

АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС ПЕРЕПЕЛОВ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОБИОТИКА И ЦЕОЛИТА

© 2024 г. **В. В. Герасименко**, доктор биологических наук, **А. А. Еремина**, аспирант, **М. В. Сычева**, доктор биологических наук, **О. Ю. Ежова**, кандидат биологических наук, **В. А. Шахов**, доктор технических наук, **Р. З. Мустафин**, кандидат биологических наук

Оренбургский государственный аграрный университет,
460014, Оренбург, ул. Челюскинцев, 18
E-mail: na_er_1999@mail.ru

Исследования проводили с целью определения влияния комплексного использования культуры *Enterococcus faecium* RCAM05160 и синтетического цеолита типа NaX на антиоксидантный статус перепелов породы Феникс. Птица опытной группы с суточного возраста, помимо основного рациона, ежедневно получала взвесь культуры *E. faecium* RCAM05160 с концентрацией клеток $1 \cdot 10^9$ в 1 мл из расчета 0,1 мл на 1 кг живой массы и синтетический цеолит типа NaX в количестве 3 % от массы корма совместно со скормливанием основного рациона. Продолжительность эксперимента – 42 дня. Антиоксидантный статус организма перепелов оценивали по следующим параметрам: активность супероксиддисмутазы, каталазы и церулоплазмينا, концентрация малонового диальдегида, антиокислительная активность плазмы крови. В опытной группе активность супероксиддисмутазы в конце периода наблюдения была статистически значимо выше, чем в контрольной, на 7,0 %, каталазы – на 30,2 %, церулоплазмин – на 33,5 %. Концентрация малонового диальдегида, одного из основных продуктов ПОЛ, на 42-е сутки эксперимента в опытной группе была ниже на 13,6 %, а общая антиокислительная активность – выше на 20,7 %. В течение всего эксперимента наибольший прирост живой массы наблюдали у перепелов опытной группы. Выход мяса полупотрошенной и потрошенной тушки в опытной группе был выше на 6,67 % и 9,49 % соответственно. Комплексное использование культуры *E. faecium* RCAM05160 и синтетического цеолита типа NaX при выращивании перепелов оказывает положительное влияние на антиоксидантный статус перепелов, динамику живой массы и показатели мясной продуктивности.

ANTIOXIDANT STATUS OF QUAILS WITH THE COMPLEX USE OF PROBIOTIC AND ZEOLITE

V. V. Gerasimenko, A. A. Eremina, M. V. Sycheva, O. Yu. Ezhova, V. A. Shakhov, R. Z. Mustafin

Orenburg State Agrarian University,
460014, Orenburg, ul. Chelyuskintsev, 18
E-mail: na_er_1999@mail.ru

The study was conducted to determine the effect of the combined use of *Enterococcus faecium* RCAM05160 culture and synthetic zeolite NaX on the antioxidant status of Phoenix quail. In addition to the main diet, the experimental group of birds were given daily, from the age of one day, a suspension of *E. faecium* RCAM05160 culture with a cell concentration of 1×10^9 in 1 ml at a rate of 0.1 ml per 1 kg of live weight and synthetic zeolite NaX in an amount of 3 % of the feed weight together with the main diet. The duration of the experiment was 42 days. The antioxidant status of the quail body was assessed by the following parameters: activity of superoxide dismutase, catalase and ceruloplasmin, concentration of malonic dialdehyde, antioxidant activity of blood plasma. In the experimental group, the activity of superoxide dismutase at the end of the observation period was statistically significantly higher than in the control group by 7.0 %, catalase – by 30.2 %, ceruloplasmin – by 33.5 %. The concentration of malondialdehyde, one of the main products of lipid peroxidation, on the 42nd day of the experiment in the experimental group was lower by 13.6 %, and the total antioxidant activity was higher by 20.7 %. Throughout the experiment, the greatest increase in live weight was observed in quails of the experimental group. The yield of semi-eviscerated and eviscerated carcasses in the experimental group was higher by 6.67 % and 9.49 %, respectively. The combined use of *E. faecium* RCAM05160 culture and synthetic NaX-type zeolite in quail cultivation has a positive effect on the antioxidant status of quails, live weight dynamics and meat productivity indicators.

Ключевые слова: пробиотик; цеолит; перепела; продуктивность; живая масса; антиоксидантный статус.

Keywords: probiotic; zeolite; quail; productivity; live weight; antioxidant status.

Птицеводство – одна из наиболее интенсивно развивающихся отраслей сельского хозяйства, что обусловлено быстрым ростом птицы и более высоким выходом продукции с единицы производственной площади. Одна из актуальных проблем современной прикладной биологии в птицеводстве – оптимизация процессов адаптации сельскохозяйственной птицы к постоянно изменяющимся условиям внешней среды. Поиск новых отечественных биологически активных добавок, предназначенных для оптимизации метаболических процессов в организме птицы в стрессовых условиях, – важное направление развития отрасли. В свою очередь, стимуляция метаболических процессов может способствовать повышению жизнеспособности

поголовья, увеличению продуктивности и качества продукции.

Стресс – неотъемлемый элемент промышленной технологии содержания птиц. Под влиянием стрессовых факторов различной природы (перепады температур, содержание токсинов микробиологического происхождения в корме, развитие инфекционного процесса) происходит чрезмерная активация перекисного окисления липидов (ПОЛ), что приводит к развитию окислительного стресса. В этих условиях организм птицы расходует значительное количество энергии и биологически активных веществ не на рост и развитие, а на сохранение гомеостаза и поддержание жизненных функций. На сегодняшний день окислительный стресс рассматривается

в качестве универсального неспецифического звена патогенеза многих заболеваний, причины снижения темпов роста птицы, ухудшения качества мяса и, как следствие, повышения производственных затрат [1].

Для обеспечения развития отрасли необходим поиск новых путей коррекции нарушений, сопровождающих окислительный стресс, и повышения продуктивности сельскохозяйственной птицы. Среди биологически активных кормовых добавок особый интерес представляют экологически безопасные стимуляторы продуктивности животных, к числу которых можно отнести пробиотики, цеолиты, лекарственные растения и др.

На сегодняшний день в литературе отсутствуют данные о комплексном использовании цеолита типа NaX и культуры бактерий *Enterococcus faecium* RCAM05160 в качестве кормовой добавки, влияющей на антиоксидантный статус сельскохозяйственных животных, а в состав существующих средств входят другие компоненты. Например, известна кормовая добавка для профилактики микотоксикозов птицы Цеотон, включающая природный цеолит и тиосульфат натрия [2].

Ранее было установлено положительное влияние на усвояемость компонентов корма, а также обменные процессы и, как следствие, мясную продуктивность совместного использования культуры *E. faecium* RCAM05160 и цеолита типа NaX в кормлении перепелов [3]. Важно отметить, что бактерии *E. faecium* входят в состав нормальной микрофлоры сельскохозяйственной птицы, в том числе перепелов, что обуславливает безопасность их включения в рацион птицы в качестве биологически активной добавки [4]. Результаты современных исследований свидетельствуют о положительном влиянии пробиотиков на коррекцию окислительного стресса сельскохозяйственной птицы [5]. Все изложенное позволяет рассматривать культуру *E. faecium* RCAM05160 в качестве перспективной пробиотической добавки с целью коррекции нарушений, сопровождающих окислительный стресс.

Применение цеолитов в кормлении животных и птиц обусловлено их сорбционными, ионно-обменными и каталитическими свойствами. Имеющиеся результаты использования цеолитов природного и синтетического происхождения в птицеводстве и животноводстве свидетельствуют об их положительном влиянии на зоотехнические, морфологические и биохимические показатели, антиоксидантный статус и естественную резистентность организма [6, 7, 8].

На основании изложенного можно предположить, что в комплексе перечисленные кормовые добавки, показавшие хорошие результаты в качестве однокомпонентного средства для оптимизации антиоксидантного статуса и при сочетании использования с целью повышения продуктивности сельскохозяйственной птицы, будут эффективны и в отношении нивелирования последствий окислительного стресса.

Цель исследования – определить эффективность комплексного использования культуры *E. faecium* RCAM05160 и синтетического цеолита типа NaX для коррекции антиоксидантного статуса перепелов породы Феникс.

Методика. В 2023–2024 гг. в условиях вивария ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ согласно общепринятой методике проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы [9] был поставлен опыт на перепелах породы Феникс. Методом пар-аналогов сформировали 2 группы по 35 голов: контрольная и опытная. Всю птицу содержали в одинаковых условиях. Температуру в первую неделю

эксперимента поддерживали на уровне 35...37 °С, затем ее снижали каждую неделю на 2 °С. Таким образом, к концу эксперимента она достигла оптимальной для содержания перепелов репродуктивного возраста и составляла 20...21 °С. Относительная влажность воздуха находилась в пределах 65...75 %, освещение птичника в первые две недели было круглосуточным, затем его сократили до 16 ч в сутки. Птица имела постоянный свободный доступ к корму и воде. Кормление осуществляли сухими сбалансированными комбикормами с параметрами питательности, соответствующими рекомендуемым нормам кормления [10]. Перепела опытной группы с точного возраста, помимо основного рациона, ежедневно получали взвесь культуры *E. faecium* RCAM05160 с концентрацией клеток 1×10^9 в 1 мл из расчета 0,1 мл на 1 кг живой массы и синтетический цеолит типа NaX в количестве 3 % от массы корма совместно с основным рационом. Оптимальная дозировка культуры бактерий и цеолита была обоснована в ранее проведенных исследованиях [3, 7]. Взвесь культуры *E. faecium* RCAM05160 вносили в определенный объем питьевой воды, который рассчитывали, исходя из суточной потребности птицы. Цеолит перед использованием измельчали до размеров гранул комбикорма. Продолжительность опыта составила 42 дня.

С начала наблюдения и по 21-е сутки эксперимента все анализируемые показатели фиксировали суммарно для самцов и самок, с 21-е по 42-е сутки – исследование осуществляли только в отношении самок. Разделение молодняка по полу обусловлено значительными различиями зоотехнических показателей: самки перепелов, как правило, имеют большую массу и, как следствие, показатели мясной продуктивности, что, безусловно, имеет значение в условиях промышленного птицеводства.

Определение пола осуществляли с учетом морфологических и этологических данных (окрас, поведение, строение клоаки, наличие секрета). В результате разделения объем контрольной группы составил 29 самок, опытной – 31. Для чистоты эксперимента численность обеих групп с 21-й недели сократили до 29 особей.

За всеми перепелами устанавливали наблюдение, при этом особое внимание обращали на клиническое состояние, сохранность, динамику живой массы. В течение всего опыта еженедельно до утреннего кормления проводили индивидуальное взвешивание перепелат каждой группы.

Анализ крови проводили в центре оценки и экспертизы ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ. Забор крови для оценки показателей антиоксидантного статуса проводили у 5 птиц из каждой группы на 1-е, 21-е и 42-е сутки эксперимента. Антиоксидантный статус организма перепелят оценивали по следующим параметрам: активность супероксиддисмутазы, каталазы и церулоплазмينا [11], концентрация малонового диальдегида [12], антиокислительная активность плазмы крови [13]. В конце эксперимента проводили контрольный убой по 3 головы из каждой группы с целью анатомической разделки тушек и оценки показателей мясной продуктивности. Отбор птиц для убоя проводили с учетом медианных показателей для группы наблюдения в целом.

Статистическую обработку данных осуществляли посредством определения следующих непараметрических критериев: U-критерия Манна-Уитни – для независимых выборок и T-критерий Вилкоксона – для зависимых выборок с использованием модуля надстройки AtteStat (GNU General Public License version 3.0) для работы с электронными таблицами Microsoft Office Excel. Данные, анализируемые с использованием непараметриче-

ских критериев, приведены в виде «медиана (25-й; 75-й процентиль)». Выбор непараметрических критериев в отношении ряда показателей обоснован малым объемом сравниваемых статистических данных ($n=3; 5$), что не позволяет получить явные подтверждения гипотезы нормальности распределения. Обработку показателей живой массы проводили посредством определения Т-критерия Стьюдента; данные далее по тексту указаны в виде « $M \pm m$ », где M – среднее арифметическое, m – ошибка среднего арифметического. Различия между группами считали значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. За время опыта сохранность птиц в контрольной и опытной группах составила 94,3 % и 97,1 % соответственно.

Концентрация антиоксидантных ферментов в крови – важный маркер стрессов различной этиологии [14]. Они жизненно важны для удаления избытка активных форм кислорода. Результаты изучения активности супероксиддисмутазы свидетельствуют, что ее медианное значение снижалось с возрастом птицы, однако различия не были статистически значимыми (табл. 1). Так, в крови суточных перепелят она находилась на уровне 1215,0 Ед/г Нв. В контрольной группе с суточного до 21-дневного возраста отмечали уменьшение активности фермента на 7,0 %, в опытной – на 1,4 %. Такая тенденция сохранялась и в течение трех следующих недель учетного периода. При этом в возрасте 21 день активность энзима в крови перепелят опытной группы была достоверно выше, чем в контрольной, на 6,0 %, в 42 дня – на 7,0 %.

Комплексное использование исследуемых кормовых добавок в опытной группе повлекло за собой стойкое повышение активности каталазы во все исследуемые возрастные периоды (см. табл. 1). При этом возрастная динамика изменения величины этого показателя в обеих группах выглядела практически одинаково. Статистически значимые различия в опытной группе относительно контрольной наблюдали на 42-е сутки исследования, разница составила 30,2 %.

Используемые кормовые добавки статистически значимо повышали активность церулоплазмينا относительно контроля в течение всего периода наблюдения, разница на 21-е сутки исследования составила 22,9 % на 42-е – 33,5 % (см. табл. 1).

Малоновый диальдегид – один из основных продуктов ПОЛ, а его концентрация в сыворотке крови во многом зависит от активности основных ферментов антиоксидантной защиты организма. Оценка возрастной динамики изменения его концентрации в сыворотке крови перепелов показала снижение величины этого показателя в обеих группах (табл. 2). Статистически значимые различия (13,6 %) между опытной и контрольной группами наблюдали в конце периода наблюдения.

Общая антиокислительная способность плазмы крови зависит как от факторов ферментативной природы, так и от других компонентов, осуществляющих защиту организма от перекисей и свободных радикалов. Определение антиоксидантной активности плазмы крови перепелов дает возможность оценить антиоксидантную защиту организма перепелов в целом. Комплексное использование культуры *E. faecium* RCAM05160 и синтетического цеолита типа NaX оказало положительное воздействие на антиокислительные резервы организма перепелов (см. табл. 2). Статистически значимые ($p < 0,05$) различия между показателями антиокислительной активности плазмы крови перепелов на протяжении всего эксперимента наблюдали как в возрастной динамике в обеих группах, так и между птицей контрольной

Табл. 1. Влияние комплексного использования пробиотика и цеолита на активность некоторых антиоксидантных ферментов крови перепелов (медиана (25-й; 75-й процентиль), $n=5$)

Возраст, сут.	Активность супероксиддисмутазы, Ед/г Нв		Активность каталазы, мкмоль H_2O_2 /л·мин		Активность церулоплазмينا, мкмоль/л бензохинона/л·мин	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
1	1215,0 (1203,8; 1234,6)		29,5 (26,7; 31,9)		30,6 (29,3; 31,5)	
21	1130,0 (1129,6; 1144,4)	1198,3 (1108,8; 1200,4)*	30,3 (29,7; 30,9)	40,0 (39,4; 40,7)	40,1 (39,0; 42,7)	49,3 (48,3; 50,3)*
42	1054,9 (1051,1; 1058,1)	1128,9 (1128,4; 1143,6)*	39,8 (37,6; 40,2)	51,8 (51,1; 52,3)*	47,8 (46,6; 48,5)	63,8 (62,6; 64,8)*

*Различия с контрольной группой статистически значимы при $p < 0,05$.

и опытной групп. У птиц, получавших изучаемые кормовые добавки, медианное значение антиокислительной активности плазмы крови было выше, чем у особей контрольной группы, на 21-е сутки на 7,5 %, на 42-е сутки – на 20,7 %.

Уровень окислительного стресса в организме оказывает прямое влияние на его рост и развитие и, следовательно, продуктивность. В целом перепела опытной группы в течение всего опыта демонстрировали достоверно ($p < 0,01$) больший прирост живой массы, по сравнению с контролем. К концу первой недели их масса превышала величину этого показателя в контроле на 9,77 %, в последующие пять недель разница составляла 8,98 %, 3,25 %, 2,79 %, 5,2 % и 3,2 %. К концу периода наблюдения живая масса перепелов опытной группы составляла $231,15 \pm 25,21$ г, в контрольной она была на 3,2 % меньше [3].

Аналогичную закономерность наблюдали при анализе массы полупотрошенных и потрошенных тушек перепелов, которая в опытной группе была значимо выше, чем у птиц в контроле, на 10,5 % и 13,1 % ($p < 0,05$) и составляла соответственно 203,80 г и 189,30 г. Выход мяса полупотрошенной тушки в опытной группе находился на уровне 84,62 %, что на 5,9 % выше, чем в контрольной, для потрошенной тушки величины этих показателей составляли соответственно 78,60 % и 8,4 %. На наш взгляд, одна из причин повышения интенсивности роста и мясной продуктивности перепелов – оптимизация антиоксидантного статуса, отражающего эффективность адаптации птицы к стрессовым условиям.

Изучение активности антиоксидантных ферментов крови перепелов опытной и контрольной групп свидетельствует о позитивном влиянии комплексного исполь-

Табл. 2. Влияние комплексного использования пробиотика и цеолита на концентрацию малонового диальдегида и антиоксидантную активность плазмы крови перепелов (медиана (25-й; 75-й процентиль), $n=5$)

Возраст, сут.	Концентрация малонового диальдегида в сыворотке, мкмоль/л		Антиокислительная активность плазмы, %	
	контроль	опыт	контроль	опыт
1	9,83 (8,95; 9,90)		25,30 (24,87; 25,69)	
21	7,29 (6,98; 7,36)	6,98 (6,54; 7,15)	34,82 (34,02; 35,12)	37,43 (37,12; 37,56)*
42	5,85 (5,53; 5,92)	5,18 (4,96; 5,65)*	51,79 (50,96; 51,82)	62,50 (62,13; 62,97)*

*Различия с контрольной группой статистически значимы при $p < 0,05$.

зования культуры *E. faecium* RCAM05160 и синтетического цеолита типа NaX на процессы антирадикальной защиты. При этом важно отметить, что различия между контрольной и опытной группой в конце наблюдения были статистически значимы в отношении всех исследуемых показателей антиоксидантного статуса, тогда как оценка возрастной динамики активности антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы, каталазы, церулоплазмينا) не показала статистически значимых различий. Авторы ряда исследований полагают, что отсутствие возрастной динамики в показателях ферментативного звена антиоксидантной защиты в организме служат доказательством того, что ее уровень возрастает в основном благодаря неферментативному звену [15].

Одним из возможных факторов увеличения активности антиоксидантных ферментов и общей антиокислительной активности плазмы крови может быть оптимизация минерального статуса организма [16, 17]. Активаторами супероксиддисмутазы, каталазы, церулоплазмينا и других ферментов антиоксидантной защиты служат различные микроэлементы. Увеличение их уровня в сыворотке крови перепелов, получавших комплексную кормовую добавку, может быть закономерной причиной возрастания активности этих ферментов, что требует дальнейшего исследования механизмов действия пробиотика и цеолита в комплексе. Авторы предполагают, что такой результат связан прежде всего с воздействием исследуемых кормовых добавок на процессы усвояемости компонентов корма [3], в том числе минеральных элементов, которые служат активаторами ферментов антиоксидантной защиты организма.

Важно отметить, что наблюдаемый эффект может быть вызван влиянием и пробиотика, и сорбента одновременно. Исследования различных штаммов *E. faecium* показывают суммарное увеличение конверсии корма и некоторых минеральных элементов [18]. Цеолит в качестве минерального сорбента может вызывать изменения количественного и качественного состава кишечной микрофлоры, а также структуры слизистой оболочки кишечника и, следовательно, влиять на эффективность всасывания нутриентов [19, 20].

Результаты, полученные авторами, подтверждаются исследованиями, проведенными с целью изучения эффективности пробиотических препаратов, содержащих различные штаммы *E. faecium*. Так, было показано, что пробиотический препарат, содержащий живые культуры *E. faecium*, уменьшает показатели перекисного окисления липидов и содержание малонового диальдегида, при этом наблюдается также снижение и активности каталазы [21]. Наблюдаемый в нашем исследовании эффект может быть обусловлен присутствием в составе описанной кормовой добавки не только пробиотика, но и небактериальных компонентов. Однако следует отметить, что механизм наблюдаемой оптимизации антиоксидантного статуса птиц требует более детального изучения.

Выводы. Комплексное использование культуры *E. faecium* RCAM05160 и синтетического цеолита типа NaX при выращивании перепелов оказывает позитивное влияние на процессы антиоксидантной защиты и, как следствие, рост и продуктивность птицы. При этом активность супероксиддисмутазы в конце периода исследований была выше, чем у перепелов, потреблявших только основной рацион, на 7,0 %, каталазы – на 30,2 %, церулоплазмينا – на 33,5 %.

Изменение активности антиоксидантных ферментов закономерно отразилось на концентрации в сыворотке крови продуктов перекисного окисления

липидов и уровне общей антиокислительной активности плазмы крови перепелов. Так, концентрация малонового диальдегида на 42-е сутки эксперимента в опытной группе была на 13,6 % ниже, а общая антиокислительная активность – на 20,7 % выше.

При контрольном убое у птицы, потреблявшей изучаемые кормовые добавки, отмечены более высокие медианные значения массы потрошенной и полупотрошенной тушки – 189,30 г и 203,80 г соответственно, что на 17,8 % и 24,0 % выше, чем в контроле.

Таким образом, результаты исследования открывают перспективы для использования культуры *E. faecium* RCAM05160 и синтетического цеолита в составе рациона птиц с целью оптимизации метаболических процессов в организме птицы.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № государственной регистрации 1022071200014-6-4.5.1

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

Эксперименты с животными проводили в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order № 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». Протоколы по использованию животных были одобрены комиссией по биоэтике ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ (приказ № 429 от 18 октября 2021 г.).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов

Литература.

1. *Oxidative stress in poultry production* / O. E. Oke, A. A. Oluwaseun, A. Oni, et al. // *Poultry Science*. 2024. Vol. 103 (2). 104003. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579124005820?via%3Di-hub> (дата обращения: 05.10.2024). doi: 10.1016/j.psj.2024.104003.
2. *Кормовая добавка для профилактики микотоксикозов птицы «Цеотон» и способ ее скармливания* / В. И. Шайкин, А. М. Шадрин, О. А. Донченко и др. Патент РФ № 2262863, 27.10.2005.
3. *Комплексное использование пробиотика и цеолита для повышения мясной продуктивности перепелов* / В. В. Герасименко, М. В. Сычева, А. А. Еремина и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2023. № 11. С. 70–74. doi: 10.53859/02352451_2023_37_11_70.
4. *A catalog of microbial genes and metagenome-assembled genomes from the quail gut microbiome* / X. Xiong, Y. Rao, J. Ma, et al. // *Poultry Science*. 2024. Vol. 102 (10). 102931. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579123004509?via%3Di-hub> (дата обращения: 05.10.2024). doi: 10.1016/j.psj.2023.102931.
5. Hashemitabar S. H., Hosseini S. A. *The comparative effects of probiotics on growth, antioxidant indices and intestinal histomorphology of broilers under heat stress condition* // *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14 (1). 23471. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-66301-9> (дата обращения: 05.10.2024). doi: 10.1038/s41598-024-66301-9.
6. Кичеева А. Г., Терещенко В. А. *Перспективы использования природных глинистых минералов в животноводстве (обзор)* // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 12. С. 88–93. doi: 10.28983/asj.y2021i12pp88-93.

7. Определение эффективной дозы синтетического цеолита типа NaX при введении в рацион птицы / В. В. Герасименко, Н. В. Семькина, А. Г. Гончаров и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. № 12. С. 55–58. doi: 10.53859/02352451_2022_36_12_55.
8. Береговая Н. Г., Герасименко В. В. Влияние цеолита типа NaX на антиоксидантный статус и неспецифическую резистентность организма // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2018. № 1. С. 41–52.
9. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы / И. А. Егоров, В. А. Манукян, Т. Н. Ленкова и др. Сергиев Посад: ВНИИП, 2013. 52 с.
10. Фисинин В. И., Егоров И. А., Драганов И. Ф. Кормление сельскохозяйственной птицы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 337 с.
11. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики / под ред. И. П. Кондрахина. М.: КолосС, 2004. 519 с.
12. Андреева Л. И., Кожемякин Л. А., Кишкун А. А. Модификация метода определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой // *Лабораторное дело*. 1988. № 11. С. 41–43.
13. Оценка антиокислительной активности плазмы крови с применением желточных липопротеидов / Г. И. Клебанов, И. В. Бабенкова, Ю. О. Теселкин и др. // *Лабораторное дело*. 1988. № 5. С. 59–62.
14. Effects of resveratrol on growth performance, intestinal development, and antioxidant status of broilers under heat stress/ C. Wang, F. Zhao, Z. Li, et al. // *Animals*. 2021. Vol. 11 (5). 1427. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/5/1427> (дата обращения: 05.10.2024). doi: 10.3390/ani11051427.
15. Возрастные изменения биохимических и клинических показателей крови цыплят-бройлеров / Н. В. Боголюбова, Р. В. Некрасов, Р. А. Рыков и др. // *Ветеринария и кормление*. 2024. № 3. С. 27–33. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-3-4.
16. Котарев В. И., Денисенко Л. И., Шипилов В. В. Динамика показателей крови молодняка кур яичного направления на фоне применения комплексной пробиотической добавки // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 1. С. 188–192. doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-188-192.
17. Губайдуллина И. З., Вершинина И. А., Иванничева А. П. Влияние различных форм хрома на биохимические показатели, антиоксидантный статус организма и микробиологический состав кишечника цыплят-бройлеров // *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. № 1. С. 215–227. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-215.
18. *Enterococcus faecium* modulates the gut microbiota of broilers and enhances phosphorus absorption and utilization / W. Wang, H. Cai, A. Zhang, et al. // *Animals*. 2020. Vol. 10. P. 12–32. doi: 10.3390/ani10071232.
19. Effect of feeding Transcarpathian zeolite on gastrointestinal morphology and function in broiler chickens / A. Wawrzyniak, M. Popielarz (Kapica), D. Stępień-Pyśniak, et al. // *Revista Brasileira de ciência avícola*. 2017. Vol. 19. P. 737–746. doi: 10.1590/1806-9061-2016-0360.
20. Effect of zeolite on small intestine microbiota of broiler chickens: a case study / S. Le Gall-David, V. Meuric, G. Benzoni, et al. // *Food and Nutrition Sciences*. 2017. Vol. 8. P. 163–188. doi: 10.4236/fns.2017.81011.
21. The effect of a probiotic containing *Enterococcus faecium* DSM7134 on redox and biochemical parameters in chicken blood / O. Katarzyna, M. Krauze, E. Cholewińska, et al. // *Annals of Animal Science*. 2017. Vol. 17 (4). P. 1075–1088. doi: 10.1515/aos-2016-0097.

Поступила в редакцию 11.10.2024
После доработки 04.11.2024
Принята к публикации 19.11.2024