

ОСНОВНЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ПРИ ЗАМЕНЕ В РАЦИОНЕ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ОПРЕДЕЛЕННЫХ БЕЛКОВЫХ КОМПОНЕНТОВ

Зайцев С. Ю.* — д-р хим. наук, д-р биол. наук, вед. науч. сотр., руководитель группы аналитической биохимии (ORCID 0000-0003-1533-8680); Колесник Н. С. — канд. биол. наук, стар. науч. сотр., отд. физиологии и биохимии с/х животных (ORCID: 0000-0002-4267-5300); Савина А. А. — науч. сотр., гр. аналитической биохимии (ORCID 0000-0003-0257-1643); Воронина О. А. — канд. биол. наук, вед. науч. сотр., гр. аналитической биохимии (ORCID 0000-0002-6774-4288).

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста».

*s.y.zaitsev@mail.ru.

Ключевые слова: птицеводство, пищеварение птицы, Смена 9, биохимия антиоксидантный статус крови.

Key words: poultry farming, poultry digestion, Shift 9, biochemistry, antioxidant status of blood.

Финансирование: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-16-00095, <https://rscf.ru/project/25-16-00095/>.

Благодарности: заведующему кафедрой физиологии, этологии и биохимии животных РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, проф., д-ру биол. наук В. Г. Вертинскому и его сотрудникам А. В. Кралининой и В. В. Лопатиной за помощь в работе.

Поступила в редакцию / Received: 20.01.2026

Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026

Принята к печати / Accepted: 25.06.2026



РЕФЕРАТ. Включение рапса в рацион бройлеров позволяет повысить уровень протеина без увеличения объема корма, но антипитательные компоненты рапса могут оказывать влияние на морфологические показатели крови: глюкозинолаты подавляют функцию щитовидной железы, опосредованно влияя на эритропоэз, а фитиновая кислота нарушает усвоение железа и меди, необходимых для синтеза гемоглобина. Таким образом, этот анализ необходим для оценки физиологического состояния птицы при добавлении семян рапса в различных дозах. Целью работы было изучение морфологических показателей крови при замене в рационе цыплят-бройлеров определенных белковых компонентов. При замене 10% от массы корма существенных изменений морфологического состава крови не было, уменьшалось количество базофилов на 20,7 %, что может положительно сказываться на иммунном статусе организма цыплят-бройлеров. При замене в рационе 25 % и 50 % от массы корма семенами рапса снижается количество лейкоцитов на 41,2 % и на 32,3 %, соответственно, но показатели находятся в пределах референсных значений, поэтому не могут оцениваться в качестве симптома, сопровождающего отклонения в организме. Количество эозинофилов увеличивалось в 3 и 4 опытных группах на 48,1 % и на 36,4 %, что остается в пределах физиологической нормы и только косвенно может указывать на воспалительный процесс в организме птицы. Для составления практических рекомендаций по кормлению цыплят-бройлеров добавкой рапса в разных дозировках необходима комплексная оценка морфологических показателей, биохимических анализов крови и химуса.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Добавление рапса в рацион животных распространенная в кормлении практика [1]. Она направлена на увеличение количества поступающих в организм протеинов при этом, суточное потребление корма остается прежним. Кроме семян рапса в кормлении цыплят-бройлеров используют: сырой и ферментированный рапсовый жмых, рапсовую муку [2]. Однако содержащиеся в рапсе антипитательные вещества, а также специфический профиль жирных кислот, могут существенно повлиять на метаболические процессы животных, что повлечет за собой изменение морфологических показателей крови [3—6].

Глюкозинолаты под воздействием фермен-

та мирозиназы гидролизуются до более простых токсичных соединений, нитрилов, тиоцианатов, изотиоцианатов, замедляющих процесс поглощения йода щитовидной железой и способствующих развитию гипотиреоза [1—4]. Гормоны Т3 и Т4 являются основными регуляторами обменных процессов и, в частности, влияют на эритропоэз, соответственно, уменьшение их содержания в крови может привести к угнетению синтеза эритропоэтина в почках, что должно будет отразиться на таких показателях, как количество эритроцитов и уровень гемоглобина [5—7].

Фитиновая кислота в свою очередь обладает способностью хелатировать в желудочно-кишечном тракте любые двухвалентные катионы, к

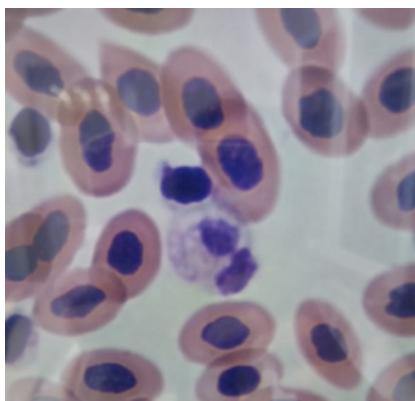


Рисунок 1 — Эритроциты и гетерофил в крови цыплят-бройлеров, окрашенные по методу Паппенгейма-Крюкова.

Figure 1 — Erythrocytes and a heterophil in broiler chicken blood, stained using the Pappenheim-Kryukov method.

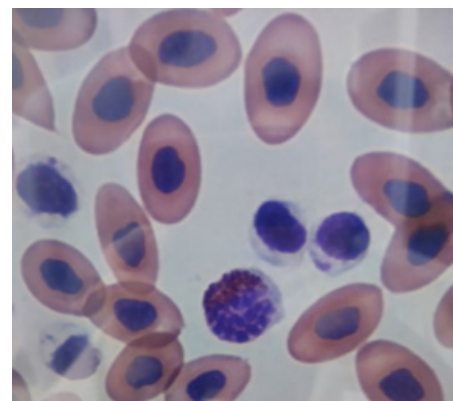
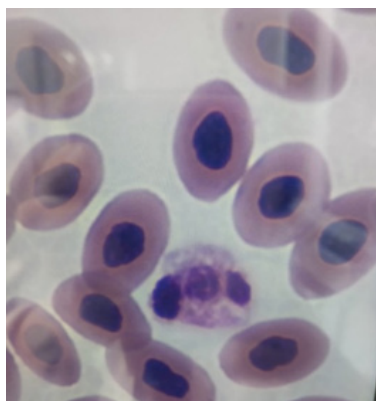


Рисунок 2 — Эритроциты, тромбоциты и базофил в крови цыплят-бройлеров.

Figure 2 — Erythrocytes, thrombocytes, and a basophil in broiler chicken blood.

которым относятся катион железа, являющийся основным компонентом гема, и катион меди, ко-фактор ферментов метаболизма железа [8].

Таким образом, изучение морфологических показателей крови бройлеров при добавлении в рацион долей рапса, превышающих рекомендуемые нормы, является важным этапом на пути понимания влияния антипитательных веществ на кислородотранспортную функцию и иммунный статус организма.

Целью работы было изучение морфологических показателей крови при замене в рационе цыплят-бройлеров определенных белковых компонентов.

Основные задачи:

1. Изучить влияние вводимых в рацион семян рапса, превышавших рекомендуемые нормы в несколько раз, на морфологические показатели крови цыплят-бройлеров.

2. Выполнить статистическую обработку, проанализировать полученные результаты и подготовить заключение по данному этапу для отчета.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS.

Физиологические опыты. Предварительно физиологизированные цыплята были разделены на 5 групп, 10 голов в контрольной группе, по 5 голов в каждой опытной группе. Условия кормления для этих групп

в эксперименте: 1 контрольная группа — получала основной рацион; 2 опытная — получала основной рацион с добавлением 10 % семян рапса; 3 опытная группа — 25 % семян рапса; 4 опытная группа — получала основной рацион с добавлением 50 % семян рапса; 5 опытная группа — получала основной рацион с добавлением 75 % семян рапса.

Кровь (1,5—2,0 мл) отбирали в конце каждой серии эксперимента в утренние часы в состоянии натошак из подкрыльцовой вены с помощью тонкой медицинской иглы (П-02).

Морфологические исследования крови. Определяли показатели количества лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина при помощи полуавтоматического морфологического анализатора MicroCC-20Plus. Подготовку мазков крови для подсчета лейкоцитарной формулы проводили по методу Паппенгейма-Крюкова, предполагающего комбинированную окраску мазков крови фиксатором-красителем Мая-Грюнвальда и красителем Романовского-Гимза. Сначала сухой мазок покрывали 2 мл готовой краски Мая-Грюнвальда с фиксирующим агентом и оставляли на 5—10 мин, а затем, не высушивая, на мазок наливали краску Романовского-Гимзы на 15—20 мин, после чего смывали ее дистиллированной водой и высушивали препарат на воздухе (рис. 1, 2) [9].

Таблица 1 — Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе разных доз семян рапса (n=5), 1 серия

Table 1 — Morphological blood parameters of broiler chickens fed diets containing various doses of rapeseed (n=5), Series 1

Показатель	Группа			
	Контрольная	2 опытная (25%)	3 опытная (50%)	4 опытная (75%)
Количество лейкоцитов, $\times 10^9/\text{л}$	34 $\pm$ 3,9	20 $\pm$ 2,6 ^a	23 $\pm$ 2,8 ^a	26 $\pm$ 3,8
Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$	2,6 $\pm$ 0,29	2,6 $\pm$ 0,10	2,5 $\pm$ 0,12	2,3 $\pm$ 0,08
Гемоглобин, г/л	105 $\pm$ 17,2	84 $\pm$ 4,8	78 $\pm$ 2,9	87 $\pm$ 5,2
Гематокрит, %	32 $\pm$ 3,8	30 $\pm$ 0,7	29 $\pm$ 1,2	28 $\pm$ 0,7

Примечание ^a — различие статистически значимо по сравнению с контрольной группой, при $p < 0,05$.

Таблица 2 — Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе разных доз семян рапса (n=5) 2 серия**Table 2 — Morphological blood parameters of broiler chickens fed diets containing various doses of rapeseed (n=5), Series 2**

Показатель	Группа	
	Контрольная	1 опытная (10 %)
Количество лейкоцитов, $\times 10^9/\text{л}$	33 $\pm$ 2,1	30 $\pm$ 3,2
Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$	2,8 $\pm$ 0,27	2,3 $\pm$ 0,25
Гемоглобин, г/л	105 $\pm$ 17,2	79 $\pm$ 7,6
Гематокрит, %	32 $\pm$ 3,8	29 $\pm$ 2,5

Примечание ^a — различие статистически значимо по сравнению с контрольной группой, при $p < 0,05$.

Весь цифровой материал обрабатывали методом вариационной статистики с использованием t-критерия и таблиц Стьюдента программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. С учетом того, что дозы, вводимых в рацион семян рапса превышали рекомендуемые нормы в несколько раз, была поставлена задача изучить влияние данного фактора на морфологические показатели крови. Результаты представлены в табл. 1—4.

Данные таблицы показали, что при замене в рационе 25 % от массы корма семенами рапса снижается количество лейкоцитов на 41,2 %, что находится в границах физиологической нормы [10]. При этом соотношение лимфоцитов и гетерофилов, остальных гематологических показателей крови существенно не изменяется. При замене 50 % от массы корма на семена рапса содержание лейкоцитов в крови бройлеров снижалось на 32,3 % ($p < 0,05$), количество лимфоцитов снижалось на 13,6 % ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой, при этом все показатели остались в пределах референсных значений, что согласуется с данными Севостьяновой О. И. и др., 2020 [11].

Данные таблицы показали, что замена в рационе цыплят-бройлеров 10 % от массы корма семенами рапса не оказывает существенного влияния на морфологический состав крови.

При замене 25 % соотношение лимфоцитов и гетерофилов, остальных гематологических показателей крови существенно не изменяется. При замене 50 % от массы корма наблюдается снижение количества лимфоцитов на 13,6 % ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой, но показатель остается в пределах физиологической нормы, а также соотношения между лимфоцитами и гетерофилами, что может указывать на стрессовый фактор или активную работу иммунной системы по защите организма [12]. Количество эозинофилов увеличивалось в 3 опытной группе на 48,1 % и на 36,4 % в 4 опытной группе, что остается в пределах физиологической нормы по содержанию в крови гранулоцитов, но косвенно может указывать на воспалительный процесс в организме птицы [13].

При замене 10 % от массы корма уменьшается количество базофилов на 20,69 % по сравнению с контрольной группой, что следует рассматривать, как положительный момент в лейкоформуле у цыплят [14]. Стабильность показателей эозинофилов и моноцитов говорит об отсутствии влияния добавки на паразитарный иммунитет и систему мононуклеарных фагоцитов в крови цыплят бройлеров.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION.

1. Выполнен морфологический анализ крови, полученной в эксперименте от 30 цыплят-бройле-

Таблица 3 — Лейкоцитарная формула крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе разных доз семян рапса (n=5) 1-я серия**Table 3 — Leukocyte formula of broiler chicken blood with the inclusion of different doses of rapeseed in the diet (n=5), Series 1**

Показатель	Группа			
	Контрольная	2 опытная (25%)	3 опытная (50%)	4 опытная (75%)
Лимфоциты, %	56,0 $\pm$ 1,10	56,3 $\pm$ 0,54	48,8 $\pm$ 0,70 ^a	52,7 $\pm$ 1,02
Гетерофилы, %	24,5 $\pm$ 0,21	23,0 $\pm$ 0,95	26,8 $\pm$ 0,95	25,0 $\pm$ 1,02
Соотношение лимфоцитов к гетерофилам	2,22	2,42	1,82	2,1
Базофилы, %	5,8 $\pm$ 0,21	5,2 $\pm$ 0,21	5,8 $\pm$ 0,54	4,7 $\pm$ 0,23 ^a
Эозинофилы, %	7,0 $\pm$ 1,3	10,0 $\pm$ 0,50	13,5 $\pm$ 0,50 ^a	11,0 $\pm$ 0,40 ^a
Моноциты, %	5,8 $\pm$ 0,65	5,3 $\pm$ 0,41	5,3 $\pm$ 0,54	6,7 $\pm$ 0,47

Примечание ^a — различие статистически значимо по сравнению с контрольной группой, при $p < 0,05$.

Таблица 4 — Лейкоцитарная формула крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе разных доз семян рапса (n=5) 2-я серия

Table 4 — Leukocyte formula of broiler chicken blood with the inclusion of various doses of rapeseed in the diet (n=5), Series 2

Показатель	Группа	
	Контрольная	1 опытная (10%)
Лимфоциты, %	51,7±4,27	49,6±2,70
Гетерофилы, %	32,2±4,44	35,9±2,40
Соотношение лимфоцитов к гетерофилам	1,61	1,38
Базофилы, %	2,9±1,79	2,3±0,41 ^a
Эозинофилы, %	7,3±2,05	7±0,6
Моноциты, %	5,8±2,57	5,5±0,63

Примечание ^a — различие статистически значимо по сравнению с контрольной группой, при $p < 0,05$.

ров с фистулой 12-перстной кишки при использовании в рационе разного количества семян рапса.

2. Представлены данные статистической обработки данных, указаны статистически значимые различия между показателями в одной группе цыплят и между разными группами.

3. При замене 10 % от массы корма существенных изменений морфологического состава крови не было, уменьшалось количество базофилов на 20,69 %, что может положительно сказываться на иммунном статусе организма цыплят-бройлеров. При замене в рационе 25 % и 50 % от массы корма семенами рапса снижается количество лейкоцитов на 41,2

% и на 32,3 %, соответственно, но показатели находятся в пределах референсных значений, поэтому не могут оцениваться в качестве симптома, сопровождающего отклонения в организме. Количество эозинофилов увеличивалось в 3 и 4 опытных группах на 48,1 % и на 36,4 %, что остается в пределах физиологической нормы и только косвенно может указывать на воспалительный процесс в организме птицы.

4. Для составления практических рекомендаций по кормлению цыплят-бройлеров добавкой рапса в разных дозировках необходима комплексная оценка морфологических показателей, биохимических анализов крови и химуса.

MAIN MORPHOLOGICAL INDICATORS OF BLOOD BY REPLACING CERTAIN PROTEIN COMPONENTS IN THE DIET OF BROILER CHICKENS

Zaitsev S. Yu.* — Doctor of Chemical Sciences, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Head of the Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0003-1533-8680); **Kolesnik N. S.** — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals (ORCID 0000-0002-4267-5300); **Savina A. A.** — Researcher, Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0003-0257-1643); **Voronina O. A.** — Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0002-6774-4288).

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst.

*s.y.zaitsev@mail.ru.

Funding: this study was supported by Russian Science Foundation, grant No. 25-16-00095, <https://rscf.ru/project/25-16-00095/>.

Acknowledgments: to Professor V. G. Vertiprakhov, Head of the Department of Animal Physiology, Ethology, and Biochemistry at the K. A. Timiryazev Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy, and Doctor of Biological Sciences, and his staff members A. V. Kralina and V. V. Lopatina for their assistance with this work.

ABSTRACT. Including rapeseed in broiler diets increases protein levels without increasing feed volume. However, anti-nutritional components of rapeseed can affect blood morphological parameters: glucosinolates suppress thyroid function, indirectly affecting erythropoiesis, while phytic acid impairs the absorption of iron and copper, which are necessary for hemoglobin synthesis. Therefore, this analysis is necessary to assess the physiological state of birds when adding rapeseed at various doses. The aim of this study was to examine blood morphological parameters after replacing specific protein components in the broiler chicken diet. A 10 % feed replacement did not significantly alter blood morphological composition; basophil counts decreased by 20,7 %, which may positively impact the immune status of broiler chickens. Replacing 25 % and 50 % of the feed weight with rapeseed in the diet resulted in a 41,2 % and 32,3 % reduction in white blood cell counts, respectively. However, these values are within reference limits and therefore cannot be considered a symptom of abnormalities.

Eosinophil counts increased in experimental groups 3 and 4 by 48,1 % and 36,4 %, respectively, which remains within physiological norms and can only indirectly indicate an inflammatory process in the bird's body. To develop practical recommendations for feeding broiler chickens with rapeseed supplements at various dosages, a comprehensive assessment of morphological parameters, blood biochemistry, and chyme analysis is necessary.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воловик В. Т., Шпаков А. С. Производство рапса в Центральной России: состояние и перспективы // Кормопроизводство. — 2020. — №. 10. — С. 3—8. DOI: 10.25685/krm.2020.83.54.001.
2. Gao M., Cieślak A., Kierończyk B., Huang H., Yanza Y. R., Zaworska-Zakrzewska A., Józefiak D., Szumacher-Strabel M. Effects of Raw and Fermented Rapeseed Cake on Growth Performance, Methane Production, and Breast Meat Fatty Acid Composition in Broiler Chickens. *Animals*. 2020; 10(12):2250. DOI: 10.3390/ani10122250.
3. Tripathi, M.K. & Mishra, A.. (2007). Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology* — ANIM FEED SCI TECH. 132. 1—27. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.03.003.
4. Mawson R., Heaney R. K., Zduńczyk Z., Kozłowska H. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part 5. Animal reproduction. *Nahrung*. 1994;38(6):588—98. DOI: 10.1002/food.19940380607. PMID: 7838215.
5. Schöne F., Tischendorf F., Leiterer M., Hartung H., Bargholz J. Effects of rapeseed-press cake glucosinolates and iodine on the performance, the thyroid gland and the liver vitamin A status of pigs. *Arch Tierernähr*. 2001;55(4):333—50. DOI: 10.1080/17450390109386201. PMID: 12357593.
6. Севостьянова, О. И. Морфологический и биохимический состав крови цыплят-бройлеров при введении в рацион разработанного агрегативноустойчивого витаминно—минерального комплекса на основе селена в условиях смоделированного теплового стресса / О. И. Севостьянова, В. А. Оробец, Е. А. Соколова, Е. С. Кастарнова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. — 2020. — № 2. — С. 24—26. DOI: 10.33861/2071-8020-2020-2-24-26. УДК 619:546.23.
7. Davila S. G. Association between Vent Pecking and Fluctuating Asymmetry, Heterophil to Lymphocyte Ratio, and Tonic Immobility Duration in Chickens / S. G. Davila, J. L. Campo, M. G. Gil [et al.] // *Applied Animal Behaviour Science*. — 2008. — Vol. 116, iss. 2—4. — P. 209—217. DOI: 10.1016/j.applanim.2008.08.013.
8. Веретенникова, М. А. Особенности клеточного состава крови бройлеров кросса Смена 9 / М. А. Верепенникова, С. А. Гриценко // Вестник Южно—Уральского государственного аграрного университета. — 2023. — № 1. — С. 50—58.

REFERENCES

1. Volovik V. T., Shpakov A. S. Rapeseed production in Central Russia: status and prospects // *Forage production*. — 2020. — No. 10. — P. 3—8. DOI: 10.25685/krm.2020.83.54.001.
2. Gao M., Cieślak A., Kierończyk B., Huang H., Yanza Y. R., Zaworska-Zakrzewska A., Józefiak D., Szumacher-Strabel M. Effects of Raw and Fermented Rapeseed Cake on Growth Performance, Methane Production, and Breast Meat Fatty Acid Composition in Broiler Chickens. *Animals*. 2020; 10(12):2250. DOI: 10.3390/ani10122250.
3. Tripathi, M.K. & Mishra, A.. (2007). Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology* — ANIM FEED SCI TECH. 132. 1—27. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.03.003.
4. Mawson R., Heaney R. K., Zduńczyk Z., Kozłowska H. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part 5. Animal reproduction. *Nahrung*. 1994;38(6):588—98. DOI: 10.1002/food.19940380607. PMID: 7838215.
5. Schöne F., Tischendorf F., Leiterer M., Hartung H., Bargholz J. Effects of rapeseed-press cake glucosinolates and iodine on the performance, the thyroid gland and the liver vitamin A status of pigs. *Arch Tierernähr*. 2001;55(4):333—50. DOI: 10.1080/17450390109386201. PMID: 12357593.
6. Sevostyanova, O. I. Morphological and biochemical composition of the blood of broiler chickens when introducing into the diet the developed aggregation—stable vitamin—mineral complex based on selenium under conditions of simulated heat stress / O. I. Sevostyanova, V. A. Orobets, E. A. Sokolova, E. S. Kastarnova // *Veterinary science, animal science and biotechnology*. — 2020. — No. 2. — P. 24—26. DOI: 10.33861/2071-8020-2020-2-24-26. UDC 619:546.23.
7. Davila S. G. Association between Vent Pecking and Fluctuating Asymmetry, Heterophil to Lymphocyte Ratio, and Tonic Immobility Duration in Chickens / S. G. Davila, J. L. Campo, M. G. Gil [et al.] // *Applied Animal Behaviour Science*. — 2008. — Vol. 116, iss. 2—4. — P. 209—217. DOI: 10.1016/j.applanim.2008.08.013.
8. Veretennikova, M. A. Features of the cellular composition of the blood of broilers of the Smena 9 cross / M. A. Verepennikova, S. A. Gritsenko // *Bulletin of the South Ural State Agrarian University*. — 2023. — No. 1. — P. 50—58.