

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518–7554 print
ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet11101
<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 619:616.31:664.38:612.1:636

Peculiarities of the morphological composition, protein profile, and activity of aminotransferases in the blood of turkeys in the presence of keel “namins”

R. I. Fedyniak✉, R. A. Peleno

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 01.05.2023
Received in revised form
01.06.2023
Accepted 02.06.2023

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-096-874-68-35
E-mail: romannafeduniak@ukr.net

Fedyniak, R. I., & Peleno, R. A. (2023). Peculiarities of the morphological composition, protein profile, and activity of aminotransferases in the blood of turkeys in the presence of keel “namins”. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 25(111), 3–8. doi: 10.32718/nvlvet11101

A timely blood test is essential to detect possible abnormalities in the body. Blood somewhat objectively reflects the state of the internal environment in which all metabolic processes take place. The blood test is one of the most informative laboratory diagnostic tools, which provides essential information about the functional state of various organs and systems of the body. The work aimed to investigate the changes in morphological parameters, protein profile, and activity of aminotransaminases in the blood of turkeys in the presence of keel “namins”. The research was carried out at “Indykat” Ltd. in the village Kadubivtsi of the Lviv region on turkeys of the Big-6 breed on two groups of turkeys, 10 birds each. The turkeys of the control group were clinically healthy, and those of the experimental group had visible clinical signs of “namin” on the keel. The results of the research showed that the number of erythrocytes in the blood of clinically healthy birds was 2.5 ± 0.19 T/l, leukocytes – 21.8 ± 1.36 G/l, hemoglobin content – 90.5 ± 2.54 g/l, and the hematocrit was equal to 29.4 ± 1.44 %. In the presence of “namins” in the blood of turkeys, the number of leukocytes and hematocrit, compared to the control, was higher by 15.2 and 3.8 %, respectively, and the number of erythrocytes and hemoglobin content was lower by 16.1 and 11.3 %. Analyzing the leukogram of the blood of the turkeys of the research group, the appearance of basophilic leukocytes and young neutrophils was established, the number of which was 1.1 ± 0.08 and 0.2 ± 0.01 %, respectively. Compared to the control, the number of rod-shaped and segmented neutrophils was higher by 1.3 and 6.3 %, monocytes by 16.3 %, and eosinophils and lymphocytes were lower by 1.3 and 16.8 % and amounted to $6, 3 \pm 0.27$ and 41.1 ± 2.41 %. The level of total protein in the blood of birds in the pectoral muscles that developed and formed “namins” was 26.4 ± 1.35 g/l and was 6.7 % lower than that of the experimental group. In the presence of “namins” on the keels of turkeys, a 4.4 % higher level of globulins, which perform a protective function, and a 17.1 % lower amount of albumins were found. The pathological process that developed in the pectoral muscles of turkeys led to an increase in the activities of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase in the blood of turkeys to 32.4 ± 1.23 and 314.2 ± 14.2 units/l, which was more significant than indicators of the control group by 8.6 and 8.3 %, respectively.

Key words: poultry, turkeys, “namins” of keel, ALT, AST, proteins, erythrocytes, leukocytes, hemoglobin.

Особливості морфологічного складу, протеїнового профілю та активності амінотрансфераз крові індиків за наявності “наминів” кіля

Р. І. Фединяк✉, Р. А. Пеленьо

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Для виявлення можливих відхилень в організмі досить важливим є своєчасне дослідження крові. Кров достатньо об'єктивно відображає стан внутрішнього середовища, у якому відбуваються усі метаболічні процеси. Саме аналіз крові є одним з найбільш інформативних лабораторних діагностичних засобів, який надає важливу інформацію про функціональний стан різних органів та

систем організму. Метою роботи було дослідити зміни морфологічних показників, протеїнового профілю та активності амінотрансаміназ у крові індиків за наявності “наминів” кіля. Дослідження проведено у ТОВ “Індикат” с. Кадубівці Львівської області на індиках породи Біг-6 на двох групах індиків по 10 птахів у кожній. Індика контрольної групи були клінічно здоровими, а дослідної – мали видимі клінічні ознаки наявності “наминів” на кілі. Результатами проведених досліджень встановлено, що у крові клінічно здорових птахів кількість еритроцитів становила $2,5 \pm 0,19$ Т/л, лейкоцитів – $21,8 \pm 1,36$ Г/л, вміст гемоглобіну – $90,5 \pm 2,54$ г/л, а гематокрит дорівнював $29,4 \pm 1,44$ %. За наявності “наминів” у крові індиків кількість лейкоцитів і гематокрит, порівняно з контролем, були більшими відповідно на 15,2 та 3,8%, а кількість еритроцитів та вміст гемоглобіну – меншими на 16,1 та 11,3 %. Аналізуючи лейкограму крові індиків дослідної групи встановлено появу базофільних лейкоцитів та юних нейтрофілів, кількість яких становила відповідно $1,1 \pm 0,08$ та $0,2 \pm 0,01$ %. Кількість паличкоядерних та сегментоядерних нейтрофілів була більшою, порівняно з контролем, відповідно на 1,3 і 6,3 %, моноцитів – на 16,3 %, а еозинофілів та лімфоцитів – меншою на 1,3 та 16,8 % і становила $6,3 \pm 0,27$ та $41,1 \pm 2,41$ %. Рівень загального протеїну у крові птахів, в грудних м'язах яких розвивалися і були сформовані “намини”, становив $26,4 \pm 1,35$ г/л і був нижчим за показник дослідної групи на 6,7 %. За наявності на кілі індиків “наминів” встановлено вищий на 4,4 % рівень глобулінів, які виконують захисну функцію, і меншу на 17,1 % кількість альбумінів. Патологічний процес, який розвивався у грудних м'язах індиків, зумовив зростання активностей аланін-амінотрансферази і аспартат-амінотрансферази у крові індиків до $32,4 \pm 1,23$ та $314,2 \pm 14,2$ од./л, що було більшим за показники контрольної групи відповідно на 8,6 та 8,3 %.

Ключові слова: птиця, індика, “намини” кіля, АлАТ, АсАТ, протеїни, еритроцити, лейкоцити, гемоглобін.

Вступ

Однією з основних і досить прибуткових галузей тваринництва у світі є індиківництво. Загальне світове виробництво м'яса індиків становить понад 6,2 млн тонн. Виробниками близько половини світових обсягів індичатини є США та Канада. У країнах Європи, до яких належить і наша держава, виробляють понад 35 % м'яса індиків. Середнє споживання індичатини у США становить близько 8 кг, у ЄС – близько 4 кг, а в Україні – не більше ніж 1 кг на душу населення за рік. Такі дані свідчать про перспективу зростання обсягів споживання індичатини на внутрішньому ринку, а відтак і розвитку індиківництва (Svynous & Kyryliuk, 2006; Marmul & Avercheva, 2009; Kytaieva & Petrov, 2020; Konopelko & Lyasota, 2022).

В процесі вирощування індиків існують критичні періоди, які суттєво сповільнюють розвиток цього напрямку птахівництва і знижують його рентабельність (Beaulac & Schwan-Lardner, 2018; Heidari & Toghyani, 2018; Jobe et al., 2019; Fedyniak & Peleno, 2022). Зокрема, на початковому етапі гальмуючим фактором є низька життєздатність молодняку, а на завершальному – утворення “наминів” на кілі птахів. Причини низької життєздатності молодняку зазвичай пов'язані із факторами, що сприяють дестабілізації метаболічних процесів в організмі птаха і знижують його природну резистентність. Питання етіології “наминів” кіля у індиків і досі вважається недостатньо вивченим. Багато дослідників пов'язують їх розвиток з недостатнім кровопостачанням грудних м'язів та порушенням норм щільності посадки птиці (Xi & Ahn, 2018; Kakhki et al., 2018; Goo et al., 2019; Xiong et al., 2020; Liubenko & Levchenko, 2020; Studenok et al., 2021).

Відомо, що саме гематологічні дослідження є тим інструментом, який дозволяє всебічно оцінити поточний стан організму (Mazur et al., 2020; Martyniv & Kisera, 2021; Kryvoruchenko, 2022). У складі крові відображаються зміни резистентності, розлади обмінних процесів, порушення функцій органів і систем, розвиток інфекцій та інших патологічних станів (Gutyj et al., 2017; Tumanov, 2018). Порівняно сталі показники складу крові можуть змінюватися за впливу цілого ряду чинників, зокрема і тих, які є етіологі-

чними чинниками розвитку “наминів”. Однак, нині нез'ясованими є особливості змін показників крові за розвитку “наминів” у індиків.

Саме тому, проведення таких досліджень є актуальним, оскільки одержані результати дозволять більш глибоко розкрити патогенез, стануть теоретичними і, можливо, практичними передумовами для розробки методів діагностики та профілактики даної патології.

Мета дослідження

Метою роботи було дослідити зміни морфологічних показників, протеїнового профілю та активності амінотрансаміназ у крові індиків за наявності “наминів” кіля.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведено на індиках породи Біг-6 ТОВ “Індикат” с. Кадубівці Львівської області. Усі експерименти проводили з дотриманням вимог “Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують для експериментальних та наукових цілей” (Страсбург, 1985) та ухвали Першого національного конгресу з біоетики (Київ, 2001).

В досліді було використано 20 індиків, віком від 121 по 150 добу, масою тіла 16–18 кг, які умовно були розділені на дві групи. До першої групи, що слугувала контролем, було включено 10 клінічно здорових, без видимих ознак ураження грудних м'язів птахів, а до другої – дослідної, відповідно 10 індиків із явно вираженими ознаками наявності “наминів”.

Матеріалом для досліджень була кров, проби якої відбирали зранку до початку годівлі із *vena axillaris*. Перед відбором проб місце забору, яке визначали ближче до ліктьового суглобу, звільняли від пуху, а шкіру дезінфікували 70° етиловим спиртом. Кров відбирали у стерильні пробірки, стабілізували 4 % розчином натрію цитрату, а кровотечу зупиняли за допомогою ватного тампона.

Морфологічні показники крові визначали загальноприйнятими методами (Vlislo, 2012). У цільній крові меланжерним методом підраховували кількість еритроцитів, а геміглобінціанідним – визначали вміст гемоглобіну. Підрахунок лейкоцитів проводили за

допомогою лічильника “Пікоскел” – PS-4М. Лейкограму виводили підрахунком окремих лейкоцитів у фіксованих мазках, пофарбованих за Романовським-Гімзою. Диференціацію лейкоцитів здійснювали за гематологічним атласом. Біохімічні показники сироватки крові досліджували за допомогою автоматичного аналізатора (HumaLyzer 3000) з використанням реактивів фірми “HUMAN” (Німеччина).

Отриманий числовий матеріал, обробляли статистично з використанням табличного процесора Microsoft Excel for Windows із визначенням середнього арифметичного (M), його похибки (m) та рівня вірогідності ($P \leq 0,05$) з використанням критеріїв вірогідності Стьюдента-Фішера (t)

Результати та їх обговорення

За результатами дослідження морфологічних показників крові індиків (рис. 1) встановлено певні відмінності між птахами контрольної і дослідної груп. Зокрема, у крові клінічно здорових птахів кількість еритроцитів становила $2,5 \pm 0,19$ Т/л, лейкоцитів – $21,8 \pm 1,36$ Г/л, вміст гемоглобіну – $90,5 \pm 2,54$ г/л, а гематокрит дорівнював $29,4 \pm 1,44$ %. За наявності “наминів” кіля у крові індиків виявлено зростання кількості лейкоцитів та показника гематокриту і зниження кількості еритроцитів та вмісту гемоглобіну. Кількість лейкоцитів у крові індиків дослідної групи була вірогідно ($P < 0,05$) більшою порівняно з показником контрольної групи на 15,2 % і становила $25,7 \pm 1,11$ Г/л. Показник, що характеризує відношення формених елементів до загального об’єму крові у індиків дослідної групи був вищий на 3,8 % і вказана різниця була вірогідною ($P < 0,05$).

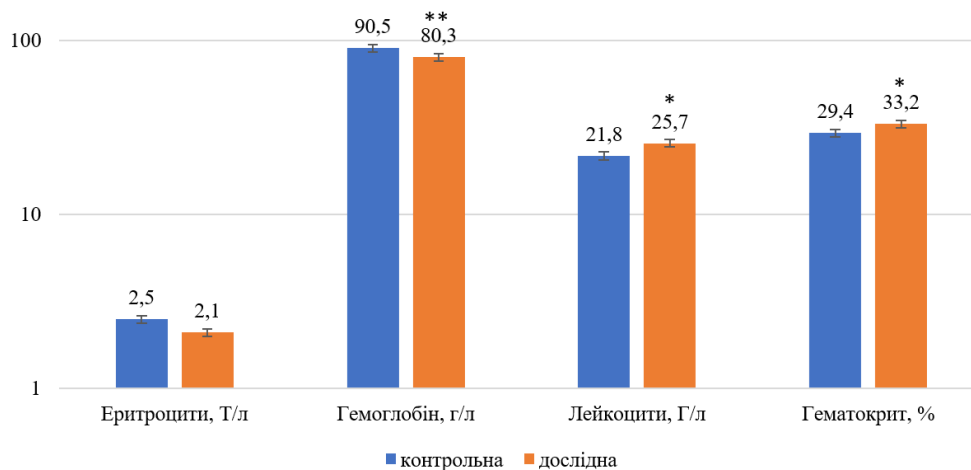


Рис. 1. Гематокрит та морфологічний склад крові індиків

Аналізуючи результати дослідження кількості еритроцитів встановлено, що у крові індиків із “наминами” кіля їх кількість становила $2,1 \pm 0,11$ Т/л і була меншою на 16,1 %. Менша кількість еритроцитів у крові індиків дослідної групи відобразилася на рівні гемоглобіну, який, порівняно із контролем, виявився нижчим на 11,3 % і різниця була вірогідною ($P < 0,01$). Такі зміни морфологічного складу крові свідчать про те, що за наявності “наминів” в організмі

індиків розвивається анемія, запальні процеси і відбувається дегідратація.

При дослідженні лейкограми крові у індиків дослідної групи встановлено збільшення кількості базофілів, нейтрофілів і моноцитів (табл. 1). Зокрема, у крові індиків контрольної групи були відсутні базофільні лейкоцити та юні нейтрофіли, тимчасом як у крові птахів із наминами їхня кількість становила відповідно $1,1 \pm 0,08$ та $0,2 \pm 0,01$ %.

Таблиця 1

Лейкограма крові індиків, % (M ± m, n = 10)

Показники	Контроль	Дослід
Базофіли	-	$1,1 \pm 0,08$
Еозинофіли	$7,6 \pm 0,31$	$6,3 \pm 0,27$
Юні	-	$0,2 \pm 0,01$
Нейтрофіли		
Паличкоядерні	$5,2 \pm 0,42$	$6,5 \pm 0,39$
Сегментоядерні	$34,2 \pm 2,44$	$40,5 \pm 2,87$
Лімфоцити	$49,4 \pm 3,54$	$41,1 \pm 2,41$
Моноцити	$3,6 \pm 0,20$	$4,3 \pm 0,22$

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

Кількість паличкоядерних та сегментоядерних нейтрофілів була більшою відповідно на 1,3 і 6,3 %

порівняно з контролем, а моноцитів – на 16,3 %. Такі зміни, можливо, пов’язані із функціональним пригні-

ченням кісткового мозку та інтоксикацією організму індиків внаслідок запальних процесів в їх організмі.

Досліджуючи кількість еозинофілів та лімфоцитів, встановили, що у крові індиків контрольної групи вона становила $7,6 \pm 0,31$ та $49,4 \pm 3,54$ %. У індиків дослідної групи встановлено зниження даного показника на 1,3 та 16,8 % відповідно до $6,3 \pm 0,27$ та $41,1 \pm 2,41$ %.

Отже, лейкограма крові індиків дослідної групи характеризувалась нейтрофілієм лейкоцитозом, лімфоцитопенією, що є свідченням зниження природної резистентності їхнього організму.

Показник рівня загального протеїну у крові перебуває в тісному функціональному зв'язку із протеїнами, які є в інших тканин організму і віддзеркалює зміни, що відбуваються у них за розладу метаболічних процесів, спричинених патологічними змінами. З даних, наведених на рис. 2, видно, що рівень загального протеїну у крові здорових індиків становив $28,3 \pm 1,65$ г/л. У крові птахів, в грудних м'язах яких розвивалися і були сформовані "намини", вміст загального протеїну був нижчим за показник дослідної групи на 6,7 % і становив $26,4 \pm 1,35$ г/л.

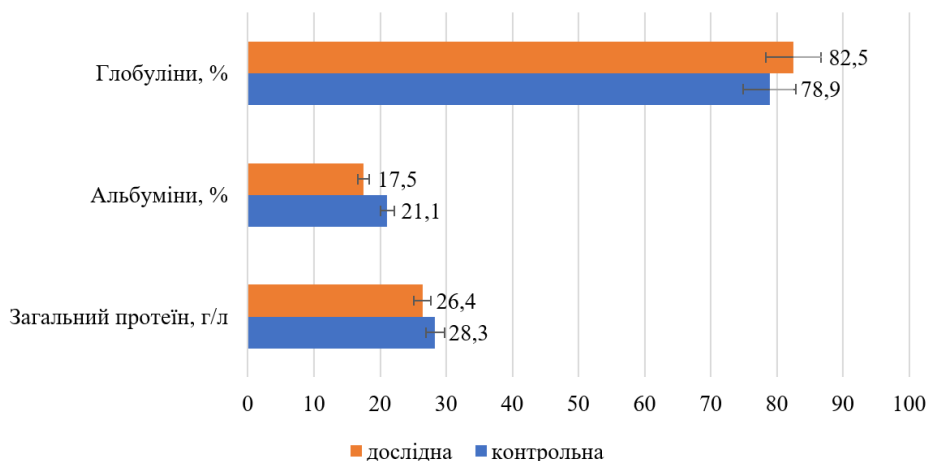


Рис. 2. Рівень загального протеїну та його фракцій у крові індиків

Безпосередній зв'язок зменшення рівня протеїну у крові індиків із розвитком і наявністю "наминів" кїля підтверджують результати дослідження фракційного складу протеїну крові. Так, за наявності на кїлі індиків "наминів" встановлено вищий на 4,4 % рівень саме глобулінової фракції, протеїни якої виконують захисну функцію, і меншу на 17,1 % кількість протеїнів фракції альбумінів.

Центральним органом, що обумовлює гомеостаз організму і бере участь у контролі обміну речовин є печінка. Індикаторними показниками оцінки її функціонального стану за різних патологічних станів є активність ензимів переамінування у сироватці крові. Дослідженнями активності АлАТ і АсАТ у крові індиків встановлено вірогідне ($P < 0,05$) зростання активності даних ферментів за наявності "наминів".

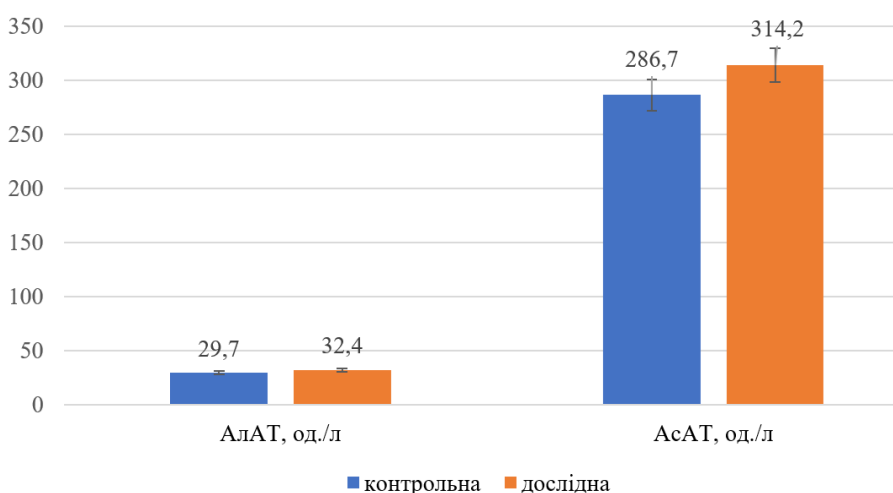


Рис. 3. Активність амінотрансфераз у сироватці крові індиків

Активність АлАТ і АсАТ у сироватці крові індиків контрольної становила відповідно $29,7 \pm 2,12$ та $286,7 \pm 12,5$ од./л. Патологічний процес, який розвинувся у грудних м'язах індиків, зумовив зростання досліджу-

ваних показників до $32,4 \pm 1,23$ та $314,2 \pm 14,2$ од./л, що було більшим за показники контрольної групи відповідно на 8,3 та 8,6 %.

Висновки

1. Розвиток “наминів” кіля у індиків зумовлює зміни морфологічного складу крові, які характеризуються зростанням на 15,2 % кількості лейкоцитів ($P < 0,05$) та на 3,8 % гематокриту ($P < 0,05$) і зменшенням на 16,1 % кількості еритроцитів та на 11,3 % вмісту гемоглобіну ($P < 0,01$).

2. Рівень загального протеїну та альбумінів крові індиків дослідної групи був меншим, порівняно з контролем на 6,7 та 17,1 %. На фоні зниження рівня протеїнів альбумінової фракції рівень глобулінів у крові птахів дослідної групи був вищий на 4,4 % порівняно із здоровими, які формували контрольну групу.

3. Активність АЛАТ і АсАТ у крові індиків із “наминами” становила $32,4 \pm 1,23$ та $314,2 \pm 14,2$ од./л, перевищувала показники контрольної групи відповідно на 8,3 та 8,6 % і вказана різниця була вірогідною ($P < 0,05$).

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Beaulac, K., & Schwan-Lardner, K. (2018). Assessing the effects of stocking density on turkey tom health and welfare to 16 weeks of age. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 213. DOI: 10.3389/fvets.2018.00213.
- Fedyniak, R. I., & Peleno, R. A. (2022). Stocking density as a possible etiological factor in the development of keel “bubbles” in turkeys. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 24(106), 186–191. DOI: 10.32718/nvlvet10628.
- Goo, D., Kim, J. H., Choi, H. S., Park, G. H., Han, G. P., & Kil, D. Y. (2019). Effect of stocking density and sex on growth performance, meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens. *Poultry Science*, 98(3), 1153–1160. DOI: 10.3382/ps/pey491.
- Gutyj, B., Martyshchuk, T., Bushueva, I., Semeniv, B., Parchenko, V., Kaplaushenko, A., Magrelo, N., Hirkovyy, A., Musiy, L., & Murska, S. (2017). Morphological and biochemical indicators of blood of rats poisoned by carbon tetrachloride and subject to action of liposomal preparation. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(2), 304–309. DOI: 10.15421/021748.
- Heidari, S., & Toghyani, M. (2018). Effect of stocking density and methionine levels on growth performance and immunity of broiler chicks. *Iranian Journal of Applied Animal Sciences*, 8(3), 483–489. URL: https://ijas.rasht.iau.ir/article_542688.html.
- Jobe, M. C., Ncobela, C. N., Kunene, N. W., & Opoku, A. R. (2019). Effects of Cassia abbreviata extract and stocking density on growth performance, oxidative stress and liver function of indigenous chickens. *Tropical Animal Health and Production*, 51, 2567–2574. DOI: 10.1007/s11250-019-01979-y.
- Kakhki, R. A. M., Bakhshalinejad, R., Anderson, K. E., & Golian, A. (2018). Effect of High and Low Stocking Density on Age of Maturity, Egg Production, Egg Size Distribution in White and Brown Layer Hens: A Metaanalysis. *Poultry Science Journal*, 6(1), 71–87. DOI: 10.22069/psj.2018.14112.1292.
- Konopelko, A., & Lyasota, V. (2022). Slaughter condition, safety and quality of slaughter products of turkeys of meat productivity in the use of prebiotic drug Actigen. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 24(106), 119–127. DOI: 10.32718/nvlvet10619.
- Kryvoruchenko, D. (2022). Hematological parameters of dogs for parasitism *Dirofilaria immitis*. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 5(1), 36–41. DOI: 10.32718/ujvas5-1.06.
- Kytaieva, D., & Petrov, R. (2020). The use of probiotics in the cultivation of turkeys. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 22(100), 23–27. DOI: 10.32718/nvlvet10004.
- Liubenko, O. I., & Levchenko, I. S. (2020). Doslidzhenia vplyvu shchilnosti posadky ta frontu hodivli na povedinku kurei promysloвого stada. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk*, 111, 199–204. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.111.27 (in Ukrainian).
- Marmul, L. O., & Avercheva, N. O. (2009). Problemy i perspektyvy rozvytku ptakhivnytstva v rehioni. *Ekonomika APK*, 4, 16–24 (in Ukrainian).
- Martyniv, Y. V., & Kiser, Y. V. (2021). Hematological, immunological and histological changes in guinea pigs in the treatment of microsporia with drugs “Micromar” and “Biogluk”. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 4(1), 29–32. DOI: 10.32718/ujvas4-1.06.
- Mazur, N. P., Fedorovych, V. V., Fedorovych, E. I., Fedorovych, O. V., Bodnar, P. V., Gutyj, B. V., Kuziv, M. I., Kuziv, N. M., Orikhivskiy, T. V., Grabovska, O. S., Denys, H. H., Stakhiv, N. P., Hudyma, V. Yu., & Pakholkiv, N. I. (2020). Effect of morphological and biochemical blood composition on milk yield in Simmental breed cows of different production types. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 61–67. DOI: 10.15421/2020_110.
- Studenok, A. A., Shnurenko, E. O., Karpovskiy, V. I., Trokoz, V. O. & Gutyj, B. V. (2021). Indicators of protein metabolism and intensity of lipid peroxide oxidation in chickens with different vegetative status. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 23(102), 110–118. DOI: 10.32718/nvlvet10217.
- Svynous, I. V., & Kyrlyuk, O. F. (2006). Ekonomichni problemy rozvytku ptakhivnytstva Ukrainy. *Suchasne ptakhivnytstvo*, 6–7, 3–8 (in Ukrainian).
- Tumanov, V. (2018). Analysis of biochemical and hematological parameters of blood, clinical signs and pathoanatomical changes for spontaneous poisoning of turkeys with diazinon. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20(83), 370–375. DOI: 10.15421/nvlvet8373.
- Vlisl, V. V. (2012). Laboratorni metody doslidzhen u biolohii, tvarynnytstvi ta veterynarniy medytsyni [Laboratory methods of research in biology, animal husbandry and veterinary medicine]. Spolom, Lviv (in Ukrainian).

- Xi, H., & Ahn, D. U. (2018). The Incidence of Muscle Abnormalities in Broiler Breast Meat. *Korean J Food Sci Anim Resour*, 38(5), 835–850. DOI: 10.5851/kosfa.2018.e2.
- Xiong, X., Yang, Y., Jiang, X., Yu, C., Peng, H., Chen, J., Xia, B., Du, H., Li, Q., Zhang, Z., Yang, L., Qiu, M., Hu, C., Song, X., Yan, H., & Yang, C. (2020). Effects of stocking density on performance, egg quality, reproductive hormones, and antioxidant capacity in egg-laying ducks. *Journal of Applied Animal Research*, 48(1), 454–459. DOI: 10.1080/09712119.2020.1824919.