. Ariizumi M., Yamaguchi Y., Okada A. Effect of local vibration on the brain monoamines of rats. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1986. Vol. 12. P. 435–437.

17. Arowolo M.A., He J.H., He S.P., Adebowale T.O. The implication of lighting programmes in intensive broiler production system. *World's Poultry Science Journal*. 2019. Vol. 75(1). P. 17–28. doi:10.1017/S0043933918000934

18. Attia Y. A., Abd El-Hamid A.E.-H.E., Abedalla A.A., Berika M.A., Al-Harhi M.A., Kucuk O., Sahin K., Abou-Shehema B.M. Laying performance,

digestibility and plasma hormones in laying hens exposed to chronic heat stress as affected by betaine, vitamin C, and/or vitamin E supplementation. *Springer Plus*. 2016. Vol. 5(1). P. 1619. doi:10.1186/s40064-016-3304-0

19. Averós X., Balderas B., Cameno E., Estevez I. The value of retrospective analysis of slaughter records for the welfare of broiler chickens. *Poultry Science*. 2020. Vol. 99(11). P. 5222–5232. doi:10.1016/j.psj.2020.08.026

20. Awad E.A., Najaa M., Zulaikha Z.A., Zulkifli I., Soleimani A.F. Effects of heat stress on growth performance, selected physiological and immunological parameters, caecal microflora, and meat quality in two broiler strains. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2020. Vol. 33(5). P. 778–787. doi:10.5713/ajas.19.0208

21. Bahuti M., Yanagi Junior T., Fassani É.J., Ribeiro B., Lima R., Campos A.T. Evaluation of different light intensities on the well-being, productivity, and egg quality of laying hens. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. Vol. 215. P. 108423. doi:10.1016/j.compag.2023.108423

22. Balog J., Kidd B., Huff W., Huff G.R., Rath N.C., Anthony N.B. Effect of cold stress on broilers selected for resistance or susceptibility to ascites syndrome. *Poultry Science*. 2003. Vol. 82(9). P. 1383–1387. doi:10.1093/ps/82.9.1383

23. Bandyopadhyay U., Das D., Banerjee R.K. Reactive oxygen species: Oxidative damage and pathogenesis. *Current Science*. 1999. Vol. 77(5). P. 658–666.

24. Baxter M., Joseph N., Osborne V.R., Bédécarrats G.Y. Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. *Poultry Science*. 2014. Vol. 93(5). P. 1289–1297. doi:10.3382/ps.2013-03799

25. Bayraktar H., Altan A., Seremet S. The effects of spot lighting on broiler performance and welfare. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2012. Vol. 11(8). P. 1139–1144. doi:10.3923/javaa.2012.1139.1144

26. Bedanova I., Chloupek J., Chloupek P., Knotkova Z., Voslarova E., Pistekova V., Vecerek V. Responses of peripheral blood leukocytes to chronic intermittent noise exposure in broilers. *Berliner und Munchener Tierärztliche Wochenschrift*. 2010. Vol. 123(5–6). P. 186–191.

27. Behrends J., Randall J., Stiles M., Lines J., Kettlewell P. Noise and vibration on a poultry transporter. In Proceedings of the 30th International Congress of the International Society for Applied Ethology: 14-17 August 1996. Colonel KL Campbell Centre for the Study of Animal Welfare, 1996.
28. Beker A., Teeter R.G. Drinking water temperature and potassium chloride supplementation effects on broiler body temperature and performance during heat stress. *Journal of Applied Poultry Research*. 1994. Vol. 3(1). P. 87–92. doi:10.1093/japr/3.1.87
29. Berardinelli A., Donati V., Giunchi A., Guarnieri A., Ragni L. Effects of sinusoidal vibrations on quality indices of shell eggs. *Biosystems Engineering*. 2003 a. Vol. 86(3). P. 347–353. doi:10.1016/j.biosystemseng.2003.08.001
30. Berardinelli A., Donati V., Giunchi A., Guarnieri A., Ragni L. Effects of transport vibrations on quality indices of shell eggs. *Biosystems Engineering*. 2003 b. Vol. 86(4). P. 495–502. doi:10.1016/j.biosystemseng.2003.08.017
31. Bessei W. Welfare of broilers: A review. *World's Poultry Science Journal*. 2006. Vol. 62(3). P. 455–466. doi:10.1017/S0043933906001085
32. Biddie S.C., Hager G.L. Glucocorticoid receptor dynamics and gene regulation. *Stress*. 2009. Vol. 12(3). P. 193–205. doi:10.1080/10253890802506409
33. Bilal R.M., Hassan F., Farag M.R., Nasir T.A., Ragni M., Mahgoub H., Alagawany M. Thermal stress and high stocking densities in poultry farms: Potential effects and mitigation strategies. *Journal of Thermal Biology*. 2021. Vol. 99. P. 102944. doi:10.1016/j.jtherbio.2021.102944
34. Biyatmoko D. Effects the combinations of light color and intensity of light to age at first laying and production egg of Alabio laying ducks. *International Journal of Biosciences*. 2014. Vol. 5. P. 80–85. doi:10.12692/ijb/5.4.80-85
35. Blahová J., Dobšíková R., Straková E., Suchý P. Effect of low environmental temperature on performance and blood system in broiler chickens (*Gallus domesticus*). *Acta Veterinaria Brno*. 2007. Vol. 76(8). P. S17–S23. doi:10.2754/avb200776S8S017

36. Blatchford R.A., Archer G.S., Mench J.A. Contrast in light intensity, rather than day length, influences the behavior and health of broiler chickens. *Poultry Science*. 2012. Vol. 91(8). P. 1768–1774. doi:10.3382/ps.2011-02051
37. Boissy A. Fear and fearfulness in animals. *The Quarterly Review of Biology*. 1995. Vol. 70(2). P. 165–191. doi:10.1086/418981
38. Bond J. Effects of loud sounds on the physiology and behavior of swine. US Department of Agriculture, 1963.
39. Book C., Bradley F. Behavioural effects of simulated F-4D aircraft overflights on Nicholas turkey poults. *Poultry Science*. 1990. Vol. 69. P. 22.
40. Borg E. Physiological and pathogenic effects of sound. *Acta Otolaryngologica*. 1981. Vol. 92(sup381). P. 1–64. doi:10.3109/00016488109108887
41. Borges B., Fischer da Silva A.V., Maiorka A., Hooge D.M., Cummings K.R. Effects of diet and cyclic daily heat stress on electrolyte, nitrogen and water intake, excretion and retention colostomized male broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*. 2004. Vol. 3(5). P. 313–321. doi:10.3923/ijps.2004.313.321
42. Borges S.A., Da Silva A.V. F., Maiorka A. Acid-base balance in broilers. *World's Poultry Science Journal*. 2007. Vol. 63(1). P. 73–81. doi:10.1017/S0043933907001286
43. Bottje W.G., Raup T.J., Wang S. Effect of ammonium chloride on the bicarbonate buffer system in heat-stressed broilers. *British Poultry Science*. 1989. Vol. 30(4). P. 899–905. doi:10.1080/00071668908417216
44. Bradley F., Book C., Bowles A.E. Effects of low-altitude aircraft to very lights on domestic turkey poults. Final Report for Period December, 1989.
45. Branco T., Moura D.J., de Alencar Nääs I., da Silva Lima N.D., Klein D.R., Oliveira S. The sequential behavior pattern analysis of broiler chickens exposed to heat stress. *Agri Engineering*. 2021. Vol. 3(3). P. 447–457. doi:10.3390/agriengineering3030030

46. Bright A. Vocalisations and acoustic parameters of flock noise from feather pecking and non-feather pecking laying flocks. *British Poultry Science*. 2008. Vol. 49(3). P. 241–249. doi:10.1080/00071660802094172
47. Brugaletta G., Teyssier J.-R., Rochell S.J., Dridi S., Sirri F. A review of heat stress in chickens. Part I: Insights into physiology and gut health. *Frontiers in Physiology*. 2022. Vol. 13. P. 934381. doi:10.3389/fphys.2022.934381
48. Bruno L., Maiorka A., Macari M., Furlan R.L., Givisiez P. Water intake behavior of broiler chickens exposed to heat stress and drinking from bell or and nipple drinkers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 2011. Vol. 13. P. 147–152. doi:10.1590/S1516-635X2011000200009
49. BSI Group. British Standards Document BS 6841 6841: Guide to measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock. BSI, 1987.
50. Bureau C., Hennequet-Antier C., Couty M., Guémené D. Gene array analysis of adrenal glands in broiler chickens following ACTH treatment. *BMC Genomics*. 2009. Vol. 10(1). P. 430. doi:10.1186/1471-2164-10-430
51. Buyse J., Simons P.C.M., Boshouwers F.M.G., Decuypere E. Effect of intermittent lighting, light intensity and source on the performance and welfare of broilers. *World's Poultry Science Journal*. 1996. Vol. 52(2). P. 121–130. doi:10.1079/WPS19960012
52. Calefi A.S., Quinteiro-Filho W.M., Ferreira A.J.P., Palermo-Neto J. Neuroimmunomodulation and heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal*. 2017. Vol. 73(3). P. 493–504. doi:10.1017/S0043933917000472
53. Campo J.L., Gil M.G., Dávila S.G. Effects of specific noise and music stimuli on stress and fear levels of laying hens of several breeds. *Applied Animal Behaviour Science*. 2005. Vol. 91(1–2). P. 75–84.
54. Carlisle A.J. Physiological responses of broiler chickens to the vibrations experienced during road transportation. *British Poultry Science*. 1998. Vol. 39(Suppl S1). P. 48–49. doi:10.1080/00071669888340

55. Charles R.G., Robinson F.E., Hardin R.T., YU M.W., Feddes J., Classen H.L. Growth, body composition, and plasma androgen concentration of male broiler chickens subjected to different regimens of photoperiod and light intensity. *Poultry Science*. 1992. Vol. 71(10). P. 1595–1605. doi:10.3382/ps.0711595
56. Chen X., Jiang R., Geng Z. Cold stress in broiler: Global gene expression analyses suggest a major role of CYP genes in cold responses. *Molecular Biology Reports*. 2012. Vol. 39(1). P. 425–429. doi:10.1007/s11033-011-0754-x
57. Chen Y., Arsenault R., Napper S., Griebel P. Models and methods to investigate acute stress responses in cattle. *Animals*. 2015. Vol. 5(4). P. 1268–1295. doi:10.3390/ani5040411
58. Cheng Y.F., Chen Y.P., Chen R., Su Y., Zhang R.Q., He Q.F., Wang K., Wen C., Zhou Y. M. Dietary mannan oligosaccharide ameliorates cyclic heat stress-induced damages on intestinal oxidative status and barrier integrity of broilers. *Poultry Science*. 2019. Vol. 98(10). P. 4767–4776. doi:10.3382/ps/pez192
59. Chiandetti C., Vallortigara G. Chicks like consonant music. *Psychological Science*. 2011. Vol. 22(10). P. 1270–1273. doi:10.1177/0956797611418244
60. Chloupek P., Voslářová E., Chloupek J., Bedáňová I., Pištěková V., Večerek V. Stress in broiler chickens due to acute noise exposure. *Acta Veterinaria Brno*. 2009. Vol. 78(1). P. 93–98. doi:10.2754/avb200978010093
61. Ciborowska P., Michalczuk M., Biń D. The effect of music on livestock: Cattle, poultry and pigs. *Animals*. 2021. Vol. 11(12). P. 3572. doi:10.3390/ani11123572
62. Clark J.D., Rager D.R., Calpin J.P. Animal well-being II. Stress and distress. *Laboratory Animal Science*. 1997. Vol. 47(6). P. 571–579.
63. Cockrem J.F. Stress, corticosterone responses and avian personalities. *Journal of Ornithology*. 2007. Vol. 148(Suppl 2). P. 169–178. doi:10.1007/s10336-007-0175-8

64. Cockrem J.F. Individual variation in glucocorticoid stress responses in animals. *General and Comparative Endocrinology*. 2013. Vol. 181. P. 45–58. doi:10.1016/j.ygcen.2012.11.025
65. Collier R.J., Beede D.K., Thatcher W.W., Israel L.A., Wilcox C.J. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *Journal of Dairy Science*. 1982. Vol. 65(11). P. 2213–2227. doi:10.3168/jds.S0022-0302(82)82484-3
66. Collins L.M., Sumpter D.J.T. The feeding dynamics of broiler chickens. *Journal of the Royal Society Interface*. 2007. Vol. 4(12). P. 65–72. doi:10.1098/rsif.2006.0157
67. Cooper M.A., Washburn K.W. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. *Poultry Science*. 1998. Vol. 77(2). P. 237–242. doi:10.1093/ps/77.2.237
68. Dabbert C.B., Lochmiller R.L., Teeter R.G. Effects of acute thermal stress on the immune system of the Northern Bobwhite (*Colinus virginianus*). *The Auk*. 1997. Vol. 114(1). P. 103–109. doi:10.2307/4089069
69. Dantzer R. Neuroimmune interactions: From the brain to the immune system and vice versa. *Physiological Reviews*. 2018. Vol. 98(1). P. 477–504. doi:10.1152/physrev.00039.2016
70. Deep A., Schwan-Lardner K., Crowe T.G., Fancher B.I., Classen H.L. Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics, and welfare. *Poultry Science*. 2010. Vol. 89(11). P. 2326–2333. doi:10.3382/ps.2010-00964
71. Demas G.E., Chefer V., Talan M.I., Nelson R.J. Metabolic costs of mounting an antigen-stimulated immune response in adult and aged C57BL/6J mice. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 1997. Vol. 273(5). P. R1631–R1637. doi:10.1152/ajpregu.1997.273.5.R1631
72. Donofre A.C., Oliveira da Silva I.J., Cirqueira Nazareno A., De Paula Ferreira I.E. Mechanical vibrations in the transport of hatching eggs and the losses

caused in the hatch and quality of broiler chicks. *Journal of Agricultural Engineering*. 2017. Vol. 48(1). P. 36–41. doi:10.4081/jae.2017.593

73. Dovolou E., Giannoulis T., Nanas I., Amiridis G.S. Heat stress: A serious disruptor of the reproductive physiology of dairy cows. *Animals*. 2023. Vol. 13(11). P. 1846. doi:10.3390/ani13111846

74. El Hadi H., Sykes A.H. Thermal panting and respiratory alkalosis in the laying hen. *British Poultry Science*. 1982. Vol. 23(1). P. 49–57. doi:10.1080/00071688208447928

75. Elkomy H.E., Taha A.E., Basha H.A., Abo-Samaha M.I., Sharaf M.M. Growth and reproduction performance of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) under various environments of light colors. *Slovenian Veterinary Research*. 2019. Vol. 56(22). P. 119–127. doi:10.26873/SVR-749-2019

76. El-Sabrou K. Effect of LED lighting during incubation of Fayoumi eggs on hatchability and chick performance. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*. 2017. Vol. 23(6). P. 1007–1009. doi:0.9775/kvfd.2017.18025

77. El-Sabrou K., El-Deek A., Ahmad S., Usman M., Dantas M., Souza-Junior J. Lighting, density, and dietary strategies to improve poultry behavior, health, and production. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2022. Vol. 10(1). P. 1–17. doi:10.31893/jabb.22012

78. England A., Ruhnke I. The influence of light of different wavelengths on laying hen production and egg quality. *World's Poultry Science Journal*. 2020. Vol. 76(3). P. 443–458. doi:10.1080/00439339.2020.1789023

79. Erensoy K., Sarica M., Noubandiguim M., Dur M., Aslan R. Effect of light intensity and stocking density on the performance, egg quality, and feather condition of laying hens reared in a battery cage system over the first laying period. *Tropical Animal Health and Production*. 2021. Vol. 53(2). P. 320. doi:10.1007/s11250-021-02765-5

80. Flint H.J., Scott K.P., Duncan S.H., Louis P., Forano E. Microbial degradation of complex carbohydrates in the gut. *Gut Microbes*. 2012. Vol. 3(4). P. 289–306. doi:10.4161/gmic.19897

81. Forsling M.L. Vasopressin in the blood plasma of pigs and calves exposed to noise and vibration comparable with that experience during transport. *Journal of Physiology London*. 1984. Vol. 3. P. 57–96.
82. Fourie N.H., Brown J.L., Jolly C.J., Phillips-Conroy J.E., Rogers J., Bernstein R.M. Sources of variation in hair cortisol in wild and captive non-human primates. *Zoology*. 2016. Vol. 119(2). P. 119–125. doi:10.1016/j.zool.2016.01.001
83. Frindt A., Zoń A., Bielański P. Stres jako forma zachowania się zwierzęcia. *Wiadomości Zootechniczne*. 2006. Vol. 44(1). P. 15–18.
84. Gallup G.G. Genetic influence on tonic immobility in chickens. *Animal Learning & Behavior*. 1974. Vol. 2. P. 145–147. doi:10.3758/bf03199142
85. Garcia D.B., Silva I.J.O., Barbosa Filho J.A.D. Evaluation of the effect of vibration in simulated condition of transport of broiler chickens, Livestock Environment VIII. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
86. Gebresenbet G., Eriksson B. Effects of transport and handling on animal welfare, meat quality and environment with special emphasis on tied cows. Department of Agricultural Engineering, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Report 233, 1988.
87. Geverink N.A., Bühnemann A., Van De Burgwal J.A., Lambooij E., Blokhuis H.J., Wiegant V.M. Responses of slaughter pig to transport and lairage sounds. *Physiology & Behavior*. 1998. Vol. 63(4). P. 667–673. doi:10.1016/s0031-9384(97)00513-1
88. Gladwin D.N., Mancini K.M., Vilella R. Effects of aircraft noise and sonic booms on domestic animals and wildlife: Bibliographic abstracts. US Fish and Wildlife Service, National Ecology Research Center, 1988.
89. Goel A. Heat stress management in poultry. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2021. Vol. 105(6). P. 1136–1145. doi:10.1111/jpn.13496
90. Goel A., Ncho C.M., Choi Y.H. Regulation of gene expression in chickens by heat stress. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021. Vol. 12(1). P. 11. doi:10.1186/s40104-020-00523-5

91. Goel A., Ncho C.M., Jeong C.M., Gupta V., Jung J.Y., Ha S.Y., Yang, J.K., Choi Y.H. Dietary supplementation of solubles from shredded, steam-exploded pine particles modifies gut length and cecum microbiota in cyclic heat-stressed broilers. *Poultry Science*. 2023. Vol. 102(4). P. 102498. doi:10.1016/j.psj.2023.102498
92. Goldsmith T.H. Optimization, constraint, and history in the evolution of eyes. *The Quarterly Review of Biology*. 1990. Vol. 65(3). P. 281–322. doi:10.1086/416840
93. Gordon I., Gilboa A., Cohen S., Milstein N., Haimovich N., Pinhasi S., Siegman S. Physiological and behavioral synchrony predict group cohesion and performance. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10(1). P. 8484. doi:10.1038/s41598-020-65670-1
94. Grandin T. Factors that impede animal movement at slaughter plants. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1996. Vol. 209. P. 757–759.
95. Griffin M.J. Handbook of human vibration. Academic press, 2012.
96. Gross W.B. Effect of ascorbic acid on antibody response of stressed and unstressed chickens. *Avian Diseases*. 1988. Vol. 32(3). P. 483–485. doi:10.2307/1590915
97. Gross W.B. Effect of exposure to a short-duration sound on the stress response of chickens. *Avian Diseases*. 1990. Vol. 34(3). P. 759–761.
98. Gupta V., Ncho C.M., Goel A., Jeong CM., Choi Y.H. In-ovo feeding of α -ketoglutaric acid improves hepatic antioxidant-gene expression, plasma antioxidant activities and decreases body temperature without affecting broiler body weight under cyclic heat stress. *Poultry Science*. 2024. Vol. 103(6). P. 103749. doi:10.1016/j.psj.2024.103749
99. Habashy W.S., Milfort M.C., Rekaya R., Aggrey S.E. Cellular antioxidant enzyme activity and biomarkers for oxidative stress are affected by heat stress. *International Journal of Biometeorology*. 2019. Vol. 63(12). P. 1569–1584. doi:10.1007/s00484-019-01769-z

100. Hall J.E., Hall M.E. Guyton and Hall textbook of medical physiology E-Book. Elsevier Health Sciences, 2020.
101. Hamm D. Sensory stress effect on layers. *Poultry Science*. 1967. Vol. 46. P. 1267.
102. Hangalapura B. Cold stress and immunity: Do chickens adapt to cold by trading-off immunity for thermoregulation? Wageningen University and Research, 2006.
103. Hassan M.R., Sultana S., Choe H.S., Ryu K.S. Effect of monochromatic and combined light colour on performance, blood parameters, ovarian morphology and reproductive hormones in laying hens. *Italian Journal of Animal Science*. 2013. Vol. 12(3). P. e56. doi:10.4081/ijas.2013.e56
104. He J., He Y., Pan D., Cao J., Sun Y., Zeng X. Associations of gut microbiota with heat stress-induced changes of growth, fat deposition, intestinal morphology, and antioxidant capacity in ducks. *Frontiers in Microbiology*. 2019. Vol. 10. P. 903. doi:10.3389/fmicb.2019.00903
105. He X., Lu Z., Ma B., Zhang L., Li J., Jiang Y., Zhou G., Gao F. Effects of chronic heat exposure on growth performance, intestinal epithelial histology, appetite-related hormones and genes expression in broilers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. Vol. 98(12). P. 4471–4478. doi:10.1002/jsfa.8971
106. Hesters P.Y., Muir W.M., Craig J.V. Group selection for adaptation to multiple-hen cages: Humoral immune response. *Poultry Science*. 1996. Vol. 75(11). P. 1315–1320. doi:10.3382/ps.0751315
107. Hieke A.-S.C., Hubert S.M., Athrey G. Circadian disruption and divergent microbiota acquisition under extended photoperiod regimens in chicken. *PeerJ*. 2019. Vol. 7. P. e6592. doi:10.7717/peerj.6592
108. Hirakawa R., Nurjanah S., Furukawa K., Murai A., Kikusato M., Nochi T., Toyomizu M. Heat stress causes immune abnormalities via massive damage to effect proliferation and differentiation of lymphocytes in broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020. Vol. 7. P. 46. doi:10.3389/fvets.2020.00046

109. Honda K., Saneyasu T., Kamisoyama H. Gut hormones and regulation of food intake in birds. *The Journal of Poultry Science*. 2017. Vol. 54(2). P. 103–110. doi:10.2141/jpsa.0160100
110. Hu J.Y., Cheng H.W. Warm perches: A novel approach for reducing cold stress effect on production, plasma hormones, and immunity in laying hens. *Poultry Science*. 2021. Vol. 100(8). P. 101294. doi:10.1016/j.psj.2021.101294
111. Ipek A., Sahan U. Effects of cold stress on broiler performance and ascites susceptibility. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2006. Vol. 19(5). P. 734–738. doi:10.5713/ajas.2006.734
112. Iqbal A., Decuyper E., Abd El Azim A., Kühn E.R. Pre- and post-hatch high temperature exposure affects the thyroid hormones and corticosterone response to acute heat stress in growing chicken (*Gallus domesticus*). *Journal of Thermal Biology*. 1990. Vol. 15(2). P. 149–153. doi:10.1016/0306-4565(90)90032-D
113. Iraqi E., Hady A.A., Elsayed N., Khalil H., El-Saadany A., El-Sabroun K. Effect of thermal manipulation on embryonic development, hatching process, and chick quality under heat-stress conditions. *Poultry Science*. 2024. Vol. 103(1). P. 103257. doi:10.1016/j.psj.2023.103257
114. Jahanian R., Rasouli E. Dietary chromium methionine supplementation could alleviate immunosuppressive effects of heat stress in broiler chicks. *Journal of Animal Science*. 2015. Vol. 93(7). P. 3355–3363. doi:10.2527/jas.2014-8807
115. Jarosiewicz K., Słowiński M. Obrót przedubojowy przyczyną stresu u drobiu. *Medycyna Weterynaryjna*. 2011. Vol. 67(5). P. 309–312.
116. Jarvis J.R., Taylor N.R., Prescott N.B., Meeks I., Wathes C.M. Measuring and modelling the photopic flicker sensitivity of the chicken (*Gallus g. domesticus*). *Vision Research*. 2002. Vol. 42(1). P. 99–106. doi:10.1016/s0042-6989(01)00268-1
117. Jiang S., Fu Y., Cheng H. Daylight exposure and circadian clocks in broilers: Part I—photoperiod effect on broiler behavior, skeletal health, and fear response. *Poultry Science*. 2023. Vol. 102(12). P. 103162. doi:10.1016/j.psj.2023.103162

118. Johnsen P.F., Vestergaard K.S., Nørgaard-Nielsen G. Influence of early rearing conditions on the development of feather pecking and cannibalism in domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science*. 1998. Vol. 60(1). P. 25–41.
119. Jones R.B. Fear and adaptability in poultry: Insights, implications and imperatives. *World's Poultry Science Journal*. 1996. Vol. 52(2). P. 131–174. doi:10.1079/WPS19960013
120. Jones T.A., Jones S.M., Paggett K.C. Emergence of hearing in the chicken embryo. *Journal of Neurophysiology*. 2006. Vol. 96(1). P. 128–141. doi:10.1152/jn.00599.2005
121. Kang S.W., Christensen K.D., Kidd Jr. M.T., Orłowski S.K., Clark J. Effects of a variable light intensity lighting program on the welfare and performance of commercial broiler chickens. *Frontiers in Physiology*. 2023. Vol. 14. P. 255. doi:10.3389/fphys.2023.1059055
122. Karaer M.C., Čebulj-Kadunc N., Snoj T. Stress in wildlife: Comparison of the stress response among domestic, captive, and free-ranging animals. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023. Vol. 10. P. 1167016. doi:10.3389/fvets.2023.1167016
123. Kight C.R., Swaddle J.P. How and why environmental noise impacts animals: An integrative, mechanistic review. *Ecology Letters*. 2011. Vol. 14(10). P. 1052–1061. doi:10.1111/j.1461-0248.2011.01664.x
124. Kim H.-J., Son J., Kim H.-S., Hong E.C., Kim J.H. Effects of light intensity on growth performance, blood components, carcass characteristics, and welfare of broilers. *Journal of Animal Science and Technology*. 2022. Vol. 64(5). P. 985–996. doi:10.5187/jast.2022.e47
125. Kim J., Choi Y.-H. Differential abundance of egg white proteins in laying hens treated with corticosterone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014. Vol. 62(51). P. 12346–12359. doi:10.1021/jf504469t
126. Korsos G., Kulcsar M., Szabone Benyeda Z., Glavits R., Bersenyi A., Gaspardy A., Gyorgy Fekete S. The effect of noise and music on young meat chickens' behaviour and stress state. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*. 2019. Vol. 8(3). P. 146–151. doi:10.15406/jdvar.2019.08.00258

127. Kosmakos F.C., Keller Jr.E.C., Collins W.E. Effects of mechanical vibration on rat plasma calcium, magnesium, phosphate, and xanthine oxidase. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 1975. Vol. 46(11). P. 1363–1367.
128. Kreithen M.L. Detection of sound and vibration by birds. In Proceedings of 2nd NEHRP Conference on abnormal animal behavior prior to earthquakes. U.S. Department of the Interior, Geological Survey, 1980.
129. Kristensen H.H., Perry G.C., Prescott N.B., Ladewig J., Ersbøll A.K., Wathes C.M. Leg health and performance of broiler chickens reared in different light environments. *British Poultry Science*. 2006. Vol. 47(3). P. 257–263. doi:10.1080/00071660600753557
130. Ksenzhek O.S., Volkov A.G. Plant energetics. Elsevier, 1988.
131. Lang P.J., Lazovik A.D. Experimental desensitization of phobia. *Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1963. Vol. 66(6). P. 519–525. doi:10.1037/h0039828
132. Lara L., Rostagno M. Impact of heat stress on poultry production. *Animals*. 2013. Vol. 3(2). P. 356–369. doi:10.3390/ani3020356
133. Lashari M.H., Karim S., Alhussein M., Hoshu A.A., Aurangzeb K., Anwar M.S. Internet of Things-based sustainable environment management for large indoor facilities. *PeerJ Computer Science*. 2023. Vol. 9. P. e1623. doi:10.7717/peerj-cs.1623
134. Lei L., Hepen, L., Xianlei L., Hongchao J., Hai L., Sheikahmadi A. Yufeng W., Zhigang S. Effects of acute heat stress on gene expression of brain–gut neuropeptides in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*). *Journal of Animal Science*. 2013. Vol. 91(11). P. 5194–5201. doi:10.2527/jas.2013-6538
135. Lewis P.D. A review of lighting for broiler breeders. *British Poultry Science*. 2006. Vol. 47(4). P. 393–404. doi:10.1080/00071660600829092
136. Lewis P.D., Morris T.R. Responses of domestic poultry to various light sources. *World's Poultry Science Journal*. 1988. Vol. 54(1). P. 7–25.

137. Li D., Tong Q., Shi Z., Zheng W., Wang Y., Li B., Yan G. Effects of cold stress and ammonia concentration on productive performance and egg quality traits of laying hens. *Animals*. 2020. Vol. 10(12). P. 2252. doi:10.3390/ani10122252
138. Li M., Wu J., Chen Z. Effects of heat stress on the daily behavior of wen chang chickens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 2015. Vol. 17. P. 559–566. doi:10.1590/1516-635x1704559-566
139. Liu G., Zhu H., Ma T., Yan Z., Zhang Y., Geng Y., Zhu Y., Shi Y. Effect of chronic cyclic heat stress on the intestinal morphology, oxidative status and cecal bacterial communities in broilers. *Journal of Thermal Biology*. 2020. Vol. 91. P. 102619. doi:10.1016/j.jtherbio.2020.102619
140. Liu L., Song Z., Sheikahmadi A., Jiao H., Lin H. Effect of corticosterone on gene expression of feed intake regulatory peptides in laying hens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 2012. Vol. 162(4). P. 81–87. doi:10.1016/j.cbpb.2012.04.005
141. Liu W., Wang Z., Chen Y. Effects of monochromatic light on developmental changes in satellite cell population of pectoral muscle in broilers during early post hatch period. *The Anatomical Record*. 2010. Vol. 293(8). P. 1315–1324. doi:10.1002/ar.21174
142. Liu Y., Guo Y., Wang Z., Nie W. Effects of source and level of magnesium on catalase activity and its gene expression in livers of broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition*. 2007. Vol. 61(4). P. 292–300. doi:10.1080/17450390701432019
143. Lynch T.E., Speake D.W. Eastern wild turkey behavioral responses induced by sonic boom. In J.L. Fletcher, R.G. Busnel (Eds.). *Effects of noise on wildlife* (pp. 47–61). Elsevier, 1978.
144. Manser C.E. Effects of lighting on the welfare of domestic poultry: A review. *Animal Welfare*. 1996. Vol. 5(4). P. 341–360. doi:10.1017/S0962728600019114

145. Mariotti A. The effects of chronic stress on health: New insights into the molecular mechanisms of brain–body communication. *Future Science OA*. 2015. Vol. 1(3). P. FSO23. doi:10.4155/fso.15.21
146. Maxwell M.H. Avian blood leucocyte responses to stress. *World's Poultry Science Journal*. 1993. Vol. 49(1). P. 34–43. doi:10.1079/WPS19930004
147. Mazzoni M., Zampiga M., Clavenzani P., Lattanzio G., Tagliavia C., Sirri F. Effect of chronic heat stress on gastrointestinal histology and expression of feed intake-regulatory hormones in broiler chickens. *Animal*. 2022. Vol. 16(8). P. 100600. doi:10.1016/j.animal.2022.100600
148. McFarlane J.M., Curtis S.E. Multiple concurrent stressors in chicks.: Effects on plasma corticosterone and the heterophil:Lymphocyte ratio. *Poultry Science*. 1989. Vol. 68(4). P. 522–527. doi:10.3382/ps.0680522
149. McFarlane J.M., Curtis S.E., Shanks R.D., Carmer S. Multiple concurrent stressors in chicks.: 1. Effect on weight gain, feed intake, and behavior. *Poultry Science*. 1989. Vol. 68(4). P. 501–509. doi:10.3382/ps.0680501
150. McFarlane J.M., Curtis S.E., Simon J., Izquierdo O. Multiple concurrent stressors in chicks.: 2. Effects on hematologic, body composition, and pathologic traits. *Poultry Science*. 1989. Vol. 68(4). P. 510–521. doi:10.3382/ps.0680510
151. Mihina S., Kazimirova V., Copland T. Technology for farm animal husbandry Slovak Agricultural University, 2012. P. 66–99.
152. Mills A., Faure J. Panic and hysteria in domestic fowl: A review. In R. Zayan, R. Dantzer (Eds.), *Social stress in domestic animals*. Kluwer, 1990. P. 248–272.
153. Mitchell M.A., Kettlewell P.J. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: Solutions not problems! *Poultry Science*. 1998. Vol. 77(12). P. 1803–1814. doi:10.1093/ps/77.12.1803
154. Mitchell M.A., Kettlewell P.J., Maxwell M.H. Indicators of physiological stress in broiler chickens during road transportation. *Animal Welfare*. 1992. Vol. 1(2). P. 91–103. doi:10.1093/ps/77.12.1803

155. Mobarkey N., Avital N., Heiblum R., Rozenboim I. The role of retinal and extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens. *Domestic Animal Endocrinology*. 2010. Vol. 38(4). P. 235–243. doi:10.1016/j.domaniend.2009.11.002
156. Moraes D.T., Lara L.J.C., Baião N.C., Cançado S.V., Gonzalez M.L., Aguilar C., Lana A. Efeitos dos programas de luz sobre desempenho, rendimento de carcaça e resposta imunológica em frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2008. Vol. 60. P. 201–208. doi:10.1590/S0102-09352008000100028
157. Morey J.N., Boggero I.A., Scott A.B., Segerstrom S.C. Current directions in stress and human immune function. *Current Opinion in Psychology*. 2015. Vol. 5. P. 13–17. doi:10.1016/j.copsyc.2015.03.007
158. Morgan K.N., Tromborg C.T. Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science*. 2007. Vol. 102(3–4). P. 262–302. doi:10.1016/j.applanim.2006.05.032
159. National Chicken Council. National Chicken Council Animal Welfare guidelines and audit checklist for broilers, 2010.
160. National Research Council (US) Committee on Recognition and Alleviation of Distress in Laboratory Animals. Recognition and alleviation of distress in laboratory animals. National Academies Press, 2008.
161. National Research Council (US) Committee for the Update of the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. Guide for the care and use of laboratory animals. National Academies Press, 2010.
162. Nanto-Hara F., Kikusato M., Ohwada S., Toyomizu M. Heat stress directly affects intestinal integrity in broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*. 2020. Vol. 57(4). P. 284–290. doi:10.2141/jpsa.0190004
163. Nawab A., Ibtisham F., Li G., Kieser B., Wu J., Liu W., Zhao Y., Nawab Y., Li K., Xiao M., An L. Heat stress in poultry production: Mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry. *Journal of Thermal Biology*. 2018. Vol. 78. P. 131–139. doi:10.1016/j.jtherbio.2018.08.010

164. Nazareno A.C., Silva I.J.O., Vieira A.M.C., Vieira F., Miranda K. Níveis de vibração e choques em diferentes estradas duranteo transporte de ovos férteis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*. 2013. Vol. 17. P. 900–905. doi:10.1590/S1415-43662013000800015
165. Ncho C.M., Berdos J.I., Gupta V., Rahman A., Mekonnen K.T., Bakhsh A. Abiotic stressors in poultry production: A comprehensive review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2025. Vol. 109. P. 30–50. doi:10.1111/jpn.1403250
166. Ncho C.M., Gupta V., Goel A. Effect of thermal conditioning on growth performance and thermotolerance in broilers: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Thermal Biology*. 2021. Vol. 98. P. 102916. doi:10.1016/j.jtherbio.2021.102916
167. Ncho C.M., Gupta V., Choi Y.H. Effects of dietary glutaminesupplementation on heat-induced oxidative stress in broiler chickens: A systematic review and meta-analysis. *Antioxidants*. 2023. Vol. 12(3). P. 570. doi:10.3390/antiox12030570
168. Ncho C.M., Goel A., Gupta V., Jeong C.M., Choi Y.H. Embryonic manipulations modulate differential expressions of heat shock protein, fatty acid metabolism, and antioxidant-related genes in the liver of heat-stressed broilers. *PLoS One*. 2022 a. Vol. 17(7). P. e0269748. doi:10.1371/journal.pone.0269748
169. Ncho C.M., Goel A., Gupta V., Jeong C.M., Choi Y. H. Impact of embryonic manipulations on core body temperature dynamics and survival in broilers exposed to cyclic heat stress. *Scientific Reports*. 2022 б. Vol. 12(1). P. 15110. doi:10.1038/s41598-022-19063-1
170. Ncho C.-M., Goel A., Jeong C.-M., Youssouf M., Choi Y. H. Inovo injection of gaba can help body weight gain at hatch, increasechick weight to egg weight ratio, and improve broiler heat resistance. *Animals*. 2021. Vol. 11(5). P. 1364. doi:10.3390/ani11051364
171. Ncho C.M., Jeong C., Gupta V., Goel A. The effect of gamma-aminobutyric acid supplementation on growth performances, immune responses, and

blood parameters of chickens reared under stressful environment: A meta-analysis. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28(33). P. 45019–45028. doi:10.1007/s11356-021-13855-0

172. Neil D., McKay D. The CCAC guidelines on: Laboratory animal facilities – Characteristics design and development. Canadian Council on Animal Care, 2003.

173. Nguyen P.H., Greene E., Donoghue A., Huff G., Clark F.D., Dridi S. A new insight into cold stress in poultry production. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences*. 2016. Vol. 2. P. 1–2. doi:10.17140/AFTNSOJ-2-124

174. Nicholls S.K., Casiraghi L.P., Wang W., Weber E.T., Harrington M. E. Focus: Clocks and cycles: Evidence for internal desynchrony caused by circadian clock resetting. *The Yale Journal of Biology and Medicine*. 2019. Vol. 92(2). P. 259–270.

175. Novak D. Noise. In D. Novak, M. Sakakeeny (Eds.). *Keywords in sound*. Duke University Press, 2015. P. 125–138.

176. Osborne D.J., Heath T.O., Boarer P. Variation in human response to whole-body vibration. *Ergonomics*. 1981. Vol. 24(4). P. 301–313. doi:10.1080/00140138108924853

177. Odom T.W., Harrison P.C., Bottje W.G. Effects of thermal-induced respiratory alkalosis on blood ionized calcium levels in the domestic hen. *Poultry Science*. 1986. Vol. 65(3). P. 570–573. doi:10.3382/ps.0650570

178. Oh T.-K., Lee S.-J., Chang D.-I., Chang H.-H. The effects of noise and vibration generated by mechanized equipment in laying hen houses on productivity. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University*. 2011. Vol. 56(2). P. 271–277. doi:10.5109/20320

179. Olanrewaju H.A., Thaxton J.P., Dozier W.A., Purswell J., Roush W. B., Branton S.L. A review of lighting programs for broiler production. *International Journal of Poultry Science*. 2006. Vol. 5(4). P. 301–308. doi:10.3923/ijps.2006.301.308

180. Olczak K., Penar W., Nowicki J., Magiera A., Klocek C. The role of sound in livestock farming – selected aspects. *Animals*. 2023. Vol. 13(14). P. 2307. doi:10.3390/ani13142307
181. Pani P., Bal N.C. Avian adjustments to cold and non-shivering thermogenesis: Whats, wheres and hows. *Biological Reviews*. 2022. Vol. 97(6). P. 2106–2126. doi:10.1111/brv.12885
182. Pape R.W., Becker F.F., Drum D.E., Goldman D.E. Some effects of vibration on totally immersed cats. *Journal of Applied Physiology*. 1963. Vol. 18(6). P. 1193–1200. doi:10.1152/jappl.1963.18.6.1193
183. Park S.-O., Hwangbo J., Ryu C.-M., Park B.S., Chae H.S., Choi H.C., Kang H.K., Seo O.S., Choi Y.H. Effects of extreme heat stress on growth performance, lymphoid organ, IgG and cecum microflora of broiler chickens. *International Journal of Agriculture & Biology*. 2013. Vol. 15(6). P. 1204–1208.
184. Pol C.W., van Roover-Reijrink I.A.M., Maatjens C.M., Gussekloo S., Kranenbarg S., Wijnen J., Pieters R., Schipper H., Kemp B., van den Brand H. Light-dark rhythms during incubation of broiler chicken embryos and their effects on embryonic and post hatch leg bone development. *PLoS One*. 2019. Vol. 14(1). P. e0210886. doi:10.1016/j.psj.2019.12.042
185. Proudfoot F.G. Effect of packing orientation, daily positional change and vibration on the hatchability of chicken eggs stored up to four weeks. *Canadian Journal of Animal Science*. 1969. Vol. 49(1). P. 29–35.
186. Qin Q., Li Z., Zhang M., Dai Y., Li S., Wu H., Zhang Z., Chen P. Effects of melittin on production performance, antioxidant function, immune function, heat shock protein, intestinal morphology, and cecal microbiota in heat-stressed quails. *Poultry Science*. 2023. Vol. 102(10). P. 102713. doi:10.1016/j.psj.2023.102713
187. Raccoursier M., Thaxton Y.V., Christensen K., Aldridge D.J., Scanes C.G. Light intensity preferences of broiler chickens: Implications for welfare. *Animal*. 2019. Vol. 13(12). P. 2857–2863. doi:10.1017/S175173111900123X

188. Randall J.M. Human subjective response to lorry vibration: Implications for farm animal transport. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1992. Vol. 52. P. 295–307.
189. Randall J.M., Cove M.T., White R.P. Resonant frequencies of broiler chickens. *Animal Science*. 1996. Vol. 62(2). P. 369–374. doi:10.1017/S1357729800014697
190. Randall J.M., Duggan J.A., Alami M.A., White R.P. Frequency weightings for the aversion of broiler chickens to horizontal and vertical vibration. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1997. Vol. 68(4). P. 387–397.
191. Randall J.M., Streader W.V., Meehan A.M. Vibration on poultry transporters. *British Poultry Science*. 1993. Vol. 34(4). P. 635–642. doi:10.1080/0007166930841762248
192. Rao S. Vibrações mecânicas. Pearson Prentice Hall, 2008.
193. Rault J.-L., Clark K., Groves P.J., Cronin G.M. Light intensity of 5 or 20 lux on broiler behavior, welfare and productivity. *Poultry Science*. 2017. Vol. 96(4). P. 779–787. doi:10.3382/ps/pew423.
194. Rebillard G., Rubel E.W. Electrophysiological study of the maturation of auditory responses from the inner ear of the chick. *Brain Research*. 1981. Vol. 229(1). P. 15–23. doi:10.1016/0006-8993(81)90741-1
195. Reddy I.J., Sukanto Mondal S.M., Ashish Mishra A.M., Gorti RaviKiran G.R. Impact of lighting on poultry reproduction and recent advances. *CABI Reviews*. 2014. P. 1–9. doi:10.1079/PAVSNNR20149030
196. Regnier J.A., Kelley K.W. Heat- and cold-stress suppresses in vivo and in vitro cellular immune responses of chickens. *American Journal of Veterinary Research*. 1981. Vol. 42(2). P. 294–299.
197. Regnier J.A., Kelley K.W., Gaskins C.T. Acute thermal stressors and synthesis of antibodies in chickens. *Poultry Science*. 1980. Vol. 59(5). P. 985–990. doi:10.3382/ps.0590985

198. Reynolds R.P., Li Y., Garner A., Norton J.N. Vibration in mice: A review of comparative effects and use in translational research. *Animal Models and Experimental Medicine*. 2018. Vol. 1(2). P. 116–124. doi:10.1002/ame2.12024
199. Ribeiro P.A.P., Yanagi Junior T., Lima R.R., Oliveira D., Abreu L. An evaluation of the thermal and luminous environment of laying hen aviaries equipped with light-emitting diode and compact fluorescent lamps and their effects on production and egg quality. *Engenharia Agrícola*. 2021. Vol. 41(1). P. 1–8. doi:10.1590/1809-4430-eng.agric.v41n1p1-8/2021
200. Riber A.B. Effects of color of light on preferences, performance, and welfare in broilers. *Poultry Science*. 2015. Vol. 94(8). P. 1767–1775. doi:10.3382/ps/pev174
201. Rich E.L., Romero L.M. Exposure to chronic stress down regulates corticosterone responses to acute stressors. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2005. Vol. 288(6). P. R1628–R1636. doi:10.1152/ajpregu.00484.2004
202. Richards M.P., Proszkowiec-Weglarz M. Mechanisms regulating feed intake, energy expenditure, and body weight in poultry. *Poultry Science*. 2007. Vol. 86(7). P. 1478–1490. doi:10.1093/ps/86.7.1478
203. Ricke S.C., Lee S.I., Kim S.A., Park S.H., Shi Z. Prebiotics and the poultry gastrointestinal tract microbiome. *Poultry Science*. 2020. Vol. 99(2). P. 670–677. doi:10.1016/j.psj.2019.12.018
204. Rostagno M.H. Effects of heat stress on the gut health of poultry. *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98(4). P. skaa090. doi:10.1093/jas/skaa090
205. Rotiah R., Widiastuti E., Sunarti D. Relative weight of small intestine and lymphoid organ of finisher period broiler chicken at different rearing temperatures. *Journal Animal Research and Applied Science*. 2019. Vol. 1(1). P. 6–10. doi:10.22219/aras.v1i1.8299
206. Rubene D. Functional differences in avian colour vision: A behavioural test of critical flicker fusion frequency (CFF) for different wavelengths and light intensities. Masterarbeit MSc, Uppsala University, 2009.

207. Saeed M., Abbas G., Alagawany M., Kamboh A.A., Abd El-Hack M.E., Khafaga A.F., Chao S. Heat stress management in poultry farms: A comprehensive overview. *Journal of Thermal Biology*. 2019. Vol. 84. P. 414–425. doi:10.1016/j.jtherbio.2019.07.025
208. Schwartzkopf-Genswein K.S., Faucitano L., Dadgar S., Shand P., González L.A., Crowe T.G. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. *Meat Science*. 2012. Vol. 92(3). P. 227–243. doi:10.1016/j.meatsci.2012.04.010
209. Schwean-Lardner K., Fancher B.I., Gomis S., Van Kessel A., Dalal S., Classen H.L. Effect of day length on cause of mortality, leg health, and ocular health in broilers. *Poultry Science*. 2013. Vol. 92(1). P. 1–11. doi:10.3382/ps.2011-01967
210. Scott G.B. Effects of short-term whole body vibration on animals with particular reference to poultry. *World's Poultry Science Journal*. 1994. Vol. 50(1). P. 25–38. doi:10.1079/WPS19940003
211. Scott-Solomon E., Boehm E., Kuruvilla R. The sympathetic nervous system in development and disease. *Nature Reviews Neuroscience*. 2021. Vol. 22(11). P. 685–702. doi:10.1038/s41583-021-00523-y
212. Shafey T.M. Effect of lighted incubation on embryonic growth and hatchability performance of two strains of layer breeder eggs. *British Poultry Science*. 2004. Vol. 45(2). P. 223–229. doi:10.1080/00071660410001715821
213. Shannon S.G., Moran A.W., Mason K. Effect of vibration frequency and amplitude on developing chicken embryos. *UAAARL Report*. 1994. Vol. 95. P. 39–45.
214. Sheng J.A., Bales N.J., Myers S.A., Bautista A.I., Roueifar M., Hale T.M., Handa R.J. The hypothalamic-pituitary-adrenal axis: Development, programming actions of hormones, and maternal-fetal interactions. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2021. Vol. 14. P. 256. doi:10.3389/fnbeh.2020.601939
215. Sirotkin A.V., Pavlova S., Tena-Sempere M., Grossmann R., Jiménez M.R., Rodriguez J.M., Valenzuela F. Food restriction, ghrelin, its antagonist and obestatin control expression of ghrelin and its receptor in chicken hypothalamus and

ovary. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology*. 2013. Vol. 164(1). P. 141–153. doi:10.1016/j.cbpa.2012.07.010

216. Soliman A.S., Khafaga M.A., Soliman F.N., El-Sabroun K.M. Effect of different lighting sources on the performance of broiler breeder hens. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2023. Vol. 11(3). P. e2023026. doi:10.31893/jabb.23026

217. Soliman F.N.K., El-Sabroun K. Light wavelengths/colors: Future prospects for broiler behavior and production. *Journal of Veterinary Behavior*. 2020. Vol. 36. P. 34–39. doi:10.1016/j.jveb.2019.10.014

218. Sonnenfeld G., Cunnick J.E., Armfield A.V., Wood P.G., Rabin B.S. Stress-induced alterations in interferon production and class II histocompatibility antigen expression. *Brain, Behavior, and Immunity*. 1992. Vol. 6(2). P. 170–178. doi:10.1016/0889-1591(92)90016-h

219. Spinu M., Degen A.A. Effect of cold stress on performance and immune responses of Bedouin and white leghorn hens. *British Poultry Science*. 1993. Vol. 34(1). P. 177–185. doi:10.1080/00071669308417573

220. Stadelman W.J. Observations with growing chickens on the effects of sounds of varying intensities. *Poultry Science*. 1958 a. Vol. 37(4). P. 776–779. doi:10.3382/ps.0370776

221. Stadelman W.J. The effect of sounds of varying intensity on hatchability of chicken egg. *Poultry Science*. 1958 b. Vol. 37(1). P. 166–169. doi:10.3382/ps.0370166

222. Stephens D.B., Sharman D.F., Ingram D.L., Bailey K.J. An analysis of some behavioural effects of the vibration and noise components of transport in pigs. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*. 1985. Vol. 70(2). P. 211–217. doi:10.1113/expphysiol.1985.sp002904

223. Su C.-H., Cheng C.-H., Lin J.-H., Liu H.C., Yu Y.T., Lin C.C., Chen W.J. The effect of different colored light emitting diode illumination on egg laying performance, egg qualities, blood hormone levels and behavior patterns in Brown

Tsaiya duck. *Animal Bioscience*. 2021. Vol. 34(11). P. 1870–1878. doi:10.5713/ab.20.0657

224. Sulmon C., van Baaren J., Cabello-Hurtado F., Gouesbet G., Hennion F., Mony C., Renault D., Bormans M., El Amrani A., Wiegand C., Gérard C. Abiotic stressors and stress responses: What commonalities appear between species across biological organization levels? *Environmental Pollution*. 2015. Vol. 202. P. 66–77. doi:10.1016/j.envpol.2015.03.013

225. Sultana S., Hassan M.R., Choe H.S., Ryu K.S. Impact of different monochromatic LED light colours and bird age on the behavioural output and fear response in ducks. *Italian Journal of Animal Science*. 2013. Vol. 12(4). P. e94. doi:10.4081/ijas.2013.e94

226. Svensson E., RÅberg L., Koch C., Hasselquist D. Energetic stress, immunosuppression and the costs of an antibody response. *Functional Ecology*. 1998. Vol. 12(6). P. 912–919. doi:10.1046/j.1365-2435.1998.00271.x

227. Taggart L.C., Alem N.M., Frear H.M. Effect of vibration frequency and acceleration magnitude of chicken embryos on viability and development, phase I. US Army Aeromedical Research Laboratory, 1990.

228. Talling J.C., Waran N.K., Wathes C.M., Lines J.A. Behavioural and physiological responses of pigs to sound. *Applied Animal Behaviour Science*. 1996. Vol. 48(3–4). P. 187–201. doi:10.1016/0168-1591(96)01029-5

229. Talling J.C., Waran N.K., Wathes C.M., Lines J.A. Sound avoidance by domestic pigs depends upon characteristics of the signal. *Applied Animal Behaviour Science*. 1998. Vol. 58(3–4). P. 255–266. doi:10.1016/S0168-1591(97)00142-1

230. Teeter R.G., Smith M.O., Owens F.N., ARP S.C., Sangiah S., Breazile, J.E. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: Occurrence and treatment in broiler chicks. *Poultry Science*. 1985. Vol. 64(6). P. 1060–1064. doi:10.3382/ps.0641060

231. Tefera M. Acoustic signals in domestic chicken (*Gallus gallus*): A tool for teaching veterinary ethology and implication for language learning. *Ethiopian Veterinary Journal*. 2012. Vol. 16(2). P. 77–84. doi:10.4314/evj.v16i2.7

232. Terio K.A., Marker L., Munson L. Evidence for chronic stress in captive but not free-ranging cheetahs (*Acinonyx jubatus*) based on adrenal morphology and function. *Journal of Wildlife Diseases*. 2004. Vol. 40(2). P. 259–266. doi:10.7589/0090-3558-40.2.259
233. Tian Y., Li G., Chen L., Bu X., Shen J., Tao Z., Zeng T., Du X., Lu L. High-temperature exposure alters the community structure and functional features of the intestinal microbiota in Shaoxing ducks (*Anas platyrhynchos*). *Poultry Science*. 2020. Vol. 99(5). P. 2662–2674. doi:10.1016/j.psj.2019.12.046
234. Torma T., Kovácsné K.G. Effects of mechanical impacts on hatchability of broiler breeders. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2012. Vol. 4. P. 535–540.
235. Toyomizu M., Tokuda M., Mujahid A., Akiba Y. Progressive alteration to core temperature, respiration and blood acid-base balance in broiler chickens exposed to acute heat stress. *Journal of Poultry Science*. 2005. Vol. 42(2). P. 110–118. doi:10.2141/jpsa.42.110
236. Tzschentke B. Monitoring the development of thermoregulation in poultry embryos and its influence by incubation temperature. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2008. Vol. 64(1). P. 61–71. doi:10.1016/j.compag.2008.05.003
237. van Loon D.P.R., Hangalapura B., de Vries Reilingh G., Nieuwland M., Kemp B., Parmentier H.K. Effect of three different housing systems on immune responses and body weight of chicken lines divergently selected for antibody responses to sheep red blood cells. *Livestock Production Science*. 2004. Vol. 85(2). P. 139–150. doi:10.1016/S0301-6226(03)00138-6
238. Visschedijk A.H.J. Physics and physiology of incubation. *British Poultry Science*. 1991. Vol. 32(1). P. 3–20. doi:10.1080/00071669108417323
239. Von Borell E.H. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. *Journal of Animal Science*. 2001. Vol. 79(Suppl E). P. E260–E267. doi:10.2527/jas2001.79E-SupplE260x

240. Wang B., Rathgeber B.M., Astatkie T., MacIsaac J.L. The stress and fear levels of microwave toe-treated broiler chickens grown with two photoperiod programs. *Poultry Science*. 2008. Vol. 87(7). P. 1248–1252. doi:10.3382/ps.2006-00440
241. Wang W.C., Yan F.F., Hu J.Y., Amen O.A., Cheng H.W. Supplementation of *Bacillus subtilis*-based probiotic reduces heat stress-related behaviors and inflammatory response in broiler chickens¹. *Journal of Animal Science*. 2018. Vol. 96(5). P. 1654–1666. doi:10.1093/jas/sky092
242. Warriss P.D. The welfare of animals during transport. *Veterinary Annual*. 1996. Vol. 36. P. 73–85.
243. Warriss P.D., Brown S.N., Knowles T.G., Edwards J.E., Duggan J.A. Potential effect of vibration during transport on glycogen reserves in broiler chickens. *The Veterinary Journal*. 1997. Vol. 153(2). P. 215–219. doi:10.1016/s1090-0233(97)80042-1
244. Waynert D.F., Stookey J.M., Schwartzkopf-Genswein K.S., Watts J.M., Waltz C.S. The response of beef cattle to noise during hand-ling. *Applied Animal Behaviour Science*. 1999. Vol. 62(1). P. 27–42. doi:10.1016/S0168-1591(98)00211-1
245. Wei H., Zhang R., Su Y., Bi Y., Li X., Zhang X., Li J., Bao J. Effects of acute cold stress after long-term cold stimulation on antioxidant status, heat shock proteins, inflammation and immune cytokines in broiler heart. *Frontiers in Physiology*. 2018. Vol. 9. P. 1589. doi:10.3389/fphys.2018.01589
246. Wekstein D.R., Zolman J.F. Cold stress regulation in young chickens. *Poultry Science*. 1971. Vol. 50(1). P. 56–61. doi:10.3382/ps.0500056
247. Wiechers D.-H., Brunner S., Herbrandt S., Kemper N., Fels M. Analysis of hair cortisol as an indicator of chronic stress in pigs in two different farrowing systems. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. P. 605078. doi:10.3389/fvets.2021.605078
248. Wilson M., Lindstrom S.H. What the bird's brain tells the bird's eye: The function of descending input to the avian retina. *Visual Neuroscience*. 2011. Vol. 28(4). P. 337–350. doi:10.1017/S0952523811000022

249. Woolf N.K., Bixby J.L., Capranica R.R. Prenatal experience and avian development: Brief auditory stimulation accelerates the hatching of Japanese quail. *Science*. 1976. Vol. 194(4268). P. 959–960. doi:10.1126/science.982054
250. Wu Y., Huang J., Quan S., Yang Y. Light regimen on health and growth of broilers: An update review. *Poultry Science*. 2022. Vol. 101(1). P. 101545. doi:10.1016/j.psj.2021.101545
251. Xie D., Wang Z.X., Dong Y.L., Cao J., Wang J.F., Chen J.L., Chen Y.X. Effects of monochromatic light on immune response of broilers. *Poultry Science*. 2008. Vol. 87(8). P. 1535–1539. doi:10.3382/ps.2007-00317
252. Yang Y., Pan C., Zhong R., Pan J. Artificial light and biological responses of broiler chickens: Dose-response. *Journal of Animal Science*. 2018. Vol. 96(1). P. 98–107. doi:10.1093/jas/skx044
253. Yerpes M., Llonch P., Manteca X. Factors associated with cumulative first-week mortality in broiler chicks. *Animals*. 2020. Vol. 10(2). P. 310. doi:10.3390/ani10020310
254. Yu Y., Li Z. Research progress and effects of light on poultry circadian rhythm regulation based on Cite Space. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13(5). P. 3157. doi:10.3390/app13053157
255. Zhang Z., Bi M., Yao H., Fu J., Li S., Xu S. Effect of cold stress on expression of AMPK α –PPAR α pathway and inflammation genes. *Avian Diseases*. 2014. Vol. 58(3). P. 415–426. doi:10.1637/10763-010814-Reg.1
256. Zheng L., Ma Y.E., Gu L.Y., Yuan D., Shi M.L., Guo X.Y., Zhan X.A. Growth performance, antioxidant status, and nonspecific immunity in broilers under different lighting regimens. *Journal of Applied Poultry Research*. 2013. Vol. 22(4). P. 798–807. doi:10.3382/japr.2012-00713
257. Zhou H.J., Kong L.L., Zhu L.X., Hu X.Y., Busye J., Song Z.G. Effects of cold stress on growth performance, serum biochemistry, intestinal barrier molecules, and adenosine monophosphate-activated protein kinase in broilers. *Animal*. 2021. Vol. 15(3). P. 100138. doi:10.1016/j.animal.2020.100138

258. Zulkifli I., Dass R.T., Norma M.T.C. Acute heat-stress effects on physiology and fear-related behaviour in red jungle fowl and domestic fowl. *Canadian Journal of Animal Science*. 1999. Vol. 79(2). P. 165–170. doi:10.4141/A98-022