



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-9>

УДК: 591.613

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

✉ Иванищева А.П., Сизова Е.А., Камирова А.М., Мусабаева Л.Л.

*Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук*

Оренбург, Россия

✉ e-mail: nessi255@mail.ru

Представлены результаты исследований эффективности поликомпонентных кормовых добавок на основе растительных веществ как альтернативы антибиотикам. Отмечено, что пребиотики улучшают здоровье и продуктивность животных и повышают эффективность производственного процесса. При этом отдельное скармливание пребиотиков менее эффективно по сравнению с применением комплекса веществ разного функционального назначения. Проведена оценка влияния органоминеральной кормовой добавки с лактулозой и без нее на морфо-биохимический состав крови, переваримость компонентов рациона и продуктивность цыплят-бройлеров. Для опыта сформированы три группы ($n = 90$): 1-я опытная группа дополнительно к основному рациону получала комплексную органоминеральную кормовую добавку начиная с 7-суточного возраста до конца эксперимента (42-суточный возраст); 2-я – ту же добавку, лишенную лактулозы. Контрольная группа получала стандартный основной рацион. Установлено положительное влияние органоминеральной добавки на продуктивные показатели цыплят-бройлеров, в большей степени в присутствии лактулозы. Содержание альбумина и общего белка в крови цыплят-бройлеров положительно коррелировало со скоростью роста у животных. Более высокая концентрация этих показателей в группе с лактулозой может способствовать усилению скорости роста у подопытных животных. В 1-й опытной группе отмечено увеличение прироста живой массы к концу исследования на 17,9%, тогда как во 2-й группе он составлял 10,8%. Также при рационе, содержащем лактулозу, показатели переваримости питательных веществ повысились к концу исследований на 3,8–4,7% по сравнению с контролем. Использование в кормлении цыплят-бройлеров органоминеральной кормовой добавки является перспективным подходом.

Ключевые слова: органоминеральная добавка, лактулоза, морфо-биохимические показатели, цыплята-бройлеры, поликомпонентная добавка

INFLUENCE OF THE ORGANOMINERAL FEED ADDITIVE ON PRODUCTIVITY AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BROILER CHICKENS

✉ Ivanishcheva A.P., Sizova E.A., Kamirova A.M., Musabayeva L.L.

*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences*

Orenburg, Russia

✉ e-mail: nessi255@mail.ru

The results of research on the effectiveness of multicomponent feed additives based on plant substances as an alternative to antibiotics are presented. It has been observed that prebiotics improve animal health and productivity and increase the efficiency of the production process. At the same time, separate feeding of prebiotics is less effective compared to the use of a complex of substances

of different functional purpose. Effect of the organomineral feed additive with and without lactulose on morpho-biochemical composition of blood, digestibility of diet components and productivity of broiler chickens has been evaluated. Three groups ($n = 90$) were formed for the experiment: the 1st experimental group in addition to the main diet received a complex organomineral feed additive, starting from 7-day-old until the end of the experiment (42-day-old); the 2nd group received the same additive without lactulose. The control group received the standard basic diet. The positive effect of organomineral additive on the productive parameters of broiler chickens was established, to a greater extent in the presence of lactulose. The content of albumin and total protein in the blood of broiler chickens was positively correlated with the growth rate in the animals. Higher concentration of these indices in the group with lactulose may contribute to enhanced growth rate in the experimental animals. The 1st experimental group showed an increase in the live weight gain by the end of the study by 17.9%, while in the 2nd group it was 10.8%. Also, with the diet containing lactulose, the indices of nutrient digestibility increased by the end of the study by 3.8–4.7% compared to the control. The use of the organomineral feed additive in the feeding of broiler chickens is a promising approach.

Keywords: organomineral additive, lactulose, morpho-biochemical parameters, broiler chickens, multicomponent additive

Для цитирования: Иванищева А.П., Сизова Е.А., Камирова А.М., Мусабаева Л.Л. Влияние органоминеральной кормовой добавки на продуктивность и биохимические показатели цыплят-бройлеров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 75–84. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-9>

For citation: Ivanishcheva A.P., Sizova E.A., Kamirova A.M., Musabayeva L.L. Influence of the organomineral feed additive on productivity and biochemical parameters of broiler chickens. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 75–84. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Статья опубликована в рамках выполнения государственного задания № 0761-2019-0005.

Acknowledgments

The article was published as part of the implementation of the state task № 0761-2019-0005.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время производители продукции птицеводства проявляют большой интерес к «натуральным» добавкам из-за неэффективности противомикробных препаратов и запрета на использование антибиотиков в кормлении животных. Поиск безопасных и приемлемых компонентов и веществ, их сочетаний для использования в кормлении является актуальной задачей. Полезными составляющими рациона в целом, а также как альтернатива антибиотикам в частности, могут стать пробиотики, пребиотики, травы, специи на основе растительных веществ. Благодаря многоцелевому действию пребиотиков улучшают здоровье и продуктивность животных и повышают эффективность производственного процесса. При этом скормливание отдельно пребиотиков менее эффективно по сравнению с комплексом веществ

разного функционального назначения. В их число могут входить макро- и микроэлементы, метаболические средства, аминокислоты и др. Рационы должны содержать правильный баланс основных питательных веществ, необходимых для удовлетворения потребностей птиц на различных этапах производства [1]. Представителем пребиотических веществ может выступать лактулоза. Ее основной функционал как пребиотика – протекция микробного сообщества кишечника. Под действием лактулозы количество бифидобактерий и лактобацилл увеличивается, тогда как количество клостридий, сальмонелл или кишечной палочки в желудочно-кишечном тракте снижается.

Одним из путей повышения активности нутриентов, в том числе микроэлементов, является преобразование их в мелкоразмерные, в частности ультрадисперсные части-

цы (УДЧ), с целью повышения физико-химической активности и биодоступности для живого организма [2]. Пористый ультрадисперсный кремний получил широкое применение в самых различных областях биологии, медицины и сельского хозяйства за счет уникальной биосовместимости, возможного изменения поверхности частиц, низкой токсичности. Также УДЧ Si представляют определенный интерес для применения в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы, так как основной функцией кремния является участие в промежуточном обмене как катализатора, в качестве элемента связи, обеспечивающего нормальное течение жизненно важных механизмов [3]. Таким образом, поликомпонентная органоминеральная кормовая добавка может улучшать продуктивные качества и благоприятно влиять на здоровье цыплят-бройлеров.

Цель исследования – оценить влияние органоминеральной кормовой добавки с лактулозой и без нее на морфо-биохимический состав крови, переваримость компонентов рациона и продуктивность цыплят-бройлеров.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в Центре коллективного пользования биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (ЦКП БСТ РАН¹) на цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес».

Для осуществления поставленной цели сформированы три группы ($n = 90$): 1-я опытная группа дополнительно к основному рациону (ОР) получала комплексную органоминеральную кормовую добавку (40,81% – лактулоза, 28,57 – аргинин, 26,54 – кремний (УДЧ SiO₂), 4,08% – янтарная кислота) начиная с 7-суточного возраста до конца эксперимента (42-суточный возраст); 2-я – такую же добавку без лактулозы. Контрольная группа содержалась на ОР, рекомендованном Всероссийским научно-исследовательским и технологическим институтом птицеводства

(ВНИТИП)². Ультрадисперсный диоксид кремния представляет собой белый аморфный рассыпчатый порошок без специфического запаха.

Массовая доля кремния составляет не менее 99,8% по массе, хлора – не более 0,2%, гидродинамический диаметр – 388 ± 117 нм, удельная поверхность – $109 \text{ м}^2/\text{г}$, Z-потенциал – $27 \pm 0,1$ мВ (производство ООО «Плазмотерм», г. Москва, методом плазмохимического синтеза). Лактулоза – синтетический дисахарид, состоящий из двух молекул сахара – фруктозы и галактозы, связанных вместе β -1,4-гликозидной связью, также относится к классу олигосахаридов, подклассу дисахаридов. Представляет собой белое кристаллическое вещество, не имеющее запаха, хорошо растворимое в воде (производство ООО «Парусник», г. Санкт-Петербург, путем химической изомеризации лактозы в щелочной среде). Убой производили в возрасте птиц – 21 и 42 сут.

Морфологические показатели крови определяли при помощи автоматического анализатора DF-50 Vet («Shenzhen Dymind Biotechnology Co», Китай). Биохимический анализ сыворотки крови проводили на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T 240 («DiruiIndustrial Co. Ltd», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия). В ходе балансовых физиологических опытов устанавливали переваримость питательных компонентов рациона по методикам ВНИТИП. Исходя из результатов ежедневного учета массы помета, производили расчет потерь веществ с установлением усвоенного количества корма. Статистический анализ проводили с использованием программы Microsoft Excel (Microsoft, США). Данные представлены в виде: среднее значение (M) $\pm$ стандартная ошибка среднего (m). Достоверность различий определяли по t-критерию Стьюдента. Достоверными считали результаты при $p \leq 0,05$.

¹URL: <http://цкп-бст.рф>

²Фисинин В.И., Егоров И.А. Современные подходы к кормлению высокопродуктивной птицы // Птица и птицепродукты. 2015. № 3. С. 27–29.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты настоящего исследования свидетельствуют о положительном влиянии органоминеральной добавки на продуктивные показатели цыплят-бройлеров в большей степени в присутствии лактулозы (см. рис. 1). Опытные группы по живой массе превышали показатели контроля. При этом максимальная разница отмечена при скормлинии добавки, содержащей лактулозу. Так, к 14-суточному возрасту живая масса цыплят-бройлеров увеличивается в 1-й группе на 18,6%, во 2-й – на 14,5% относительно контроля. К середине исследования у птиц обеих групп была одинаковая масса и составляла разницу с контролем в 14,6%.

Разница в увеличении живой массы на 35-е и 42-е сутки составляла в 1-й группе 10,7 и 17,9%, во 2-й – 4,4 и 10,8% соответственно по сравнению с контролем. Усиление роста цыплят-бройлеров, получающих лактулозу, может быть связано с повышением потребления корма и улучшением морфофункциональной составляющей кишечника. При этом применение органоминерального рациона обеспечивает положительные изменения в кишечной микрофлоре. Пребиотическая кормовая добавка способствует улучшению переваривания пищи, одновременно

повышая усвояемость питательных веществ. Так, в возрасте 21 сут переваримость сырого жира и протеина увеличивается в 1-й опытной группе на 8,0 и 1,1% соответственно по сравнению с контролем (см. рис. 2). Вероятно, усвояемость питательных веществ в рационах, дополненных лактулозосодержащей добавкой, можно объяснить улучшением состояния кишечника.

Переваримость БЭВ увеличивается в обеих группах с максимальным проявлением в 1-й группе (2,8%). При этом переваримость углеводов, напротив, максимально увеличивается во 2-й группе (3,6%) по сравнению с контролем. Исследования показывают, что вещества с пребиотической природой (инулин, олигофруктоза, лактулоза) могут вызывать стимуляцию *Lactobacillus* spp. и *Bifidobacterium* spp. как представителей «полезных» видов бактерий, при этом улучшается кишечная среда и оптимизируются процессы переваривания и всасывания питательных веществ [4]. Группа растворимых волокон объединена олигосахаридами, которые функционируют как пребиотики, положительно модулирующие кишечную микробиоту [5]. Они являются основными субстратами для роста кишечных микроорганизмов. Их ферментация приводит к подкислению содержимого толстой кишки

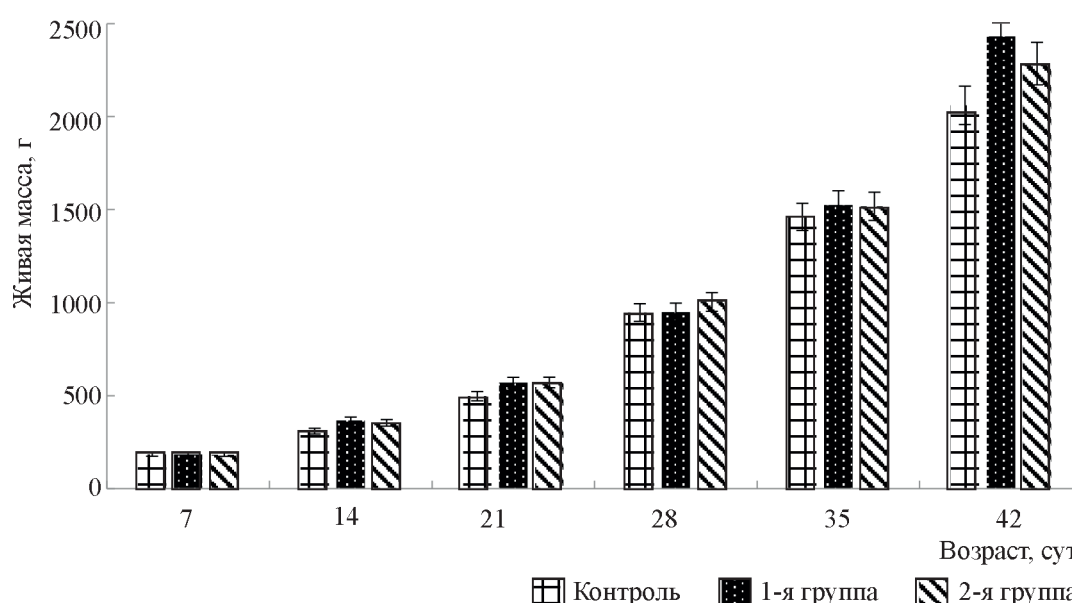


Рис. 1. Динамика живой массы цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$).
Fig. 1. Live weight dynamics of broiler chickens “Arbor Aykres” (experiment in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$)

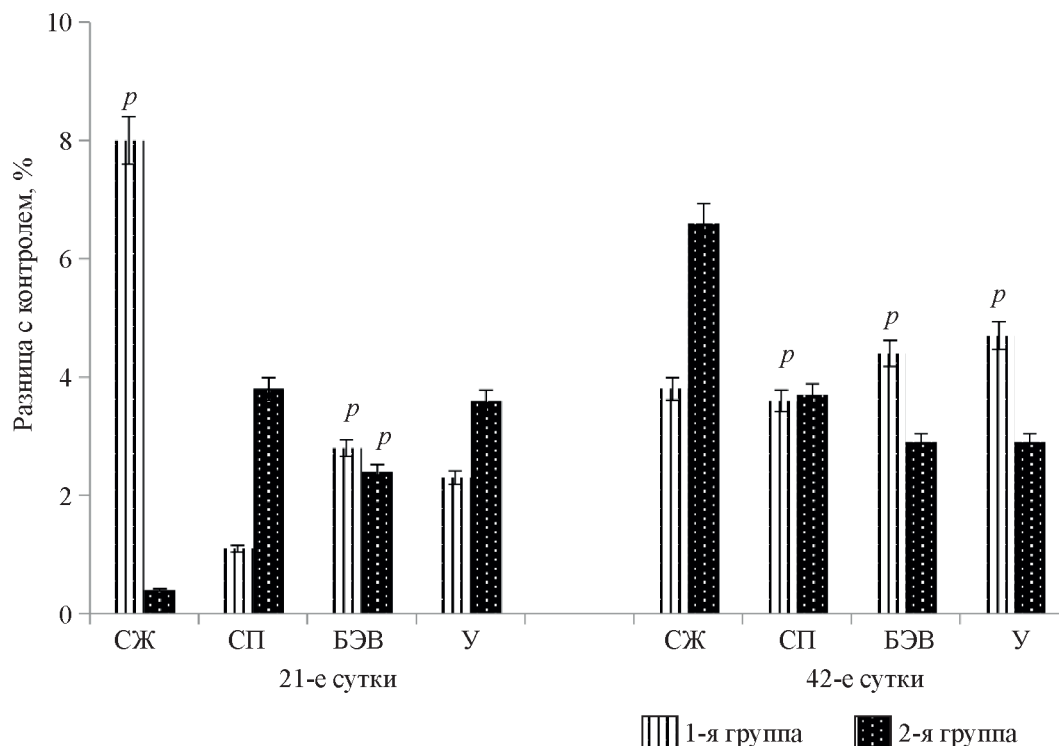


Рис. 2. Разница переваримости питательных веществ в возрасте 21 и 42 сут цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» относительно контроля (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$), % (СЖ – сырой жир, СП – сырой протеин, БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества; У – углеводы)

Примечание. p – здесь и на рис. 3–5 – достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

Fig. 2. The difference in the digestibility of nutrients at the age of 21 and 42 days of “Arbor Aykres” broiler chickens relative to the control (experience in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$), % (CF – crude fat, CP – crude protein, NFES – nitrogen-free extractive substances; C – carbohydrates)

Note. p – here and in Figs. 3–5 – reliable difference of the experimental groups with the control group ($p \leq 0.05$).

и образованию короткоцепочечных жирных кислот, которые служат «топливом» в различных тканях и могут играть роль в регуляции клеточных процессов. К концу исследований (42 сут) изменяются показатели переваримости всех нутриентов корма (см. рис. 2). Так, в 1-й опытной группе переваримость сырого жира увеличивается на 3,8%, сырого протеина – на 3,6, БЭВ – 4,4, углеводов – 4,7% по сравнению с контролем. Подобный эффект наблюдали и во 2-й опытной группе: переваримость БЭВ и углеводов увеличивается на 2,9%, сырой жир и протеин – на 6,6 и 3,7% соответственно относительно контроля.

Анализ морфологического состава крови показал, что использование кормовой добавки не вносит существенных изменений в концентрацию эритроцитов. Так, его уровень увеличивается на 5,5% в обеих опытных группах на 21-е сутки относительно контро-

ля (см. табл. 1). Возможно, компоненты кормовой добавки в комплексе косвенно способствуют усвоению питательных веществ, необходимых для синтеза эритроцитов [6]. Однако этот же показатель на 42-е сутки опыта снижается на 5% ($p \leq 0,05$) во 2-й опытной группе по сравнению с контролем. Показатель гемоглобина также увеличивается к 21-м суткам во всех опытных группах: 1-й – на 2,6% ($p \leq 0,05$), 2-й – на 3,9% ($p \leq 0,05$) по сравнению с контролем. К концу эксперимента он находится в пределах нормы.

Концентрация лейкоцитов на 42-е сутки эксперимента при внесении лактулозы (1-я группа) остается без изменений, а при исключении ее из рациона (2-я группа) снижается на 8,5% по сравнению с контролем. Изменения в их концентрации свидетельствуют о низкой численности патогенов, приводящих к снижению выработки антител для борьбы с ними [7].

Табл. 1. Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» в возрасте 21 и 42 сут (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$).

Table 1. Morphological blood parameters of the “Arbor Aykres” broiler chickens aged 21 and 42 days (experience in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$)

Показатель	Контроль	1-я группа	2-я группа
<i>21-е сутки</i>			
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$40,6 \pm 2,59$	$42,9 \pm 3,07$	$40,0 \pm 2,88$
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	$1,8 \pm 0,03$	$1,9 \pm 0,04$	$1,9 \pm 0,08$
Гемоглобин, г/л	$103,6 \pm 1,20$	$106,3 \pm 2,98^*$	$107,6 \pm 1,88^*$
Гематокрит, %	$22,9 \pm 0,20$	$23,4 \pm 0,14^*$	$23,6 \pm 0,32^*$
<i>42-е сутки</i>			
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$40,2 \pm 2,81$	$40,2 \pm 2,81$	$36,8 \pm 1,51$
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	$2,0 \pm 0,02$	$2,0 \pm 0,08$	$1,9 \pm 0,04$
Гемоглобин, г/л	$112,3 \pm 1,01$	$112,3 \pm 3,78$	$106,0 \pm 2,46$
Гематокрит, %	$24,6 \pm 0,78$	$24,6 \pm 0,78^*$	$23,4 \pm 0,51$

*Достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

Изучение биохимических показателей сыворотки крови в эксперименте показывает наличие колебаний значения показателей в рамках физиологических. Отмечено, что добавление органоминеральной кормовой добавки (1-я группа) повлияло на концентрацию сывороточного белка и альбумина, увеличив их на 1,48 и 3,5% (42-е сутки) соответственно по сравнению с контролем.

Исключение лактулозы из состава кормовой добавки (2-я опытная группа) снижает концентрацию белка на 1,29% на 21-е сутки и на 4,4% ($p \leq 0,05$) на 42-е сутки эксперимента (см. рис. 3).

Широко известно, что общий белок сыворотки крови может отражать отложение белка в организме и, следовательно, скорость роста сельскохозяйственных животных.

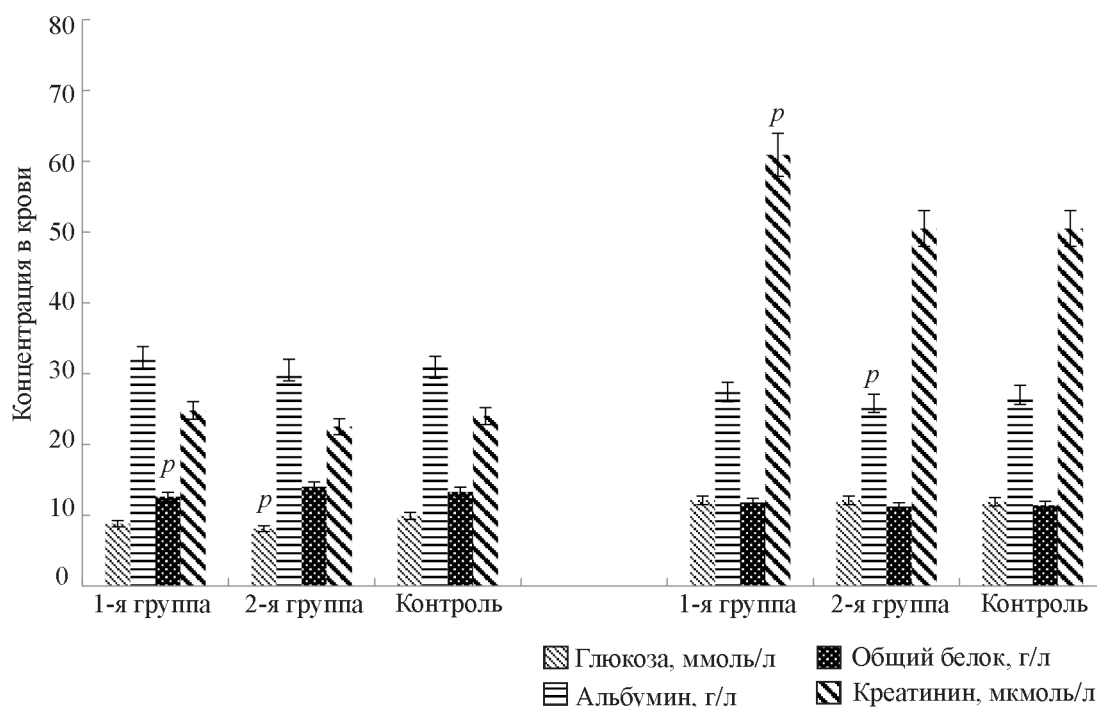


Рис. 3. Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» в возрасте 21 и 42 сут (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$)

Fig. 3. Biochemical blood parameters of the “Arbor Aykres” broiler chickens aged 21 and 42 days (experience in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$)

Показатель креатинина (42 сут) в 1-й опытной группе увеличивается на 20,59% ($p \leq 0,05$), во 2-й опытной не происходит изменений по сравнению с контролем.

Исследования показали, что применение органоминеральной кормовой добавки в составе рациона влияет на жировой обмен (см. рис. 4). Так, на 21-е сутки эксперимента концентрация триглицеридов и холестерина повышается во всех опытных группах с максимальным проявлением при добавлении лактулозы. На 42-е сутки уровень триглицеридов также повышается в 1-й и 2-й группах на 33,3%, а холестерина – на 7,1 и 10,7% в 1-й и 2-й группах соответственно по сравнению с контролем.

В целом, как показывает ряд исследований, на фоне приема пробиотиков рост лактобактерий усиливается параллельно с их способностью ассимилировать холестерин в присутствии желчи, при этом его содержание в крови цыплят-бройлеров снижается. К тому же, некоторые микроорганизмы, присутствующие в желудочно-кишечном тракте, могут использовать холестерин для собственного метаболизма, таким образом увеличивая всасывание количества холестерина. В наших исследованиях отмечена тенденция к увеличению содержания холестерина и триглицеридов в сыворотке крови.

Использование растворимых волокон, олигосахаридов, которые функционируют как пребиотики, положительно влияет на кишечную микробиоту [8]. При этом доказана роль кишечной микробиоты в развитии гиперлипидемии. Использование пребиотиков, пробиотиков показало эффективность при коррекции подобных состояний [9]. Таким образом, применение пре- и пробиотических веществ может изменять уровень липидов крови вовлечением нескольких механизмов: трансформацией микробиоты и ее метаболитов, снижением усвояемости жиров.

Показатели минерального обмена изменяются в ходе эксперимента (см. рис. 5). Содержание Са в сыворотке крови 1-й группы на 21-е сутки эксперимента снижалось на 0,95%, а на 42-е сутки, напротив, увеличивалось на 3,7% по сравнению с контролем. Уровень Mg также повышается на 21-е (11,2%) и 42-е сутки (1,3%) исследования.

Уровень P снижается в 1-й опытной группе на протяжении всего исследования, а во 2-й – сначала увеличивается (21-е сутки) на 6,19% ($p \leq 0,05$), затем снижается (42-е сутки) на 16,6% ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

Содержание Fe к 21-м суткам было выше в 1-й опытной группе на 5,1%, а во 2-й – на 22,4% ниже, чем в контроле. К концу экс-

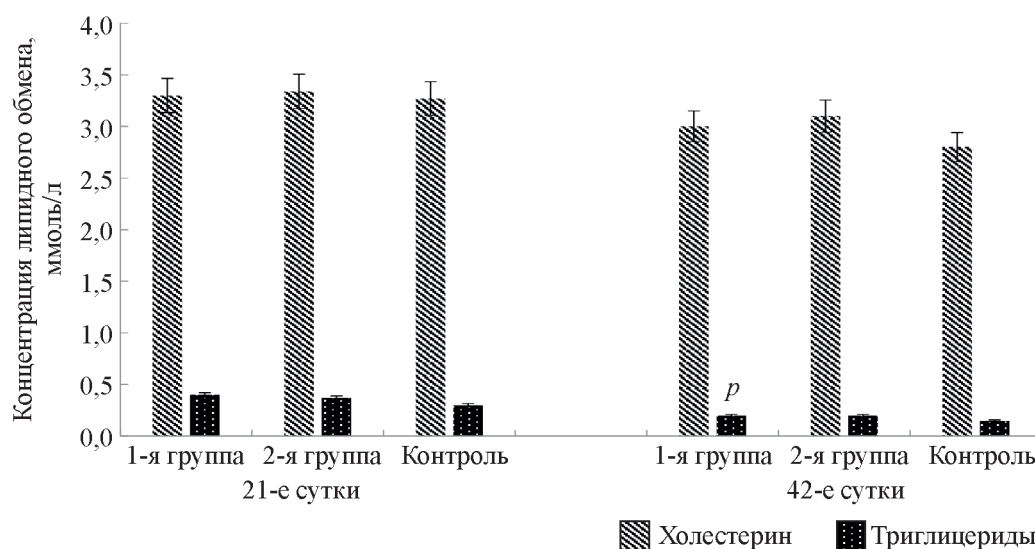


Рис. 4. Показатели липидного обмена сыворотки крови цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» в возрасте 21 и 42 сут (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$), ммоль/л

Fig. 4. Some indicators of lipid metabolism of the “Arbor Aykres” broiler chickens blood serum aged 21 and 42 days (experience in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$), mmol/l

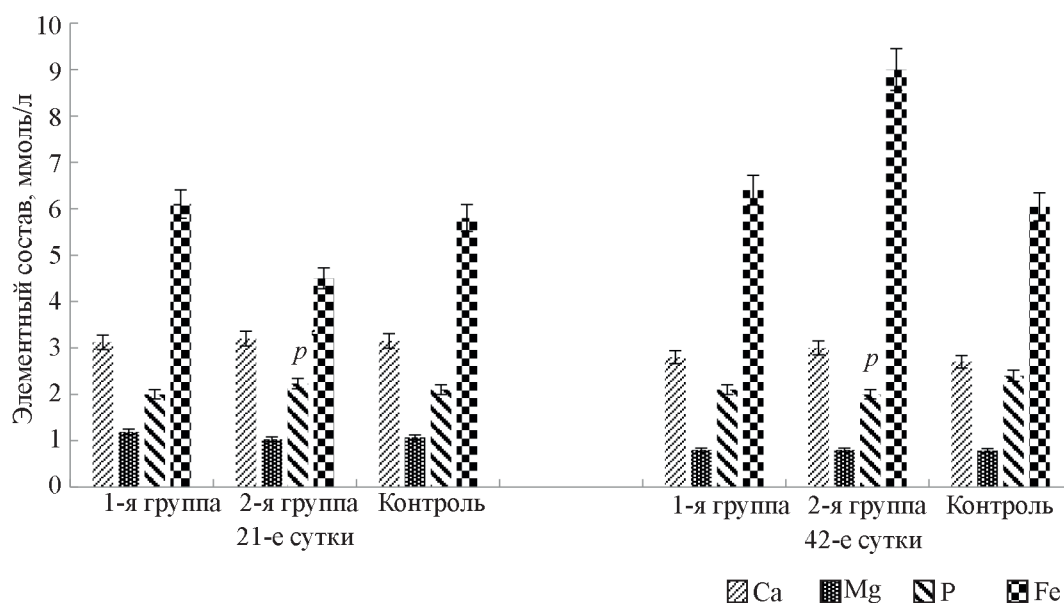


Рис. 5. Элементный состав сыворотки крови цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» в возрасте 21 и 42 сут (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$)

Fig. 5. Elemental composition of the “Arbor Aykres” broiler chickens blood serum of aged 21 and 42 days (experience in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$)

Табл. 2. Экономическая эффективность по оценке продуктивного действия органоминерального комплекса

Table 2. Economic efficiency in assessing the productive action of the organomineral complex

Показатель	Вариант	
	Комплексная добавка	Комплексная добавка без лактулозы
Количество птицы, гол.	90	90
Среднесуточный прирост, г	45,2	45,2
Живая масса 1 гол., г	2285	2431
Сохранность, %	100	100
Срок выращивания, сут	42	42
Расход корма на 1 гол., кг	2,54	2,9
Расход корма на 1 кг прироста, кг	1,69	1,75
Убойная масса:		
1 гол., г	2285	2431
общий, кг	205,2	218,7
Убойный выход потрошеной тушки, %	70,9	77,8
Масса потрошеной тушки, г	1758	1893
Получено потрошеного мяса, кг	158,22	170,3
Производственные затраты, всего, р.	14 118	15 574
Себестоимость 1 кг мяса, р.	74,7	77,25
Средняя реализационная цена 1 кг мяса с субпродуктами, р.	160	160
Общая выручка от реализации, р.	30 240	32 256
Прибыль от реализации мяса и субпродуктов, р.	16 121	16 681
Рентабельность, %	14,1	7,1

перимента отмечено заметное повышение уровня Fe во всех опытных группах – 5,9 и 49,01% соответственно по сравнению с контрольной группой.

Анализ производственных расчетов бройлерного производства демонстрирует эффективность предложенного решения, в частности при включении комплексной добавки расход корма на 1 кг прироста снизился на 12,4% (см. табл. 2). Включение органоминерального комплекса в рацион бройлеров сопровождается снижением себестоимости 1 кг мяса на 2,55 р., что повлекло за собой увеличение экономической эффективности в 7%.

Таким образом, проведенные исследования доказали экономическую эффективность включения в рацион цыплят-бройлеров органоминерального комплекса с 7-суточного возраста. Выявленная комбинация является эффективным источником повышения продуктивности цыплят-бройлеров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование в кормлении цыплят-бройлеров органоминеральной кормовой добавки является перспективным подходом. Рацион, содержащий лактулозу, положительно влияет на переваримость питательных веществ, изменяя ее к концу исследований в диапазоне 3,8–4,7% по сравнению с контролем. В эксперименте лактулоза оказывает благоприятное воздействие на здоровье и продуктивность птицы, усиливая прирост живой массы к концу исследования на 17,9%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябцева С.А., Храмов А.Г., Будкевич Р.О., Анисимов Г.С., Чукло А.О., Шпак М.А. Физиологические эффекты, механизмы действия и применение лактулозы // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 2. С. 5–20. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10012.
2. Fisinin V., Miroshnikov S., Sizova E., Ushakov A., Miroshnikova E. Metal particles as trace-element sources: current state and future prospects // *Worlds Poultry Science Journal*. 2018. Vol. 74 (3). P. 523–540. DOI: 10.1017/S0043933918000491.

3. Mustafina A.S., Sizova E.A., Mustafin R.Z., Ivani-shcheva A.P., Rakhmatullin S.G. Effect of different doses of silicon dioxide on the concentration of organic acids in the broilers liver // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk. 2021. P. 32008. DOI: 10.1088/1755-1315/839/3/032008.
4. Ricke S.C., Lee S.I., Kim S.A., Park S.H., Shi Z. Prebiotics and the poultry gastrointestinal tract microbiome // *Poultry Science*. 2020. Vol. 99. P. 670–677. DOI: 10.1016/j.psj.2019.12.018.
5. Tejeda O.J., Kim W.K. Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition // *Animals (Basel)*. 2021. Vol. 11(2). P. 461. DOI: 10.3390/ani11020461.
6. Hidayat M.N., Malaka R., Agustina L., Pakiding W. Effect of probiotic *Lactobacillus paracasei* on hematology and relative weight of lymphoid organs of broiler // *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 492 (1). P. 012127. DOI: 10.1088/1755-1315/492/1/012127.
7. Oduguwa O.O. Utilization of whole pods of *Albizia salmon* in diets of growing rabbits // *Nigerian Journal of Animal Production* 2021. Vol. 33 (2). P. 197–202. DOI: 10.51791/njap.v33i2.925.
8. Mahmood T., Guo Y. Dietary fiber and chicken microbiome interaction: Where will it lead to? // *Animal nutrition*. 2020. Vol. 6(1). P. 1–8. DOI: 10.1016/j.aninu.2019.11.004.
9. Jia X., Xu W., Zhang L., Li X., Wang R., Wu S. Impact of Gut Microbiota and Microbiota-Related Metabolites on Hyperlipidemia // *Front Cell Infect Microbiol*. 2021. Vol. 11. P. 634780. DOI: 10.3389/fcimb.2021.634780.

REFERENCES

1. Ryabtseva S.A., Khramtsov A.G., Budkevich R.O., Anisimov G.S., Shchuko A.O., Shpak M.A. Physiological effects, mechanisms of action and application of lactulose. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*, 2020, vol. 89, no. 2, pp. 5–20. (In Russian). DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10012.
2. Fisinin V., Miroshnikov S., Sizova E., Ushakov A., Miroshnikova E. Metal particles as trace-element sources: current state and future prospects. *Worlds Poultry Science Journal*, 2018. vol. 74 (3), pp. 523–540. DOI: 10.1017/S0043933918000491.

3. Mustafina A.S., Sizova E.A., Mustafin R.Z., Ivanishcheva A.P., Rakhmatullin S.G. Effect of different doses of silicon dioxide on the concentration of organic acids in the broilers liver. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk*. 2021, p. 32008. DOI: 10.1088/1755-1315/839/3/032008.
4. Ricke S.C., Lee S.I., Kim S.A., Park S.H., Shi Z. Prebiotics and the poultry gastrointestinal tract microbiome. *Poultry Science*, 2020, vol. 99, pp. 670–677. DOI: 10.1016/j.psj.2019.12.018.
5. Tejeda O.J., Kim W.K. Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition. *Animals (Basel)*, 2021, vol. 11 (2), p. 461. DOI: 10.3390/ani11020461.
6. Hidayat M.N., Malaka R., Agustina L., Pakiding W. Effect of probiotic *Lactobacillus paracasei* on hematology and relative weight of lymphoid organs of broiler. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 492 (1), p. 012127. DOI: 10.1088/1755-1315/492/1/012127.
7. Oduguwa O.O. Utilization of whole pods of *Albizia salmon* in diets of growing rabbits. *Nigerian Journal of Animal Production*. 2021, vol. 33 (2), p. 197–202. DOI: 10.51791/njap.v33i2.925.
8. Mahmood T., Guo Y. Dietary fiber and chicken microbiome interaction: Where will it lead to? *Animal nutrition*, 2020, vol. 6 (1), pp. 1–8. DOI: 10.1016/j.aninu.2019.11.004.
9. Jia X., Xu W., Zhang L., Li X., Wang R., Wu S. Impact of Gut Microbiota and Microbiota-Related Metabolites on Hyperlipidemia. *Front Cell Infect Microbiol.*, 2021, vol. 11, p. 634780. DOI: 10.3389/fcimb.2021.634780.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Иванищева А.П.**, аспирант, специалист-техник, **адрес для переписки:** Россия, 460000, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29; e-mail: nessi255@mail.ru

Сизова Е.А., доктор биологических наук, руководитель центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве»

Камирова А.М., кандидат биологических наук, научный сотрудник

Мусабаева Л.Л., соискатель

AUTHOR INFORMATION

✉ **Anastasia P. Ivanishcheva**, Post-graduate Student, Specialist-technician; **address:** 29, January 9 St., Orenburg, Orenburg Region, 460000, Russia; e-mail: nessi255@mail.ru

Elena A. Sizova, Doctor of Science in Biology, Head of the Center «Nanotechnology in Agriculture»

Ayna M. Kamirova, Candidate of Science in Biology, Researcher

Lera L. Musabaeva, PhD student

Дата поступления статьи / Received by the editors 10.05.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 19.07.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023