Original researches

Clinical-biochemical status of hens due to changes of battery cages height location

M. I. Sakhaty, Yu. V. Osadcha

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received: 16 August 2021
Revised: 27 August 2021
Accepted: 16 September 2021

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

Tel.: +38-067-753-27-27
E-mail: seledat@ukr.net

Cite this article: Sakhaty, M. I., & Osadcha, Yu. V. (2021). Clinical-biochemical status of hens due to changes of battery cages height location. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9(3), 130–134. doi: 10.32819/2021.93020

Abstract. In the conditions of industrial poultry farming, the body of hens is constantly exposed to numerous technological stressors, the least studied of which are long-term ones, that can provoke chronic stress. One such technological stressor is an increase in the level of cage equipment, which is used by producers to obtain a larger amount of products from 1 m² of poultry area. The aim of this work was to study the physiological state of the hen's body based on the clinical biochemical analysis of their blood serum, depending on the battery cages height. In the conditions of a modern complex for the production of edible eggs in a poultry house with an area of 2 915 m², 4 groups of hens were formed, each of them was kept on a separate floor-analogue in terms of area and cage equipment. Each floor was equipped with «Big Dutchman» 3-tier battery cages. Battery cages of each floor were separated from each other by a lattice floor so that cages of 1–3 tiers entered up to the 1st floor, 4–6 tiers – up to the 2nd, 7–9 tiers – up to the 3rd, and 10–12 tiers – up to 4th floor of cage equipment. Biochemical parameters and activity of hens blood serum enzymes were determined on a BioChem FC-360 biochemical analyzer. For this, 30 blood samples with a volume of 1.0–1.5 ml were taken from axillary veins of laying hens in each group at the age of 18 weeks (at the beginning of the study) and at 52 weeks. It was found that increasing the layering of cage equipment does not have a negative impact on the hen's body. So, for keeping hens in cages of multi-tier battery cages located on floors 2–4 (4–12 tiers), the biochemical status and activity of their blood serum enzymes were within the physiological norm. Whereas, for hens kept in battery cages of the a multi-tiered system on the 1st floor there was an increase in glucose levels of 60.5–71.0%, creatinine – by 9.7–12.3%, phosphorus – 82.6–100.0%, was observed a decrease in calcium to phosphorus ratio 46.7–50.0%, which was confirmed by an increase in the activity of alkaline phosphatase by 22.3–27.0%, as well as an increase in the activity of aspartate aminotransferase by 3.2–13.8%, lactate dehydrogenase - by 48.5–65.1% and gamma-glutamyl transferase – by 16.4–20.6%. It has been proven that the main consequences of chronic stress caused by keeping hens in the lower floor cells of the multi-tiered battery cage are reflected in the biochemical parameters of their serum, namely increased glucose, creatinine, enzyme activity and violation of calcium to phosphorus ratio.

Keywords: laying hens; chronic stress; battery cages; glucose; creatinine; enzyme activity

Клініко-біохімічний статус курей за зміни висоти розташування кліткових батарей

М. І. Сахатський, Ю. В. Осадча

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Анотація. В умовах промислового виробництва продукції птахівництва організм курей безперервно піддається впливу численних технологічних стресорів, найменш вивчені з яких – це тривалі, здатні провокувати хронічний стрес. Один з таких технологічних стресорів – збільшення ярусності кліткового устаткування, що застосовують виробничники для отримання більшої кількості продукції з 1 м² площі приміщення. Мета роботи – дослідження фізіологічного стану організму курей на основі клінічного біохімічного аналізу сироватки їх крові залежно від висоти розташування кліткових батарей. В умовах сучасного комплексу з виробництва харчових яєць у пташнику площею 2 915 м² сформували 4 групи курей, кожна з яких утримували на окремому поверху-аналогі за площею та клітковим устаткуванням. Кожен поверх обладнаний 3-ярусними клітковими батареями «Big Dutchman». Кліткові батареї кожного поверху відмежовані одна від одної решітчастою підлогою так, що клітки 1–3 ярусу входили до 1-го поверху, 4–6 – до 2-го, 7–9 – до 3-го, а 10–12 – до 4 поверху кліткового устаткування. Біохімічні показники та активність ензимів сироватки крові курей визначали на біохімічному аналізаторі BioChem FC-360. Для цього з підкрильцевої вени відбирали по 30 проб крові об'ємом 1,0–1,5 мл у несучок кожної групи у віці 18 тижнів (на початку досліджень) та у 52 тижні. Виявлено, що підвищення ярусності кліткового устаткування не чинить негативного впливу на організм курей. За утримання курей у клітках багоярусних кліткових батарей розташованих на 2–4 поверхах (4–12 ярус) біохімічний статус та активність ензимів сироватки їх крові перебували в межах фізіологічної норми. Тоді як, за утримання курей в клітках багоярусної кліткової батареї першого поверху спостерігали підвищення рівня глюкози на 60,5–71,0%, креатиніну – на 9,7–12,3%, фосфору – 82,6–100,0%, зниженням співвідношення кальцію та фосфору на 46,7–50,0%, що підтверджувалось підвищенням активності лужної фосфатази на 22,3–27,0%, а також підвищення активності аспартатамінотрансферази на 3,2–13,8%, лактатдегідрогенази – на 48,5–65,1% та гамма-глутамілтрансферази – на 16,4–20,6%. Доведено, що основні наслідки

хронічного стресу спричиненого утриманням курей в клітках нижнього поверху багатоярусної кліткової батареї, відображаються в біохімічних параметрах сироватки їх крові, а саме в підвищенні вмісту глюкози, креатиніну, активності ензимів, а також порушенні співвідношення кальцію та фосфору.

Ключові слова: кури-несучки; хронічний стрес; кліткова батарея; глюкоза; креатинін; активність ензимів

Вступ

В умовах промислового виробництва продукції птахівництва організм курей безперервно піддається впливу численних технологічних стресорів (Ericsson et al., 2016; Hedlund et al., 2019), які здатні знижувати рівень імунологічної реактивності птиці (Sloan et al., 2010; Hall et al., 2014), що зумовлює зменшення її продуктивності (Lara & Rostagno, 2013; Goel, 2021) і призводить до значних економічних втрат (Sakhatsky et al., 2020). Одним із таких технологічних стресорів постає збільшення ярусності кліткового устаткування, яке застосовують виробничники для отримання більшої кількості продукції з 1 м² площі приміщення (Sakhatsky et al., 2020). Адже все частіше промислові птахівничі підприємства використовують кліткове устаткування, яке розташовують у 12 і, навіть, 15 ярусів, що утворюють 4–5 поверхів. Це дозволяє підвищити концентрацію поголів'я птиці у пташнику в 4–5 разів порівняно з 3-ярусними клітковими батареями, та у 8–10 разів – порівняно з підлоговим способом утримання. За цього поголів'я в одному пташнику може досягати 590 тис. голів. Однак, будь-які дані щодо впливу такого утримання на фізіологічний стан курей відсутні, а чинні норми ВНТП-АПК-04.05. щодо утримання курей в клітках розроблені для 1–3-ярусних кліткових батарей.

Відомо, що під час стресу у курей напружується діяльність усіх систем організму, яка спрямовується на самозахист і пристосування до нових умов існування (Olubodun et al., 2015; Infante et al., 2017; Shevchuk et al., 2018). Останнім часом для діагностики стресових станів у птиці почали активно використовувати деякі біохімічні параметри сироватки крові (Nwaigwe et al., 2020; Ruiz-Jimenez et al., 2021), які, на відміну від лейкоцитарної формули та гормонального статусу, дозволяють описати загальний фізіологічний стан організму, процеси адаптації (Kraus et al., 2021) та діагностувати метаболічні порушення органів і тканин (Al-Hussary & Kudair, 2010; Koronowicz et al., 2016). Загалом, біохімічні параметри сироватки крові є надійними показниками стану здоров'я курей і відображають будь-які фізіологічні чи навіть патологічні зміни, що відбуваються в їх організмі (Koronowicz et al., 2016). Зміни в організмі впливають не лише на здоров'я курей, а й неминуче позначаються на їх продуктивності (Pavlik et al., 2007).

Мета роботи – дослідження фізіологічного стану організму курей на основі аналізу біохімічного профілю та активності ензимів сироватки їх крові залежно від висоти розташування кліткових батарей.

Матеріал та методи досліджень

Об'єктом досліджень використано яєчних курей промислового стада «Hy-Line W-36». Досліди з експериментальними тваринами проводили відповідно до правил Європейської конвенції про захист хребетних тварин (Офіційний вісник Європейського Союзу L276/33, 2010).

В умовах сучасного комплексу з виробництва харчових яєць у пташнику площею 2915 м² сформували 4 групи курей, кожна з яких утримували на окремому поверху-аналогі за площею та клітковим устаткуванням. Кожен поверх обладнаний 3-ярусними клітковими батареями «Big Dutchman» (Німеччина), що склалися з 1 176 кліток площею 40 544 см² (362×112 см). Кліткові батареї кожного поверху відмежовані одна від одної решітчастою підлогою. Таким чином, 1–3 яруси входили до 1-го поверху, 4–6 – до 2-го, 7–9 – до 3-го, а 10–12 – до 4 поверху кліткового устаткування (табл. 1).

Упродовж досліду курей забезпечували питною водою, повнораціональними комбікормами однакового складу та утримували згідно з вимогами (ВНТП-АПК-04.05).

Біохімічні показники та активність ензимів сироватки крові курей, а саме вміст загального білку, альбуміну, глюкози, креатиніну, сечовини, білірубину, холестерину, фосфору, кальцію, активність аланінамінотрансферази (АЛТ), аспартатамінотрансферази (АСТ), гамма-глутамілтрансферази (ГГТ), лужної фосфатази та лактатдегідрогенази (ЛДГ), визначали на біохімічному аналізаторі BioChem FC-360 (Hightechnology Inc.) у лабораторії «Бальд» (сертифікат №LB/02/2016). Для цього відбирали по 30 проб крові у несучок кожної групи у віці 18 тижнів (на початку досліджень) та у 52 тижні. Відбирали по 1,0–1,5 мл крові з підкрильцевої вени у пробірку з EDTA.

Отримані цифрові результати опрацьовували методами варіаційної статистики. Достовірність відмінностей між середніми величинами визначали за t-критерієм Ст'юдента, різниці вважали достовірними за P < 0,05.

Результати

Підвищення поверху розташування кліткової батареї під час утримання курей в клітках багатоярусних батарей не позначилось на вмісті у сироватці їх крові загального білку, альбуміну, сечовини, холестерину, білірубину та кальцію, які знаходились у межах фізіологічної норми (табл. 2).

Тоді як за вмістом в сироватці крові курей глюкози, креатиніну та фосфору спостерігалися відмінності залежно від поверху розташування кліткової батареї. Зокрема, вміст глюкози сироватці крові курей 2–4 груп, тобто за утримання їх на 2–4 поверхах кліткової батареї, знаходився в межах фізіологічної норми, а у курей 1-ї групи (1 поверх) – перевищував її на 10,9%. Водночас, вміст глюкози у них був вищим на 60,5% (P < 0,001) порівняно з 2-ю групою, та на 67,9% (P < 0,001) і 71,0% (P < 0,001) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно, а у курей 2-ї групи – на 4,6% (P < 0,05) та 6,5% (P < 0,01) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно.

Таблиця 1 – Схема досліду

Характеристика	Група курей			
	1	2	3	4
Поверх розташування кліткової батареї	1	2	3	4
Ярус кліткової батареї у пташнику	1–3	4–6	7–9	10–12
Кількість кліток на поверхсі		1 176		
Кількість голів у клітці		101		
Кількість голів у групі		118 776		
Забезпеченість площею, см ² /гол		401,4		
Фронт годівлі, см		7,8		

Таблиця 2 – Біохімічний профіль сироватки крові курей за різної висоти розташування кліткових батарей (М ± m, n = 30)

Показник	Група				Реф. знач. [#]
	1 (1–3 ярус)	2 (4–6 ярус)	3 (7–9 ярус)	4 (10–12 ярус)	
Загальний білок, г/л	57,8 ± 0,48	57,4 ± 0,62	56,7 ± 0,53	55,2 ± 0,58	37,8–59,0
Альбумін, г/л	19,3 ± 0,13	18,4 ± 0,22	18,4 ± 0,10	18,3 ± 0,08	15,0–25,0
Глюкоза, ммоль/л	18,3 ± 0,85	11,4 ± 0,17*	10,9 ± 0,11*°	10,7 ± 0,20*°°	10,0–16,5
Креатинін, мкмоль/л	28,3 ± 0,58	25,8 ± 0,13*	25,2 ± 0,21*°	25,2 ± 0,26*°	22,0–27,0
Сечовина, ммоль/л	0,75 ± 0,028	0,78 ± 0,013	0,76 ± 0,014	0,84 ± 0,014	0,7–2,4
Білірубін, мкмоль/л	1,36 ± 0,205	1,36 ± 0,123	1,26 ± 0,135	1,14 ± 0,073	1,7
– загальний					
– прямий	0,28 ± 0,031	0,38 ± 0,055	0,36 ± 0,027	0,36 ± 0,022	0,5
– непрямий	1,08 ± 0,180	0,98 ± 0,140	0,90 ± 0,145	0,78 ± 0,068	–
Холестерин, ммоль/л	3,5 ± 0,25	3,4 ± 0,07	3,2 ± 0,14	3,2 ± 0,11	2,0–4,0
Фосфор, ммоль/л	2,72 ± 0,141	1,49 ± 0,052*	1,37 ± 0,027*°	1,36 ± 0,038*°	1,15–2,2
Кальцій, ммоль/л	4,20 ± 0,140	4,34 ± 0,022	4,28 ± 0,018	4,24 ± 0,095	2,8–4,6
Кальцій/форфор	1,6 ± 0,08	3,0 ± 0,11*	3,2 ± 0,06*	3,2 ± 0,08*	3–3,8 : 1

Примітки: * – P < 0,001 – порівняно з першою групою; ° – P < 0,05, °° – P < 0,01 – порівняно з другою групою;

[#] – референтні значення за Насоновим І. В. (Nasonov et al., 2014).

Вміст креатиніну в сироватці крові курей 1-ї групи на 4,8% перевищував верхню межу фізіологічної норми та був вищим на 9,7% (P < 0,001) порівняно з 2-ю групою та на 12,3% (P < 0,001) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно, а у курей 2-ї групи – на 2,4% (P < 0,05) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно.

Слід також відзначити перевищення фізіологічної норми за вмістом фосфору в сироватці крові курей 1-ї групи на 23,6%. Так, вміст фосфору у них був вищим на 82,6% (P < 0,001) порівняно з 2-ю групою та на 98,5% (P < 0,001) і 100,0% (P < 0,001) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. Вміст фосфору у сироватці крові курей 2-ї групи був вищим на 8,8% (P < 0,05) і 9,6% (P < 0,05) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно.

Співвідношення кальцію і фосфору у сироватці крові курей 2–4 груп знаходилося в межах фізіологічної норми, а у 1-ї – не досягало її на 46,7% і, водночас, було нижчим на 46,7% (P < 0,001) порівняно з 2-ю групою та на 50,0% (P < 0,001) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно.

Зміна активності лужної фосфатази у сироватці крові курей підтверджує порушення обміну особливо важливих для несучок макроелементів – кальцію і фосфору (табл. 3). Так, за зниження поверху кліткової батареї спостерігали підвищення активності лужної фосфатази, яка у курей 1-ї групи перевищувала фізіологічну норму на 3,4% та, водночас, була ви-

щою на 22,3% (P < 0,001) порівняно з 2-ю групою та на 26,6% (P < 0,001) і 27,0% (P < 0,001) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно.

Зниження поверху розташування кліткової батареї супроводжувалося зміною активності у сироватці крові курей активності АСТ та ЛДГ. Перевищення фізіологічної норми спостерігали у курей 1-ї групи – на 1,7%. Водночас, активність АСТ у них була вищою на 3,2% (P < 0,001) порівняно з 2-ю групою та на 5,5% (P < 0,001) і 13,8% (P < 0,001) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. У курей 2-ї групи активність АСТ була вищою на 2,2% (P < 0,001) та 10,2% (P < 0,001) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно, а у 3-ї групи – на 7,9% (P < 0,001) порівняно з 4-ю групою.

Підвищення активності ЛДГ виявлене у курей 1-ї групи з перевищенням фізіологічної норми на 10,8%. Водночас, активність ЛДГ у них була вищою на 48,5% (P < 0,001) порівняно з 2-ю групою та на 57,1% (P < 0,001) і 65,1% (P < 0,001) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. У сироватці крові курей 2-ї групи активність ЛДГ вища на 11,2% (P < 0,05) порівняно з 4-ю групою. Активність гамма-глутамілтрансферази (ГГТ) також була найвищою у курей 1-ї групи і перевищувала на 16,4% (P < 0,001) показники 2-ї групи та 19,5% (P < 0,001) і 20,6% (P < 0,001) – 3-ї та 4-ї груп відповідно.

Таблиця 3 – Активність ензимів сироватки крові курей за різної висоти розташування кліткових батарей (М ± m, n = 30)

Показник, од/л	Група				Реф. знач.*
	1 (1–3 ярус)	2 (4–6 ярус)	3 (7–9 ярус)	4 (10–12 ярус)	
АЛТ	0,5 ± 0,09	0,4 ± 0,09	0,6 ± 0,09	0,4 ± 0,09	13,0–26,5
АСТ	213,5 ± 0,77	206,8 ± 0,81*	202,4 ± 0,49*°°	187,6 ± 0,46*°°°	125–210
ГГТ	26,3 ± 0,56	22,6 ± 0,48*	22,0 ± 0,62*	21,8 ± 0,43*	–
ЛФ	858,3 ± 19,48	701,8 ± 35,32*	677,8 ± 8,22*	676,0 ± 32,78*	350–830
ЛДГ	2171,8 ± 55,82	1462,8 ± 56,74*	1382,2 ± 43,76*	1315,6 ± 20,04*°	636–1960

Примітки: * – P < 0,001 – порівняно з першою групою; ° – P < 0,05, °° – P < 0,001 – порівняно з другою групою; ' – P < 0,001 – порівняно з третьою групою. # – референтні значення за Насоновим І. В. (Nasonov et al., 2014)

Обговорення

Зміна висоти розташування кліткової батареї позначилась на клініко-біохімічному статусі сироватки крові курей. Зокрема, спостерігали підвищення рівня глюкози та креатиніну із зниженням поверху розташування кліткової батареї. На нашу думку, підвищення вмісту глюкози в сироватці крові виникає через підвищення деструкційних процесів в організмі курей, а також за дії гормонів – глюкокортикоїдів і катехоламінів (Downing, 2012; Kraus et al., 2021). Отримані дані угодуються з результатами інших досліджень, в яких описано гіперглікемію як реакцію організму птиці на хронічний (González & Silva, 2006; Gupta et al., 2016; Kraus et al., 2021) та гострий стрес (Virden & Kidd, 2009; Mert & Yildirim, 2016), а також експериментальне уведення АКТГ (Puvadolpirod & Thaxton, 2000; Odihambo Mumma et al., 2006). Крім того, Guo et al. (2012) було відмічено збільшення рівня креатиніну в сироватці крові курей-несучок за впливу технологічних стресорів, що підтверджують і наші дослідження.

Виявлено перевищення фізіологічної норми за вмістом фосфору в сироватці крові курей, яких утримували у кліткових батареях розташованих на нижньому поверхсі. Це спровокувало порушення співвідношення кальцію і фосфору, що було підтверджено зміною активності лужної фосфатази у сироватці крові курей. Отримані дані підтверджують результати Rajman et al. (2006), в яких описане стрес-індуковане підвищення рівня лужної фосфатази у сироватці крові курей спричинене обмеженням їх доступу до корму.

Зниження поверху розташування кліткової батареї супроводжувалось зміною активності у сироватці крові курей активності АСТ та ЛДГ, що відображає порушення цілісності тканин (активізацією деструкційних процесів) організму птиці, особливо печінки (Mikami et al., 2004) та м'язів (Lin et al., 2006; Sandercock et al., 2006). Саме м'язовою деструкцією під час нервово-м'язового напруження вчені пояснюють і підвищення активності ЛДГ (Sandercock et al., 2006), яке в даних дослідженнях виявлене у курей, яких утримували у клітках батарей нижнього поверху. Крім цього, у них спостерігалось і підвищення активності ГГТ. Отримані результати підтверджують дані інших авторів, у яких описане підвищення ГГТ як реакція курчат-бройлерів на циклічний тепловий стрес (Bueno et al., 2017).

Висновки

Виявлено, що підвищення ярусності кліткового устаткування не чинить негативного впливу на організм курей. Так, за утримання курей у клітках багатоярусних кліткових батарей розташованих на 2–4 поверххах (4–12 ярус) біохімічний статус та активність ензимів сироватки крові перебували в межах фізіологічної норми. Тоді як утримання курей у клітках багатоярусної кліткової батареї першого поверху супроводжувалось підвищенням рівня глюкози на 60,5–71,0% (10,9% > норми), креатиніну – на 9,7–12,3% (4,8% > норми), фосфору – 82,6–100,0% (23,6% > норми), зниженням співвідношення кальцію та фосфору на 46,7–50,0% (46,7% < норми), що підтверджувалось підвищенням активності лужної фосфатази на 22,3–27,0% (3,4% > норми), а також підвищення активності аспартатамінотрансферази на 3,2–13,8% (1,7% > норми), лактатдегідрогенази – на 48,5–65,1% (10,8% > норми) та гамма-глутамілтрансферази – на 16,4–20,6%. Таким чином, основні наслідки хронічного стресу спричиненого утриманням курей у клітках нижнього поверху багатоярусної кліткової батареї, відображаються в біохімічних параметрах сироватки їх крові, зокрема в підвищенні вмісту глюкози, креатиніну, активності ензимів, а також порушенні співвідношення кальцію та фосфору.

References

- Al-Hussary, A. J. N., & Kudair, M. I. (2010). Effect of vaccination on some biochemical parameters in broiler chickens. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 24(2), 59–64.
- Bueno, J. P. R., Nascimento, M. R. B. de M., Martins, J. M. da S., Marchini, C. F. P., Gotardo, L. R. M., Sousa, G. M. R. de, Mundim, A. V., Guimarães, E. C., & Rinaldi, F. P. (2017). Effect of age and cyclical heat stress on the serum biochemical profile of broiler chickens. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(3), 1383.
- Downing, J. (2012). On-invasive assessment of stress in commercial housing systems. North Sydney, Australian Egg Corporation Limited, 69.
- Ericsson, M., Henriksen, R., Béltéky, J., Sundman, A.-S., Shionoya, K., & Jensen, P. (2016). Long-term and transgenerational effects of stress experienced during different life phases in chickens (*Gallus gallus*). *Plos One*, 11(4), e0153879.
- Goel, A. (2021). Heat stress management in poultry. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(6), 1136–1145.
- González, F. H. D., & Silva, S. C. (2006). *Introdução à bioquímica clínica veterinária*. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 364.
- Guo, Y., Song, Z., Jiao, H., Song, Q., & Lin, H. (2012). The effect of group size and stocking density on the welfare and performance of hens housed in furnished cages during summer. *Animal Welfare*, 21(1), 41–49.
- Gupta, S. K., Behera, K., Pradhan, C. R., Acharya, A. P., Sethy, K., Behera, D., Lone, S. A., & Shinde, K. P. (2016). Influence of stocking density on the performance, carcass characteristics, hemato-biochemical indices of Vanaraja chickens. *Indian Journal of Animal Research*, 51 (5), 939–943.
- Hall, J. M. F., Witter, A. R., Racine, R. R., Berg, R. E., Podawiltz, A., Jones, H., & Mummert, M. E. (2014). Chronic psychological stress suppresses contact hypersensitivity: Potential roles of dysregulated cell trafficking and decreased IFN- γ production. *Brain, Behavior, and Immunity*, 36, 156–164.
- Hedlund, L., Whittle, R., & Jensen, P. (2019). Effects of commercial hatchery processing on short- and long-term stress responses in laying hens. *Scientific Reports*, 9, 1–10.
- Infante, M., Armani, A., Mammi, C., Fabbri, A., & Caprio, M. (2017). Impact of adrenal steroids on regulation of adipose tissue. *Comprehensive Physiology*, 7(4), 1425–1447.
- Koronowicz, A. A., Banks, P., Szymczyk, B., Leszczyńska, T., Master, A., Piasna, E., Szczepański, W., Domagała, D., Kopeć, A., Piątkowska, E., & Laidler, P. (2016). Dietary conjugated linoleic acid affects blood parameters, liver morphology and expression of selected hepatic genes in laying hens. *British Poultry Science*, 57(5), 663–673.
- Kraus, A., Zita, L., Kront, O., Härtlová, H., & Chmelíková, E. (2021). Determination of selected biochemical parameters in blood serum and egg quality of Czech and Slovak native hens depending on the housing system and hen age. *Poultry Science*, 100 (2), 1142–1153.
- Lara, L., & Rostagno, M. (2013). Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, 3(2), 356–369.
- Lin, H., Decuypere, E., & Buyse, J. (2006). Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 144(1), 11–17.
- Mert, N., & Yildirim, B. (2016). Biochemical parameters and histopathological findings in the forced molt laying hens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 18(4), 711–718.
- Mikami, T., Sumida, S., Ishibashi, Y., & Ohta, S. (2004). Endurance exercise training inhibits activity of plasma GOT and liver caspase-3 of rats exposed to stress by induction of heat shock protein 70. *Journal of Applied Physiology*, 96(5), 1776–1781.

- Nwaigwe, C. U., Ihedioha, J. I., Shoyinka, S. V., & Nwaigwe, C. O. (2020). Evaluation of the hematological and clinical biochemical markers of stress in broiler chickens. *Veterinary World*, 13(10), 2294–2300.
- Odihambo Mumma, J., Thaxton, J. P., Vizzier-Thaxton, Y., & Dodson, W. L. (2006). Physiological stress in laying hens. *Poultry Science*, 85(4), 761–769.
- Olubodun, J., Zulkifli, I., Hair-Bejo, M., Kasim, A., & Soleimani, A. F. (2015). Physiological response of glutamine and glutamic acid supplemented broiler chickens to heat stress. *European Poultry Science*, 79, 1–12.
- Pavlik, A., Pokludová, M., Zapletal, D., & Jelínek, P. (2007). Effects of housing systems on biochemical indicators of blood plasma in laying hens. *Acta Veterinaria Brno*, 76(3), 339–347.
- Puvadolpirod, S., & Thaxton, J. P. (2000). Model of physiological stress in chickens 1. Response parameters. *Poultry Science*, 79(3), 363–369.
- Rajman, M., Juráni, M., Lamošová, D., Máčajová, M., Sedlačková, M., Košťál, L., Jezová, D., & Výboh, P. (2006). The effects of feed restriction on plasma biochemistry in growing meat type chickens (*Gallus gallus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 145(3), 363–371.
- Ruiz-Jimenez, F., Gruber, E., Correa, M., & Crespo, R. (2021). Comparison of portable and conventional laboratory analyzers for biochemical tests in chickens. *Poultry Science*, 100(2), 746–754.
- Sakhatsky, M., Osadcha, Y., & Kuchmistov, V. (2020). Reaction of the reproductive system of hens to the chronic stressor. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(4), 6–11.
- Sandercock, D. A., Hunter, R. R., Mitchell, M. A., & Hocking, P. M. (2006). Thermoregulatory capacity and muscle membrane integrity are compromised in broilers compared with layers at the same age or body weight. *British Poultry Science*, 47(3), 322–329.
- Shevchuk, M. O., Stoyanovsky, V. G., & Kolomiets, I. A. (2018). Technological stress in poultry. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20(88), 63–68.
- Sloan, E. K., Priceman, S. J., Cox, B. F., Yu, S., Pimentel, M. A., Tangkanangkul, V., Arevalo, J. M., Morizono, K., Karanikolas, B. D., Wu, L., Sood, A. K., & Cole, S. W. (2010). The sympathetic nervous system induces a metastatic switch in primary breast cancer. *Cancer Research*, 70(18), 7042–7052.
- Viriden, W. S., & Kidd, M. T. (2009). Physiological stress in broilers: Ramifications on nutrient digestibility and responses. *Journal of Applied Poultry Research*, 18(2), 338–347.