

## Peculiarities of morphological indicators of blood in quails

Ye. Livoshchenko  | V. Pavlovskiy

### Article info

Correspondence Author

V. Pavlovskiy

E-mail:

[vadamir1599@gmail.com](mailto:vadamir1599@gmail.com)Sumy National Agrarian  
University  
Herasya Kondratieva Str.,  
160, 40000, Sumy,  
Ukraine

**Citation:** Livoshchenko, Ye., & Pavlovskiy, V. (2024). Peculiarities of morphological indicators of blood in quails. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 138–144. doi: 10.31210/spi2024.27.04.23

The review article is devoted to the study of the works of domestic and foreign authors who studied morphological indicators in the blood of quails. These indicators are key indicators of the physiological state of quails and their ability to adapt to industrial conditions of maintenance. Quail erythrocytes have an oval shape. These cells have a nucleus that promotes efficient oxygen transport even under conditions of intensive metabolism. The nucleus in erythrocytes is also necessary for increased resistance of cells to oxygen loads. The average diameter of quail erythrocytes was approximately 10–12  $\mu\text{m}$ . The average number of erythrocytes in the blood of quails was  $2.0\text{--}3.2 \times 10^6/\mu\text{l}$ . The authors believe that this amount of erythrocytes in the blood is an adaptation mechanism that allows quails to tolerate short-term stress loads. Quantitative and morphological characteristics of erythrocytes in quails are an important adaptation mechanism for maintaining vital activity in different conditions of keeping. Thanks to the nucleus, quail erythrocytes are able to maintain structural integrity in conditions of intensive metabolism, which is important when environmental conditions change. The concentration of hemoglobin in quail blood erythrocytes was 8.0–9.5 g/l. The total number of leukocytes in the blood of quails was  $20\text{--}30 \times 10^3/\mu\text{l}$ . Leukocytes demonstrate a developed immune response, which is important for protecting the body from pathogens in conditions of increased planting density. Platelets ensure blood clotting, which is necessary to reduce the risk of bleeding. The average number of platelets in the blood of quails was  $200\text{--}300 \times 10^3/\mu\text{l}$ . The study of the literature showed that the morphological parameters of blood are an informative indicator of the physiological adaptation of quails to changes in the external environment. At the same time, it should be noted that the morphological indicators of quail blood have not been studied sufficiently and data on this issue are extremely limited.

**Keywords:** Erythrocytes, hemoglobin, leukocytes, platelets, quail, blood morphology, poultry.

## Особливості морфологічних показників крові у перепелів

Є. М. Лівощенко | В. В. Павловський

Сумський національний  
аграрний університет,  
м. Суми, Україна

Стаття є оглядовою. Вона присвячена вивченню робіт вітчизняних і закордонних авторів які вивчали морфологічні показники у крові перепелів. Морфологічних показників крові перепелів, виступають ключовими індикаторами їхнього фізіологічного стану та здатності адаптуватися до промислових умов утримання. В роботі розглянуто вивчення основних формених елементів крові – еритроцитів, лейкоцитів та тромбоцитів, їх морфологічні та функціональні особливості, а також значення цих показників для підтримки метаболічного гомеостазу та імунної стійкості організму. Еритроцити перепелів мають овальну форму. Ці клітини мають ядро, що сприяє ефективному транспорту кисню навіть за умов інтенсивного метаболізму. Ядро в еритроцитах також необхідно для підвищеної стійкості клітин до кисневих навантажень. Середній діаметр еритроцитів перепелів становив приблизно 10–12 мкм. Середня кількість еритроцитів у крові перепелів складала  $2,0\text{--}3,2 \times 10^6/\text{мкл}$ . Автори вважають, що така кількість еритроцитів у крові є адаптаційним механізмом, який дозволяє перепелам переносити короточасні стресові навантаження. Кількісні та морфологічні характеристики еритроцитів у перепелів є важливим адаптаційним механізмом для підтримки життєдіяльності в різних умовах утримання. Завдяки ядру еритроцити перепелів здатні підтримувати структурну цілісність в умовах інтенсивного метаболізму, що важливо при зміні навколишніх умов. Концентрація гемоглобіну в еритроцитах крові перепелів становила 8,0–9,5 г/л. Загальна кількість лейкоцитів у крові перепелів складала  $20\text{--}30 \times 10^3/\text{мкл}$ . Лейкоцити демонструють розвинену імунну реакцію, що важливо для захисту організму від патогенів в умовах підвищеної щільності посадки. Тромбоцити забезпечують згортання крові, що необхідно для зниження ризику кровотечі. Середня кількість тромбоцитів у крові перепелів становила  $200\text{--}300 \times 10^3/\text{мкл}$ . Вивчення літератури показало, що морфологічні параметри крові є інформативним показником фізіологічної адаптації перепелів до змін зовнішнього середовища. В той же час слід зазначити, що морфологічні показники крові перепелів вивчені недостатньо і дані з цього питання вкрай обмежені.

**Ключові слова:** Еритроцити, гемоглобін, лейкоцити, тромбоцити, перепели, морфологія крові, птахівництво.

**Бібліографічний опис для цитування:** Лівощенко Є. М., Павловський В. В. Особливості морфологічних показників крові у перепелів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 138–144.

У сучасному птахівництві постійно зростає значення моніторингу показників фізіологічного стану свійської птиці, що забезпечує підвищення її продуктивності. Перепели займають особливе місце серед свійської птиці, оскільки м'ясо і яйця які від них отримують мають високі харчові і дієтичні якості. Дослідники С. Банерджі та Л. Цін вважають, що перепели мають інтенсивний метаболізм і високі адаптивності якості, що робить їх перспективним об'єктом для вирощування в умовах промислового господарства [10, 54].

Контроль фізіологічного стану перепелів дозволяє оптимізувати їхні продуктивні якості, зокрема рівень яйценосності та приріст живої маси, а також забезпечує ефективне використання перепелів як різних порід і ліній у господарствах.

Одним з ключових індикаторів здоров'я та фізіологічного стану організму перепелів є морфологічні показники крові. Дослідження крові дозволяє виявляти як загальні показники метаболічної активності, так і специфічні маркери стану імунної системи, здатності до оксигенації та реакції на стресові чинники. Таким чином, аналіз формених елементів крові – еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів стає одним із найважливіших діагностичних інструментів у ветеринарній фізіології перепелів.

Ретельне вивчення еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів дозволяє отримати об'єктивну інформацію про рівень метаболізму, стан імунної системи та здатність крові до згортання, що є критичними показниками для забезпечення стабільності фізіологічних функцій в умовах промислового вирощування. Вивчення цих аспектів допоможе краще зрозуміти адаптаційні механізми перепелів до умов промислового утримання та сприятиме розробці заходів для покращення їхнього здоров'я та продуктивності.

Основними питаннями, які розглядаються у даному дослідженні є наукові праці вітчизняних та закордонних фахівців. Морфологічні особливості еритроцитів у перепелів та їх роль у підтриманні метаболічних процесів через транспортування кисню. Специфіка лейкоцитарного складу крові перепелів, що визначає рівень імунної системи птиці. Особливості тромбоцитів та їх функціональна роль у процесах гемостазу, що забезпечує швидкість згортання крові.

У ході вивчених нами наукових робіт вітчизняних та зарубіжних авторів які досліджували особливості морфологічних показників крові у перепелів, вдалося уніфікувати методи за якими були проведені дослідження. Були відібрані на проаналізовані наукові праці в яких птицю вирощували в однакових умовах для стандартизації показників. Кров дослідники відбиралася з яремної або з підкрилової

вени дорослих здорових особин [17, 38, 43, 68, 51, 62, 70, 74], після чого проводився морфологічний аналіз еритроцитів [20, 36, 49, 53, 58], лейкоцитів [7, 13, 25, 47, 52, 63, 72] тромбоцитів [12, 30, 32, 37, 45, 57, 69] із використанням світлової мікроскопії [2, 5, 11, 16, 21, 28, 35–42, 56, 68, 71–78].

Перепели утримувалися в умовах [4, 14, 21–28, 32–49], що відповідали сучасним стандартам промислового птахівництва. Температурний режим підтримувався на рівні 20–22°C, вологість повітря складала 60–65 % [20, 36, 49, 58, 77, 81]. Годівля здійснювалося збалансованими комбікормами, що відповідали потребам вікової групи, з постійним доступом до води [10, 18, 54, 71–76]. Забезпечення цих умов утримання дозволяло зменшити вплив зовнішніх факторів на фізіологічний стан перепелів і забезпечити стабільність морфологічних показників крові. Відбір крові здійснювався в ранковий час для мінімізації добових коливань біохімічних показників [2–17, 21–39, 54–61, 71, 78].

Еритроцити перепелів мають овальну форму та, як і у більшості видів птиці, ці клітини мають ядро [20, 36, 58]. Наявність ядра є важливою відмінністю еритроцитів птиці від еритроцитів ссавців [20, 77], і дозволяє їм підтримувати часткову метаболічну активність [17, 20, 34], що необхідно для підвищеної стійкості клітин до кисневих навантажень [34, 58, 77]. Середній діаметр еритроцитів перепелів становить приблизно 10–12 мкм, що забезпечує ефективне транспортування кисню в організмі [18, 34, 49, 54]. Овальна форма зменшує опір під час руху крові судинами та покращує кисневу ємність завдяки збільшеній площі поверхні [49, 51, 58, 77]. Завдяки ядру еритроцити перепелів здатні підтримувати структурну цілісність навіть в умовах інтенсивного метаболізму [13, 17, 36, 58], що особливо важливо при зміні навколишніх умов, зокрема температури або рівня кисню [11, 20, 36, 58].

Середня кількість еритроцитів у крові перепелів складає  $2,0\text{--}3,2 \times 10^6/\text{мкл}$  [17, 21, 46, 67]. Цей показник забезпечує оптимальний рівень оксигенації тканин, відповідно до потреб організму [9, 18, 38, 45, 62, 68, 70]. У різні періоди життя та під впливом абіотичних чинників кількість еритроцитів може змінюватися [11, 38, 49, 51, 52]. Вважається, що вищий рівень еритроцитів у крові є адаптаційним механізмом, який дозволяє перепелам переносити короточасні стресові навантаження [21, 38, 46, 65]. Контроль рівня еритроцитів у перепелів є важливим індикатором їх фізіологічного стану та здатності до продуктивного використання кисню в умовах активного метаболізму [9, 38, 46, 62, 65].

Еритроцити відіграють ключову роль у підтриманні метаболічного гомеостазу через функцію транспорту кисню від легень до тканин і видалення

вуглекислого газу [1, 5, 29, 53, 64, 68, 79]. Для перепелів, які мають високий рівень обміну речовин, еритроцити забезпечують стабільну оксигенацію навіть в умовах підвищеної потреби в енергії [1, 4, 28, 43, 53, 68, 79]. Завдяки еритроцитам, організм здатний швидко компенсувати зміни в навколишньому середовищі [21, 38, 43, 46, 65], підтримуючи енергетичні потреби при стресі або підвищеному фізіологічному навантаженні [28, 29, 43, 65, 68, 79]. Таким чином, кількісні та морфологічні характеристики еритроцитів у перепелів є важливим адаптаційним механізмом для підтримки життєдіяльності в різних умовах утримання [4, 17, 21, 28, 43, 58, 68, 79].

Гемоглобін є головним компонентом еритроцитів, що відповідає за транспорт кисню [2, 4, 14, 17, 21, 28, 58]. У перепелів концентрація гемоглобіну становить 8,0–9,5 г/л [4, 14, 20, 36, 49, 53, 68]. Це оптимальне значення для забезпечення кисневої ємності крові, враховуючи розміри тіла та метаболічні потреби перепелів [5, 17, 21, 26, 49, 77]. Показники вмісту гемоглобіну можуть змінюватися в залежності від умов утримання, годівлі, та рівня фізіологічного стресу, що свідчить про його чутливість до змін навколишнього середовища [4, 21, 26, 58, 65].

Киснева ємність крові перепелів є важливим фактором для підтримання активного обміну речовин [2, 4, 49, 53, 68]. Висока концентрація гемоглобіну забезпечує ефективний транспорт кисню в умовах підвищеної потреби [34, 58, 77], що особливо актуально для перепелів при різких змінах умов утримання [4, 28, 43, 58, 79]. Здатність гемоглобіну зв'язувати велику кількість кисню дозволяє перепелам швидко адаптуватися до можливих стресових факторів [2, 14, 28, 43, 53, 64], таких як зміна температури, обмеження кисню або підвищені фізичні навантаження [17, 34, 58, 64]. Таким чином, концентрація гемоглобіну та його здатність до кисневого транспорту є показниками, що характеризують адаптивні можливості перепелів до умов утримання та фізіологічного навантаження [5, 34, 49, 53, 58, 65, 68, 79].

Лейкоцити у перепелів виконують важливі імунологічні функції, забезпечуючи захист від патогенних агентів та впливу негативних зовнішніх чинників [16, 27, 40, 50, 68]. Загальна кількість лейкоцитів у крові перепелів складає  $20\text{--}30 \times 10^3/\text{мкл}$  [22, 27, 39, 40, 44, 55, 66], що дозволяє організму ефективно реагувати на запальні та інфекційні процеси [39, 44, 55]. Лейкоцити складаються з різних типів клітин: лімфоцити, еозинофіли, моноцити, кожен з яких виконує специфічні функції [40, 44, 50, 55, 66]. Лімфоцити забезпечують специфічний імунітет [16, 40], моноцити відіграють роль у фагоцитозі [16, 44, 66], тоді як еозинофіли допомагають боротися з паразитами та алергенами [23, 50, 66].

Морфологія лейкоцитів у перепелів характеризується добре помітними ядрами та різною формою клітинної мембрани, що дозволяє їм ефективно взаємодіяти з патогенами [16, 23, 39, 50]. Лімфоцити, як основний вид лейкоцитів, відповідають за імунологічну пам'ять і забезпечують тривалий захист від повторних інфекцій. Моноцити і макрофаги сприяють фагоцитозу, знищуючи патогенні клітини, а еозинофіли забезпечують боротьбу з паразитарними інвазіями [27, 39, 44, 66]. Завдяки такій різноманітності, лейкоцитарний склад крові перепелів дозволяє ефективно підтримувати імунітет [22, 27, 39, 44, 50, 66].

В умовах промислового вирощування [7, 11, 35, 41, 48, 59], де перепели піддаються стресовим факторам і ризику інфекцій [25, 41, 52, 59, 63], здатність їх імунної системи до швидкої реакції є вирішальною [11, 13, 25, 52, 60, 81]. Висока кількість лейкоцитів у перепелів дозволяє їм успішно протистояти бактеріям та іншим патогенам [7, 15, 47, 52, 63, 72], підтримуючи здоров'я та продуктивність [11, 25, 47]. Таким чином, кількість і склад лейкоцитів є показниками, які безпосередньо пов'язані з рівнем імунного захисту та адаптації до умов утримання [13, 41, 48, 59, 72, 81].

Тромбоцити у перепелів відповідають за згортання крові, що є важливим фактором у підтримці судинної цілісності та стабільності кровообігу [12, 32, 37, 51, 57, 69]. Середня кількість тромбоцитів у крові перепелів становить  $200\text{--}300 \times 10^3/\text{мкл}$  [12, 30, 35, 45, 56, 62, 69], що дозволяє швидко формувати згусток крові у випадку пошкодження тканин [32, 35, 45]. Морфологічно тромбоцити перепелів мають овальну форму з гладкою поверхнею [32, 45, 51, 57], що сприяє їхній швидкій адгезії до пошкоджених ділянок судин [51, 57, 62, 69].

Тромбоцити активуються у відповідь на ушкодження судин, формуючи первинний гемостатичний затор, що зупиняє кровотечу [12, 32, 37, 56, 69]. В умовах підвищеної активності перепелів [30, 37, 51], зокрема при пересадках або під час утримання в обмеженому просторі [57, 69], здатність тромбоцитів до швидкого згортання є критично важливою [12, 37, 51, 57]. Ця здатність тромбоцитів забезпечує підтримку цілісності кровоносної системи навіть при стресових умовах, що важливо для підтримання стабільного фізіологічного стану перепелів [37, 56, 69].

Завдяки своїм функціональним особливостям, тромбоцити не тільки захищають судини від втрати крові [12, 32, 45], але й беруть участь у регенеративних процесах [30, 51, 62], що відбуваються після ушкоджень [12, 30, 37, 69]. У перепелів, що утримуються в інтенсивних умовах, рівень тромбоцитів є важливим показником стійкості до травм

і здатності до адаптації [37, 56, 62, 69], адже підтримка судинної системи дозволяє знижувати ризики травматизму та втрати крові при контактах [12, 37, 56, 57].

Окрім формених елементів, певні біохімічні показники крові також можуть відображати фізіологічний стан перепелів [3, 8, 24, 61]. Наприклад, рівень білків [6, 14, 42, 70], глюкози [3, 24, 61, 80], ферментів та інших метаболітів можуть слугувати показниками стресу [8, 67, 79], впливу раціону та загального фізіологічного стану [42, 61, 79, 80]. Аналіз цих показників забезпечує додаткові дані для визначення адаптації перепелів до зовнішніх умов [14, 61, 67, 70, 80].

Перепели, завдяки своїм морфологічним і функціональним особливостям крові, демонструють високу адаптивність до змін у навколишньому середовищі [10, 54, 73, 75]. Формені елементи крові, зокрема еритроцити, лейкоцити та тромбоцити, відіграють центральну роль у підтриманні гомеостазу [18, 71, 74, 76], а також сприяють швидкому пристосуванню до умов утримання [10, 54, 75], таких як щільність посадки [73, 76], зміни температури та раціону [10, 18, 54, 75]. Завдяки цим механізмам перепели можуть забезпечувати високу продуктивність навіть в умовах інтенсивного вирощування [18, 54, 73, 76].

## Висновки

Проведений нами аналіз літератури показує, що показники крові у перепелів вивчені недостатньо. Данні стосовно вивчення морфологічних показників крові у перепелів вкрай обмежені, що свідчить про актуальність даного питання. Данні щодо природної резистентності перепелів практично відсутні. Також у доступній нам літературі відсутні данні стосовно вікових змін показників крові у перепелів. Таким чином постає питання вивчення показників неспецифічної резистентності у перепелів у віковому аспекті.

*Перспективи подальших досліджень:* Подальші дослідження мають зосередитись на вивченні показників неспецифічної резистентності у перепелів у різні вікові періоди життя.

## Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

## References

1. Abd Al-Zahra Ali, R., Rasmi Huwait, A. J., Issa Abed, R., & Faisal Majeed, M. (2023). The histopathological and oxidative stress profiles in Japanese quails (*Coturnix japonica*) induced by dietary lead. *Archives of Razi Institute*, 78 (2), 523–530. <https://doi.org/10.22092/ARI.2022.359352.2407>
2. Abdel-Moneim, A.-M. E., Sabic, E. M., Abu-Taleb, A. M., & Ibrahim, N. S. (2020). Growth performance, hemato-biochemical indices, thyroid activity, antioxidant status, and immune response of growing Japanese quail fed diet with full-fat canola seeds. *Tropical Animal Health and Production*, 52 (4), 1853–1862. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02200-1>
3. Abdel-Moneim, A.-M. E., Selim, D. A., Basuony, H. A., Sabic, E. M., Saleh, A. A., & Ebeid, T. A. (2019). Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* spores on growth performance, oxidative status, and digestive enzyme activities in Japanese quail birds. *Tropical Animal Health and Production*, 52 (2), 671–680. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02055-1>
4. Abou-Kassem, D. E., El-Kholy, M. S., Alagawany, M., Laudadio, V., & Tufarelli, V. (2019). Age and sex-related differences in performance, carcass traits, hemato-biochemical parameters, and meat quality in Japanese quails. *Poultry Science*, 98 (4), 1684–1691. <https://doi.org/10.3382/ps/pey543>
5. Andrade, M. F. S., Moreira Filho, A. L. B., Silva, E. F. A. D., Oliveira, H. B., Costa, F. G. P., Guerra, R. R., & Givisiez, P. E. N. (2019). Expression of glucose transporters and morphometry in the intestine of Japanese quails after hatch. *Journal of Comparative Physiology B*, 189 (1), 61–68. <https://doi.org/10.1007/s00360-018-1188-8>
6. Arslan, A. S., Seven, I., Mutlu, S. I., Arkali, G., Birben, N., & Seven, P. T. (2022). Potential ameliorative effect of dietary quercetin against lead-induced oxidative stress, biochemical changes, and apoptosis in laying Japanese quails. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 231, 113200. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113200>
7. Aslan, S., Baykalir, Y., Simsek, U. G., & Gul, B. (2022). Effects of heat stress on fattening performance, carcass traits, oxidant/antioxidant status, and hepatic heat shock protein 70 levels in different plumage colors of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 25 (4), 599–605. <https://doi.org/10.24425/pjvs.2022.143546>
8. Bagherzadeh Kasmani, F., Karimi Torshizi, M. A., Allameh, A., & Shariatmadari, F. (2012). A novel aflatoxin-binding *Bacillus* probiotic: Performance, serum biochemistry, and immunological parameters in Japanese quail. *Poultry Science*, 91 (8), 1846–1853. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01830>
9. Balthazart, J. (2017). Steroid metabolism in the brain: From bird watching to molecular biology, a personal journey. *Hormones and Behavior*, 93, 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2017.05.017>
10. Banerjee, S., & Chaturvedi, C. M. (2018). Neuroendocrine mechanism of food intake and energy regulation in Japanese quail under differential simulated photoperiodic conditions: Involvement of hypothalamic neuropeptides, AMPK, insulin and adiponectin receptors. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 185, 10–23. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2018.05.020>
11. Batoool, F., Bilal, R. M., Hassan, F. U., Nasir, T. A., Rafeeqe, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Mahgoub, H. A. M., Naiel, M. A. E., & Alagawany, M. (2021). An updated review on behavior of domestic quail with reference to the negative effect of heat stress. *Animal Biotechnology*, 34 (2), 424–437. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1951281>
12. Belleville, J., Cornillon, B., Paul, J., Baguet, J., Clendinnen, G., & Eloy, R. (1982). Haemostasis, blood coagulation and fibrinolysis in the Japanese quail. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 71 (2), 219–230. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(82\)90392-9](https://doi.org/10.1016/0300-9629(82)90392-9)

13. Bilal, R. M., Hassan, F., Farag, M. R., Nasir, T. A., Ragni, M., Mahgoub, H. A. M., & Alagawany, M. (2021). Thermal stress and high stocking densities in poultry farms: Potential effects and mitigation strategies. *Journal of Thermal Biology*, 99, 102944. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102944>
14. Biswas, A., Mohan, J., & Sastry, K. V. H. (2013). Effect of dietary supplementation of vitamin E on production performance and some biochemical characteristics of cloacal foam in male Japanese quail. *Animal Reproduction Science*, 140 (1–2), 92–96. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.05.008>
15. Charrier, M., Lumineau, S., Georgelin, M., Meurisse, M., Palme, R., Angelier, F., Cornilleau, F., Constantin, P., Coustham, V., Nicolle, C., Bertin, A., Darmaillacq, A.-S., Dickel, L., Guémené, D., Calandreau, L., & Houdelier, C. (2022). Prenatal maternal stress is associated with behavioural and epigenetic changes in Japanese quail. *Psychoneuroendocrinology*, 137, 105661. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2022.105661>
16. Clark, M. W., Gildersleeve, R. P., Thaxton, J. P., Parkhurst, C. R., & McRee, D. I. (1987). Leukocyte numbers in hemorrhaged Japanese quail after microwave irradiation in ovo. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 87 (4), 923–932. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(87\)90016-8](https://doi.org/10.1016/0300-9629(87)90016-8)
17. de Faria, D. B. G., Montalvão, M. F., de Souza, J. M., de Oliveira Mendes, B., Malafaia, G., & Rodrigues, A. S. de L. (2017). Analysis of various effects of abamectin on erythrocyte morphology in Japanese quails (*Coturnix japonica*). *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (3), 2450–2456. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0677-8>
18. de Oliveira, E. M., Nascimento, S. T., Mós, J. V. do N., Roza, L. da F., & dos Santos, T. C. (2023). Maximum limit of sensible heat dissipation in Japanese quail. *International Journal of Biometeorology*. <https://doi.org/10.1007/s00484-023-02432-4>
19. Del Vesco, A. P., Gasparino, E., Zancanela, V., Grieser, D. O., Stanquevis, C. E., Pozza, P. C., & Oliveira Neto, A. R. (2016). Effects of selenium supplementation on the oxidative state of acute heat stress-exposed quails. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101 (1), 170–179. <https://doi.org/10.1111/jpn.12437>
20. Edens, F. W., Thaxton, P., Morgan, G. W., & Parkhurst, C. R. (1983). Grouping in Japanese Quail. *Poultry Science*, 62 (12), 2479–2485. <https://doi.org/10.3382/ps.0622479>
21. Egbuniwe, I. C., Uchendu, C. N., & Obidike, I. R. (2021). Ameliorative effects of betaine and ascorbic acid on endocrine and erythrocytic parameters of sexually-maturing female Japanese quails during the dry season. *Journal of Thermal Biology*, 96, 102812. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102812>
22. Elaroussi, M. A., Fattah, M. A., Meky, N. H., Ezzat, I. E., & Wakwak, M. M. (2007). Effects of vitamin E, age and sex on performance of Japanese quail. 1. *Haematological indices and liver function*. *British Poultry Science*, 48 (6), 669–677. <https://doi.org/10.1080/00071660701687688>
23. El-Ratel, I. T., El Basuini, M. F. M., Khattab, A. A. A., Mekawy, A. I., & Fouda, S. F. (2022). Ameliorative impacts of sodium humate on heat-stressed laying Japanese quail (*Coturnix coturnix Japonica*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 107 (2), 712–722. <https://doi.org/10.1111/jpn.13751>
24. Farag, M. R., Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., El-Sayed, S. A. A., Ahmed, S. Y. A., & Samak, D. H. (2018). Yucca schidigera extract modulates the lead-induced oxidative damage, nephropathy and altered inflammatory response and glucose homeostasis in Japanese quails. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 156, 311–321. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.010>
25. Fernandez, M. E., Labaque, M. C., Orso, G., Marin, R. H., & Kembro, J. M. (2021). Short- and long-term dynamics of the physiological and behavioral response to heat stress and thymol supplementation in Japanese quail. *Journal of Thermal Biology*, 97, 102876. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102876>
26. Flores-Santin, J., Rojas Antich, M., Tazawa, H., & Burggren, W. W. (2018). Hematology from embryo to adult in the bobwhite quail (*Colinus virginianus*): Differential effects in the adult of clutch, sex and hypoxic incubation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 218, 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2018.01.005>
27. Giayetto, O., Videla, E. A., Chacana, P., Jaime, C., Marín, R. H., & Nazar, F. N. (2020). Modulating offspring responses: concerted effects of stress and immunogenic challenge in the parental generation. *Journal of Experimental Biology*. <https://doi.org/10.1242/jeb.219386>
28. Gildersleeve, R. P., Galvin, M. J., McRee, D. I., & Thaxton, J. P. (1986). Response of Japanese quail to hemorrhagic stress after exposure to microwave radiation during embryogeny. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 85 (4), 679–687. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(86\)90277-x](https://doi.org/10.1016/0300-9629(86)90277-x)
29. Gildersleeve, R. P., Galvin, M. J., Thaxton, J. P., & McRee, D. I. (1985). Hematological response of Japanese quail to acute hemorrhagic stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 81 (2), 403–409. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(85\)90155-0](https://doi.org/10.1016/0300-9629(85)90155-0)
30. Gomaa, A. A. M., Rashwan, A. A., Tewfik, M. I., Abou-Kassem, D. E., Youssef, I. M., Salah, A. S., Alfassam, H. E., Rudayni, H. A., Allam, A. A., Taha, A. E., Moustafa, M., Alshaharni, M. O., Abd El-Hack, M. E., & El-Mekkawy, M. M. (2024). Effects of immersing Japanese quail eggs in various doses of riboflavin on reproductive, growth performance traits, blood indices and economics. *Poultry Science*, 103 (8), 103858. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103858>
31. Grechivsky, I. M., Kryvenok, M. Ya., & Mykhalska, V. M. (2021). Productivity of quails at different levels of glycine in feed. *Sučasne Ptahivnictvo*, 5–6, 11–15. <https://doi.org/10.31548/poultry2021.05-06.011>
32. Guzmán, D. A., Kembro, J. M., & Marin, R. H. (2021). Japanese quail classified by their permanence in proximity to a high or low density of conspecifics: a search for underpinning variables. *Poultry Science*, 100 (3), 100950. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.047>
33. Guzmán, D. A., Lèche, A., Contarde, C. B., Nazar, F. N., & Marin, R. H. (2018). Adrenocortical responses in Japanese quail classified by their permanence in proximity to either low or high density of conspecifics. *Poultry Science*, 97 (11), 4107–4112. <https://doi.org/10.3382/ps/pey269>
34. Hamrick, P. E., McRee, D. I., Zinkl, J. G., Thaxton, P., & Parkhurst, C. R. (1975). Hematology of neonatal Japanese quail. *Laboratory Animal Science*, 25 (4), 495–499.
35. Hazrati, S., Rezaeipour, V., & Asadzadeh, S. (2019). Effects of phyto-genic feed additives, probiotic and mannan-oligosaccharides on performance, blood metabolites, meat quality, intestinal morphology, and microbial population of Japanese quail. *British Poultry Science*, 61 (2), 132–139. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1686122>
36. Hussain, R., Mahmood, F., Khan, M. Z., Khan, A., & Muhammad, F. (2010). Pathological and genotoxic effects of atrazine in male Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Ecotoxicology*, 20 (1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10646-010-0515-y>
37. Ibrahim, N. S., El-Sayed, M. A., Assi, H. A. M., Enab, A., & Abdel-Moneim, A.-M. E. (2021). Genetic and physiological variation in two strains of Japanese quail. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19 (1), 15. <https://doi.org/10.1186/s43141-020-00100-3>
38. Jackovitz, A. M., Hanna, T. L., & Quinn, M. J. (2012). Relative sensitivities of Japanese quail to foreign red blood cell challenges for immunotoxicity testing. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 75 (6), 319–323. <https://doi.org/10.1080/15287394.2012.668163>
39. Kankova, Z., Okuliarova, M., & Zeman, M. (2014). Immune responsiveness of Japanese quail selected for egg yolk testosterone content under severe protein restriction. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 177, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2014.07.020>

40. Kato, H., & Wakasugi, N. (1981). Studies on blood groups in the Japanese quail: The common antigens possessed by red blood cells and leukocytes, and their inheritance. *Immunogenetics*, 13 (1–2), 109–114. <https://doi.org/10.1007/bf00524608>
41. Khatri, B., Kang, S., Shouse, S., Anthony, N., Kuenzel, W., & Kong, B. C. (2019). Copy number variation study in Japanese quail associated with stress related traits using whole genome re-sequencing data. *PLOS ONE*, 14 (3), e0214543. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214543>
42. Bok Lee, Y. (2001). Effects of neurotoxin 6-aminonicotinamide on levels of enzyme activities and metabolites in quail plasma. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 33 (6), 613–620. [https://doi.org/10.1016/s1357-2725\(01\)00036-x](https://doi.org/10.1016/s1357-2725(01)00036-x)
43. Lopes, J. P., Roll, A. A. P., Oliveira, C. O. D., Sarturi, D. M., Silva, S. N. D., Dias, R. C., Freitas, B. K. M. D., Ribeiro, A. S., Bönenmann, D., Lopes, D. C. N., Chaves, I. S., & Xavier, E. G. (2024). Nano copper in the diet of laying quails: productive performance, metabolism, and tissue concentration. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 96 (3). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202420231121>
44. Mills, A. D., Jones, R. B., Faure, J.-M., & Williams, J. B. (1993). Responses to isolation in Japanese quail genetically selected for high or low sociality. *Physiology & Behavior*, 53 (1), 183–189. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(93\)90029-f](https://doi.org/10.1016/0031-9384(93)90029-f)
45. Mustafa, F. E.-Z. A., & El-Desoky, S. M. M. (2020). Architecture and cellular composition of the spleen in the Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Microscopy and Microanalysis*, 26 (3), 589–598. <https://doi.org/10.1017/s143192762000152x>
46. Nazar, F. N., & Marin, R. H. (2010). Chronic stress and environmental enrichment as opposite factors affecting the immune response in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Stress*, 14 (2), 166–173. <https://doi.org/10.3109/10253890.2010.523093>
47. Nazar, F. N., Videla, E. A., Fernandez, M. E., Labaque, M. C., & Marin, R. H. (2018). Insights into thermal stress in Japanese quail (*Coturnix coturnix*): dynamics of immunoendocrine and biochemical responses during and after chronic exposure. *Stress*, 21 (3), 257–266. <https://doi.org/10.1080/10253890.2018.1442430>
48. Nguyen, P. H., Greene, E., Kong, B.-W., Bottje, W., Anthony, N., & Dridi, S. (2017). Acute heat stress alters the expression of orexin system in quail muscle. *Frontiers in Physiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01079>
49. Nirmalan, G. P., & Robinson, G. A. (1971). Haematology of the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *British Poultry Science*, 12 (4), 475–481. <https://doi.org/10.1080/00071667108415903>
50. Nirmalan, G. P., & Robinson, G. A. (1972). Hematology of Japanese quail treated with exogenous stilbestrol dipropionate and testosterone propionate. *Poultry Science*, 51 (3), 920–925. <https://doi.org/10.3382/ps.0510920>
51. Nirmalan, G. P., Atwal, O. S., & Carlson, H. C. (1972). Ultrastructural studies on the leucocytes and thrombocytes in the circulating blood of Japanese quail. *Poultry Science*, 51 (6), 2050–2055. <https://doi.org/10.3382/ps.0512050>
52. Orhan, C., Sahin, N., Sahin, K., & Kucuk, O. (2021). Influence of dietary genistein and polyunsaturated fatty acids on lipid peroxidation and fatty acid composition of meat in quail exposed to heat stress. *Tropical Animal Health and Production*, 53 (5). <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02933-7>
53. Pan, Y., Chang, J., Xu, P., Xie, Y., Yang, L., Hao, W., Li, J., & Wan, B. (2022). Twenty-four hours of Thiamethoxam: In vivo and molecular dynamics simulation study on the toxicokinetic and underlying mechanisms in quails (*Coturnix japonica*). *Journal of Hazardous Materials*, 427, 128159. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.128159>
54. Qin, L., Jian, P.-A., Yi, B.-J., Ma, X.-Y., Lu, W.-H., Li, X.-N., & Li, J.-L. (2023). Effect of atrazine on testicular toxicity involves accommodative disorder of xenobiotic metabolizing enzymes system and testosterone synthesis in European quail (*Coturnix coturnix*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 268, 115716. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115716>
55. James Quinn, M., McKernan, M., Lavoie, E. T., & Ann Ottinger, M. (2007). Immunotoxicity of trenbolone acetate in Japanese quail. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 70 (1), 88–93. <https://doi.org/10.1080/15287390600755026>
56. Rattner, B. A., Horak, K. E., Warner, S. E., & Johnston, J. J. (2010). Acute toxicity of diphacinone in Northern bobwhite: Effects on survival and blood clotting. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73 (6), 1159–1164. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.05.021>
57. Rezaei, A., Farzinpour, A., Vaziry, A., & Jalili, A. (2018). Effects of silver nanoparticles on hematological parameters and hepatorenal functions in laying Japanese quails. *Biological Trace Element Research*, 185 (2), 475–485. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1267-4>
58. Riera, M., Fuster, J. F., & Palacios, L. (1991). Role of erythrocyte organic phosphates in blood oxygen transport in anemic quail. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 260 (4), R798–R803. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1991.260.4.r798>
59. Santana, T. P., Gasparino, E., de Souza Khatlab, A., Brito, C. O., Barbosa, L. T., Lamont, S. J., & Del Vesco, A. P. (2021). Effect of prenatal ambient temperature on the performance physiological parameters, and oxidative metabolism of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) layers exposed to heat stress during growth. *Scientific Reports*, 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89306-0>
60. Santana, T. P., Gasparino, E., de Souza Khatlab, A., Pereira, A. M. F. E., Barbosa, L. T., Fernandes, R. P. M., Lamont, S. J., & Del Vesco, A. P. (2023). Effects of maternal methionine supplementation on the response of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) chicks to heat stress. *Journal of Animal Science*, 101. <https://doi.org/10.1093/jas/skad042>
61. Sartori, D. R. S., Garofalo, M. A. R., Roselino, J. E. S., Kettelhut, I. C., & Migliorini, R. H. (2000). Gluconeogenesis and P-enolpyruvate carboxykinase in liver and kidney of long-term fasted quails. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*, 170 (5–6), 373–377. <https://doi.org/10.1007/s003600000113>
62. Sedaghat, A., & Karimi Torshizi, M. A. (2017). Immune responses, intestinal microbiota, performance and blood characteristics of Japanese quail fed on diets containing camphor. *Animal*, 11 (12), 2139–2146. <https://doi.org/10.1017/s1751731117001148>
63. Shumaker, S., Khatri, B., Shouse, S., Seo, D., Kang, S., Kuenzel, W., & Kong, B. (2021). Identification of SNPs associated with stress response traits within high stress and low stress lines of Japanese quail. *Genes*, 12 (3), 405. <https://doi.org/10.3390/genes12030405>
64. Silva, E. P., Castiblanco, D. M. C., Artoni, S. M. B., Lima, M. B., Nogueira, H. S., & Sakomura, N. K. (2020). Metabolisable energy partition for Japanese quails. *Animal*, 14, s275–s285. <https://doi.org/10.1017/s1751731120001445>
65. Smith, E. K., O'Neill, J., Gerson, A. R., & Wolf, B. O. (2015). Avian thermoregulation in the heat: resting metabolism, evaporative cooling and heat tolerance in Sonoran Desert doves and quail. *Journal of Experimental Biology*, 218 (22), 3636–3646. <https://doi.org/10.1242/jeb.128645>
66. Smits, J. E. G., & Nain, S. (2013). Immunomodulation and hormonal disruption without compromised disease resistance in perfluorooctanoic acid (PFOA) exposed Japanese quail. *Environmental Pollution*, 179, 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.063>
67. Stanley, P. I., Bunyan, P. J., Rees, W. D., Swindon, D. M., & Westlake, G. E. (1978). Pesticide-induced changes in hepatic microsomal enzyme systems: Further studies on the effects of 1,1-di(p-chlorophenyl)-2-chloroethylene (DDMU) in the Japanese quail. *Chemo-Biological Interactions*, 21 (2–3), 203–213. [https://doi.org/10.1016/0009-2797\(78\)90019-4](https://doi.org/10.1016/0009-2797(78)90019-4)
68. Stanquevis, C. E., Furlan, A. C., Marcato, S. M., Oliveira-Bruxel, T. M. de, Perine, T. P., Finco, E. M., Grecco, E. T., Benites, M. I., & Zancanela, V. T. (2021). Calcium and available phosphorus requirements of Japanese quails in early egg-laying stage. *Poultry Science*, 100 (1), 147–158. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.030>

69. Starck, J. M. (2020). Morphology of the avian yolk sac. *Journal of Morphology*, 282 (7), 959–972. <https://doi.org/10.1002/jmor.21262>
70. Suljević, D., Islamagić, E., Čorbić, A., Fočak, M., & Filipić, F. (2019). Chronic cadmium exposure in Japanese quails perturbs serum biochemical parameters and enzyme activity. *Drug and Chemical Toxicology*, 43 (1), 37–42. <https://doi.org/10.1080/01480545.2019.1614024>
71. Suzuki, H., & Yamamoto, T. (2022). CXCL14-like immunoreactivity in somatostatin-producing cells of the Japanese quail (*Coturnix japonica*) pancreas. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 52 (2), 158–162. <https://doi.org/10.1111/ahc.12864>
72. Ubuka, T., Parhar, I. S., & Tsutsui, K. (2018). Gonadotropin-inhibitory hormone mediates behavioral stress responses. *General and Comparative Endocrinology*, 265, 202–206. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.03.004>
73. Vitorino Carvalho, A., Hennequet-Antier, C., Crochet, S., Bordeau, T., Couroussé, N., Cailleau-Audouin, E., Chartrin, P., Darras, V. M., Zerjal, T., Collin, A., & Coustham, V. (2020). Embryonic thermal manipulation has short and long-term effects on the development and the physiology of the Japanese quail. *PLoS ONE*, 15(1), e0227700. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227700>
74. Walker, D. J., Zimmer, C., Larriva, M., Healy, S. D., & Spencer, K. A. (2019). Early-life adversity programs long-term cytokine and microglia expression within the HPA axis in female Japanese quail. *Journal of Experimental Biology*, 222 (Pt 6). <https://doi.org/10.1242/jeb.187039>
75. Wang, B., Li, Y., Wang, P., Hua, Z., Zhang, S., Yang, X., & Zhang, C. (2024). Selenium-enriched yeast regulates aquaporins to alleviate atrazine-induced hepatic ionic homeostasis disturbance in Japanese quails. *International Journal of Biological Macromolecules*, 280, 135720. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135720>
76. Wang, D., Xu, C., Wang, T., Li, H., Li, Y., Ren, J., Tian, Y., Li, Z., Jiao, Y., Kang, X., & Liu, X. (2016). Discovery and functional characterization of leptin and its receptors in Japanese quail (*Coturnix japonica*). *General and Comparative Endocrinology*, 225, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2015.09.003>
77. Wierzbicki, R., Orlando, M., Tentori, L., & Vivaldi, G. (1973). The hemoglobin of quail erythrocyte nuclei. *Annali Dell'istituto Superiore di Sanita*, 9 (2), 176–179.
78. Wild, J. M., & Balthazart, J. (2013). Neural pathways mediating control of reproductive behavior in male Japanese quail. *Journal of Comparative Neurology*, 521 (9), 2067–2087. <https://doi.org/10.1002/cne.23275>
79. Xu, J.-H., Xu, X.-Y., Huang, X.-Y., Chen, K.-X., Wen, H., Li, M., & Liu, J.-S. (2024). Long-term fasting induced basal thermogenesis flexibility in female Japanese quails. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 292, 111611. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2024.111611>
80. Zhu, X., He, Y., Zhang, Q., Ma, D., & Zhao, H. (2023). Lead induced disorders of lipid metabolism and glycometabolism in the liver of developmental Japanese quails (*Coturnix japonica*) via inhibiting PI3K/Akt signaling pathway. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 263, 109489. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2022.109489>
81. Zimmer, C., Larriva, M., Boogert, N. J., & Spencer, K. A. (2017). Transgenerational transmission of a stress-coping phenotype programmed by early-life stress in the Japanese quail. *Scientific Reports*, 7 (1). <https://doi.org/10.1038/srep46125>

#### ORCID

Ye. Livoshchenko 

<https://orcid.org/0000-0001-5826-4824>

V. Pavlovskiy 

<https://orcid.org/0000-0002-8843-1205>



2024 Livoshchenko Ye. and Pavlovskiy V. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.