

Татьяна Ивановна Жилочкина^{1✉}, Иван Афанасьевич Егоров², Маня Эдуардовна Мкртчян³,
Георгий Юрьевич Лаптев⁴, Лариса Александровна Ильина⁵

^{1,3}Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия

²Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН, Сергиев Посад, Московская область, Россия

^{4,5}ООО «БИОТРОФ», Санкт-Петербург, Россия

¹tr1959@yandex.ru

²olga@vnitip.ru

³laililitik@yandex.ru

⁴laptev@biotrof.ru

⁵ilina @biotrof.ru

ПРИМЕНЕНИЕ В РАЦИОНАХ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СОЧЕТАНИИ С ФИТАЗОЙ И БЕЗ НЕЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И МИКРОБИОЦЕНОЗ КИШЕЧНИКА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Цель исследований – изучение влияния органических форм микроэлементов в сочетании с фитазой и без нее на продуктивные показатели цыплят-бройлеров, микробиоценоз кишечника и его гистоархитектонику. В результате опыта, проведенного в 2021 г. в виварии ФНЦ «ВНИТИП» РАН на 4 группах цыплят-бройлеров кросса «Росс-308», установлено, что применение в комбикормах органических форм микроэлементов в виде L-аспарагинатов в количестве 7,5 % от гарантированных норм способствовало лучшей ассимиляции металлов, это оказало положительное воздействие на физиологические, продуктивные и производственные показатели птицы. У бройлеров, рацион которых содержал комплекс органических форм микроэлементов в сочетании с фитазой, показатели продуктивности в сравнении с цыплятами других групп были выше, что являлось подтверждением лучшего усвоения птицей питательных веществ корма под воздействием вносимого в рацион фермента. При исследовании микробиома кишечника цыплят-бройлеров, потреблявших корма с добавкой органических форм микроэлементов в виде L-аспарагинатов, как с фитазой, так и без нее, уже на уровне филумов отмечались сдвиги и в составе микробиома, и по уровню его биоразнообразия, что опосредованно также могло оказать влияние на продуктивные показатели птиц. Кластерный анализ позволил установить большое сходство микробиома слепых отростков кишечника у птиц III и IV групп, рацион которых включал 7,5 % микроэлементов в форме L-аспарагинатов от принятых норм, как с добавлением фитазы (III группа), так и без нее (IV группа). Гистологические исследования показали, что органическая форма микроэлементов (ОМЭК-бройлер) в виде L-аспарагинатов не оказывала существенного влияния на изменение гистоархитектоники кишечника, а добавление фитазы на фоне аспарагинатов способствовало сглаживанию слабо выраженной мононуклеарной инфильтрации.

Ключевые слова: минеральная добавка, фермент фитаза, живая масса, продуктивность, микробиоценоз кишечника

Для цитирования: Применение в рационах различных источников микроэлементов в сочетании с фитазой и без нее и их влияние на зоотехнические показатели и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров / Т.И. Жилочкина [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 7. С. 125–133. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-125-133.

Tatyana Ivanovna Zhilochkina^{1✉}, Ivan Afanasyevich Egorov², Mania Eduardovna Mkrtchyan³, Georgy Yurievich Laptev⁴, Larisa Aleksandrovna Ilyina⁵

^{1,3}St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia

²Federal Research Center "All-Russian Research and Technological Institute of Poultry" RAS, Sergiev Posad, Moscow Region, Russia

^{4,5}BIOTROF LLC, St. Petersburg, Russia

¹tr1959@yandex.ru

²olga@vnitip.ru

³lulilitik@yandex.ru

⁴laptev@biotrof.ru

⁵ilina @biotrof.ru

THE TRACE ELEMENTS VARIOUS SOURCES USE IN DIETS IN COMBINATION WITH AND WITHOUT PHYTASE AND THEIR EFFECT ON ZOOTECHNICAL INDICATORS AND INTESTINAL MICROBIOCENOSIS OF BROILER CHICKENS

The purpose of research is to study the effect of organic forms of microelements in combination with and without phytase on the productive indicators of broiler chickens, intestinal microbiocenosis and its histoarchitectonics. As a result of an experiment conducted in 2021 in the vivarium of the Federal Scientific Center VNITIP of the Russian Academy of Sciences on 4 groups of broiler chickens of the Ross-308 cross, it was found that the use of organic forms of microelements in compound feeds in the form of L-asparaginate in an amount of 7.5 % of guaranteed norms contributed to better assimilation of metals, this had a positive effect on the physiological, productive and production indicators of poultry. In broilers, the diet of which contained a complex of organic forms of microelements in combination with phytase, the productivity indicators were higher in comparison with chickens of other groups, which was a confirmation of the better assimilation of feed nutrients by the bird under the influence of the enzyme introduced into the diet. In the study of the intestinal microbiome of broiler chickens that consumed feed with the addition of organic forms of trace elements in the form of L-asparaginate, both with and without phytase, already at the level of phyla, shifts were noted both in the composition of the microbiome and in the level of its biodiversity, which is also indirectly could affect the productive performance of poultry. Cluster analysis made it possible to establish a great similarity of the microbiome of the caecum of the intestines in poultry of groups III and IV, the diet of which included 7.5 % of trace elements in the form of L-asparaginate from the accepted norms, both with the addition of phytase (group III) and without it (group IV)). Histological studies have shown that the organic form of trace elements (OMEK-broiler) in the form of L-asparaginate did not significantly affect the change in the histoarchitectonics of the intestine, and the addition of phytase against the background of asparaginate contributed to the smoothing of mild mononuclear infiltration.

Keywords: mineral supplement, phytase enzyme, live weight, productivity, intestinal microbiocenosis

For citation: The trace elements various sources use in diets in combination with and without phytase and their effect on zootechnical indicators and intestinal microbiocenosis of broiler chickens / T.I. Zhilochkina [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(7): 125–133. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-125-133.

Введение. Полноценное кормление сельскохозяйственной птицы основано на удовлетворении ее потребностей в энергии и питательных веществах. Известно, что при недостатке микроэлементов в кормах у птиц возникают нарушения общего обмена веществ, которые могут привести к заболеванию суставов, снижению уровня продуктивности, нарушению процессов крове-

творения, размножения, функций нервной и эндокринной систем [1]. В птицеводстве при составлении рационов используются неорганические формы микроэлементов в виде премиксов, однако они обладают низкой биодоступностью, а увеличение их норм ввода связано с усилением их токсичности, большим расходом энергии и способностью к разрушению витаминов, особен-

но жирорастворимых. В связи с этим поиски других источников минеральных веществ, являются актуальными [2]. В данное время, особый интерес вызывают органические формы минеральных добавок. Их свойства основаны на получении хелаткомплексных соединений микроэlementных металлов (марганца, железа, цинка, меди, йода, кобальта и др.) с биологическими лигандами (аминокислотами) и с продуктами ферментаций биогенных субстратов. Благодаря такому соединению минеральные вещества становятся более доступными к всасыванию. При этом не разрушаются витамины и на организм не оказывается токсического действия [3]. После отщепления микроэlementа органическая часть комплекса вовлекается в процессы обмена веществ, а неорганическая выводится из организма. Одним из таких соединений является органоминеральный комплекс в форме L-аспарагинатов, представляющий собой хелаткомплексное соединение аспарагиновой кислоты с микроэlementами марганцем, железом, цинком, кобальтом, медью, йодом и селеном [4, 5].

Особенностью пищеварительной системы птиц является отсутствие в ее желудочно-кишечном тракте фермента фитазы, что является препятствием к эффективному всасыванию минеральных веществ. Известно, что в растительной пище основной формой связанного фосфора являются фитаты, представляющие собой кальциевые и магниевые соли фитиновой кислоты, которые при недостатке в организме птиц фитаз (фитатдеградирующих ферментов) образуют ряд слаборастворимых солей с катионами металлов (цинка, марганца, меди, железа, кобальта и др.), вследствие чего в желудочно-кишечном тракте птицы минеральные вещества почти не усваиваются и, выделяясь наружу, накапливаются в окружающей среде, оказывая на нее негативное экологическое воздействие [6]. Также фитиновая кислота образует комплексные соединения с протеолитическими ферментами пепсином и трипсином, что способствует ухудшению процесса пищеварения, снижая тем самым питательную ценность кормов [5]. Таким образом, обогащение рационов микробиальной фитазой делает более доступным фосфор и другие минеральные вещества, что способствует лучшей переваримости корма и уменьшению количества неусвоенного фосфора, выделяемого

птицей [7]. Известно, что продуктивность птицы и ее здоровье во многом определяются состоянием желудочно-кишечного тракта. Изменение кишечной микрофлоры в количественном и качественном соотношении может вызывать нарушения микробиологии кишечника [8]. Кроме нормофлоры в кишечнике птиц присутствуют также условно-патогенные и патогенные микроорганизмы. В норме их содержание в кишечнике птиц находится на низком уровне, но при ухудшении резистентности организма может возникать нарушение их баланса, приводящее к дисбактериозам и различным заболеваниям [9]. Таким образом, поиск и использование в кормопроизводстве новых органических форм микроэlementов и применение их совместно с добавкой микробиальной фитазы является актуальным.

Цель исследований – изучение влияния органических форм микроэlementов в сочетании с фитазой и без нее на продуктивные показатели цыплят-бройлеров, микробиоценоз кишечника и его гистоархитектонику.

Объекты и методы. В соответствии с требованиями Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых в экспериментах или в иных научных целях (ETS № 123, Страсбург, 1986), в 2021 г. в виварии ФНЦ «ВНИТИП» РАН на цыплятах-бройлерах кросса «Росс-308» проводился опыт. Методом аналогов было сформировано четыре группы цыплят по 35 голов в каждой. Условия содержания и кормления соответствовали рекомендациям ВНИТИП. Цыплята I (контрольной) группы получали полнорационные комбикорма кукурузно-пшеничного типа с добавлением неорганических форм микроэlementов в виде премиксов в соответствии с принятыми нормами. Уровень доступного фосфора в комбикорме составлял 0,43–0,42 %. Цыплята II группы получали общие рационы без включения в него микроэlementов премикса, но с добавлением фермента фитазы в количестве 1 млн ед/т. Птица III группы получала общий рацион с добавлением микроэlementного комплекса в форме L-аспарагинатов в количестве 7,5 % от принятых норм. IV группа бройлеров потребляла комбикорма со сниженным до 0,34–0,33 уровнем доступного фосфора с включением микроэlementного комплекса в форме L-аспарагинатов в количестве 7,5 % от принятых норм и фитазы в количестве 1 млн ед/т (табл. 1).

Схема исследований

Группа	Характеристика кормления
I контрольная	Комбикорм, сбалансированный по основным питательным веществам с добавлением премикса на основе неорганических солей микроэлементов по принятым нормам
II опытная	Комбикорм без включения микроэлементов + фитаза в количестве 1 млн ед/т
III опытная	Комбикорм, содержащий 7,5 % микроэлементов от принятых норм ОМЭК* в форме L-аспарагинатов и без фитазы
IV опытная	Комбикорм, содержащий 7,5 % микроэлементов от принятых норм ОМЭК* в форме L-аспарагинатов + фитаза в количестве 1 млн ед/т

*ОМЭК-бройлер – органическая форма микроэлементов марганца, железа, цинка, кобальта и меди в форме L-аспарагинатов. Йод – в форме ОМЭК-I (разработано компанией АО «Биоамд») и селен в форме ДАФС 25.

В период опыта учитывалась живая масса цыплят, сохранность, среднесуточный прирост, потребление и затраты корма на 1 кг прироста живой массы, индекс продуктивности (ЕИП). Живая масса определялась путем индивидуального взвешивания в возрасте 1, 7, 14, 21, 33 и 35 сут; сохранность – ежедневным пересчетом поголовья; среднесуточный прирост, затраты корма на 1 голову и 1 кг прироста – расчетным методом.

В конце опыта с каждой группы отбиралось по 5 петушков, проводился их убой и отбор проб кишечника для изучения его микробиома и гистоструктур. Молекулярно-генетический анализ бактериального сообщества кишечника цыплят-бройлеров оценивали методом NGS-секвенирования на платформе MiSeq (Illumina, Inc., США) с применением праймеров для V3-V4 региона 16S рРНК. Биоинформатический анализ данных выполняли с помощью программного обеспечения QIIME2 ver. 2020.8. Математическую и статистическую обработку результатов осуществляли методом многофакторного дисперсионного анализа (multifactor ANalysis Of VAriance, ANOVA) в программах MS Excel, R-Studio (Version 1.1.453). Достоверность различий устанавливали по t-критерию Стьюдента, различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$. Средние значения сравнивались с использованием теста достоверно значимой разницы Тьюки (HSD) и функции TukeyHSD в пакете R Stats Package.

Исследование гистоархитектоники кишечника проводилось после изготовления гистологических микропрепаратов кишечника цыплят-бройлеров по специальной методике: фиксация в 10 % формалине, далее дегидратацией (проводкой) и уплотнением с использованием процессора замкнутого типа вакуумного инфльтрацион-

ного Tissue-Tek VIP 5 Junior (автоматический автономный тканевый процессор). Депарафинированные срезы окрашивались гематоксилином и эозином. Фотофиксацию микропрепаратов осуществляли с применением цифровой камеры MC-3 № XC1272, камеры LCMOS03100KRA, компьютерной системы MCview.

Результаты и их обсуждение. Исходя из анализа полученных данных, за период выращивания во всех опытных группах, кроме второй, сохранность цыплят-бройлеров находилась на уровне 100 %. Цыплята второй группы, получавшие комбикорм без добавки микроэлементов, но с добавлением фитазы, уступали по данному показателю остальным группам на 2,86 % (табл. 2).

В показателях живой массы по опытным группам цыплят-бройлеров в сравнении с контрольной группой отмечались изменения. Так, у птиц II группы в возрасте 7, 14, 21, 33 и 35 сут живая масса уменьшилась в сравнении с контролем на 2,16 %; 1,27; 2,26; 3,14; 3,58 % соответственно, что, вероятно, указывало на снижение усвоения ими питательных веществ корма, вследствие отсутствия в рационах минеральной добавки в виде премикса. В III и IV группах, напротив, живая масса цыплят в те же возрастные периоды увеличивалась относительно показателей контрольной группы на 6,61 и 6,69 % (7 сут); 4,36 и 5,99 (21 сут); 5,98 и 9,19 (33 сут); 6,46 и 9,14 % (35 сут), что являлось свидетельством повышения усвоения бройлерами питательных веществ корма при добавлении в рационы аспарагинатов, как без фитазы (III группа), так и с фитазой (IV группа). Аналогичные результаты отмечались и в показателях среднесуточного прироста по периодам выращивания.

Зоотехнические показатели цыплят-бройлеров (*Gallus gallus L.*) кросса «Росс-308» при включении в рацион микроэлементов и фитазы (n = 35)

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Сохранность поголовья, %	100	97,14	100	100
Живая масса, г:				
суточные	40,0	40,0	40,0	40,0
7 сут	179,8±2,7	175,9±3,2	183,6±2,3	187,3± 3,1
14 сут	414,5±7,2	409,2±5,5	441,9±5,4**	443,5± 6,0**
21 сут	843,9±9,2	824,8±7,7	880,7±6,9***	894,5±9,7***
33 сут	1642,0± 22,4	1590,3± 20,8	1740,2± 22,4**	1792,9± 25,3***
35 дней в среднем	1849,4± 28,1	1783,1± 25,7	1968,9± 29,1	2018,5± 30,45
В т. ч.:				
петушков	1907,0± 26,8	1842,5± 29,7	2026,5± 29,9	2077,7± 32,2
курочек	1791,6± 26,6	1723,7± 25,8	1911,2± 32,2	1959,4± 33,4
Затраты корма на 1 гол., кг	3,03	3,01	3,04	3,08
Среднесуточный прирост живой массы, г	53,21	51,26	56,73	58,19
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,676	1,728	1,579	1,557
ЕИП	317,48	296,94	359,27	373,73

P ≤ 0,01 относительно группы II; *P ≤ 0,001 относительно группы II.

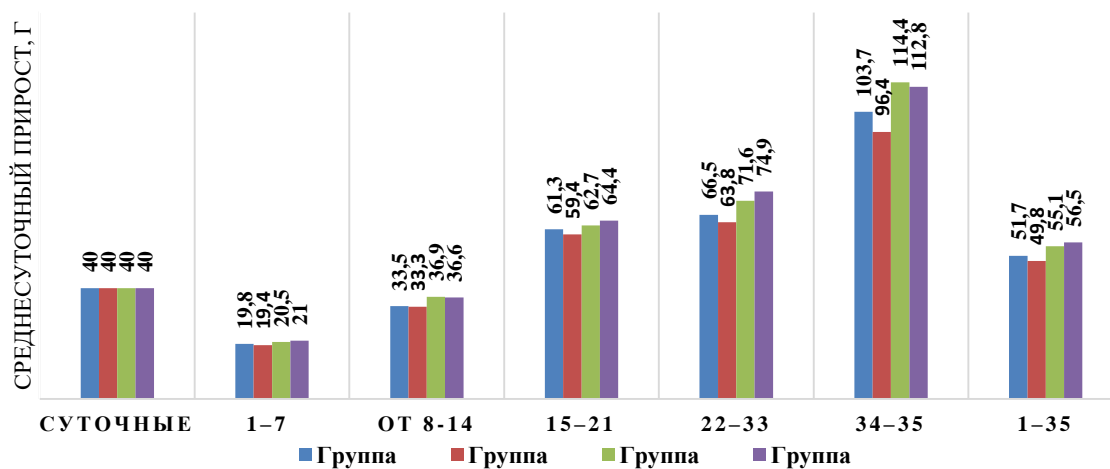


Рис. 2. Среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров (*Gallus gallus L.*) кросса «Росс-308» по периодам выращивания при включении в рацион микроэлементов и фитазы (n = 35), г

Так, во II группе за весь период выращивания, относительно контрольной среднесуточный прирост снизился на 3,66 %, а в III и IV группах, напротив, повысился на 6,83 и 9,35 % соответственно. Затраты корма на 1 кг прироста во II группе в сравнении с I увеличились на 3,11 %, что указывает на снижение переваримости и исполь-

зование птицей питательных веществ корма, а в III и IV группах, напротив, снизились на 5,78 и 7,11 % соответственно. Затраты корма на одну голову у цыплят II группы относительно контрольной стали меньше на 0,6 %, а в III и IV, напротив, выше на 0,3 и 1,65 % соответственно.

Полученные результаты свидетельствовали о положительном влиянии органических форм микроэлементов на показатели роста и продуктивности бройлеров. Это могло быть связано с повышением процента биодоступности микроэлементов за счет введения органической минеральной добавки в форме L-аспарагинатов. У птиц, рацион которых содержал одновременно комплекс органических микроэлементов в сочетании с фитазой, продуктивные показатели цыплят-бройлеров были выше, что являлось подтверждением более высокой усвояемости птицей питательных веществ корма под воздействием вносимого в рацион фермента.

Учитывая выявленный эффект влияния органических форм микроэлементов в виде L-аспарагинатов, как в сочетании с фитазой, так и без

нее, на продуктивные показатели цыплят-бройлеров, было исследовано и микробное сообщество их кишечника. При анализе состава микробиоценоза кишечника методом NGS-секвенирования были детектированы значительные отличия между группами уже на уровне фил. В целом в составе микробиома кишечника у птиц всех групп присутствовало 16 бактериальных филумов и суперфилумов, среди которых доминирующими были *Firmicutes*, *Bacteroidota*, *Proteobacteria*, *Actinobacteriota* (рис. 3). Так, в I контрольной группе преобладали бактерии, относящиеся к филе *Bacteroides*, при этом их численность была достоверно больше в сравнение с остальными изучаемыми группами ($57,59 \pm 2,05 \%$, $p \leq 0,05$).

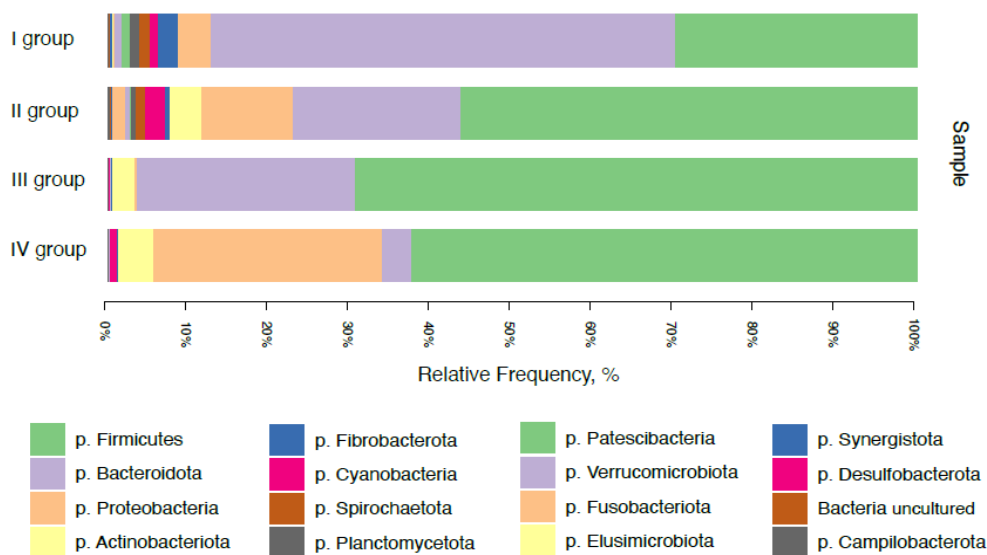


Рис. 3. Состав кишечного микробиома бройлеров (*Gallus gallus L.*) кросса «Росс-308» на уровне бактериальных фил по данным NGS-секвенирования ампликонов 16S рPHK в ответ на включение в рацион микроэлементов и фитаз ($n = 3$) при $p \leq 0,05$

В остальных экспериментальных группах более многочисленным таксоном были представители филы *Firmicutes*, наибольшее количество которых выявлялось в III опытной группе птиц ($69,45 \pm 3,69 \%$), потреблявших рацион с включением 7,5 % аспарагинатов от принятых норм без фитазы. IV опытная группа, получавшая корма с аспарагинатами в количестве 7,5 % от принятых норм в сочетании с фитазой, отличалась наименьшей долей представителей филы *Bacteroides* ($3,70 \pm 0,24 \%$, $p \leq 0,05$) и высоким

содержанием представителей филы *Proteobacteria* ($28,33 \pm 0,65 \%$, $p \leq 0,05$). Кроме того, у птиц III и IV групп в сравнении с группами бройлеров, потреблявших рацион без включения фитаз, также была высока доля актинобактерий. Результаты кластерного анализа также подтверждаются анализом главных компонент, который продемонстрировал сходные закономерности. Так, кластерный анализ позволил установить большое сходство микробиома слепых отростков птиц III и IV экспериментальных групп,

рацион которых включал 7,5 % органических форм микроэлементов, L-аспарагинатов от принятых норм, как без фитазы, так и с фитазой (рис. 4). Данный подкластер имел также сходство с микробиомом II экспериментальной группы ($p \leq 0,03$). Контрольная группа имела наибольшие отличия от опытных групп.

Результаты многомерного статистического анализа данных методами кластерного анализа и PCA-анализа в отдельные подкластеры выявлены группы, рацион которых содержал органические формы микроэлементов (рис. 5).

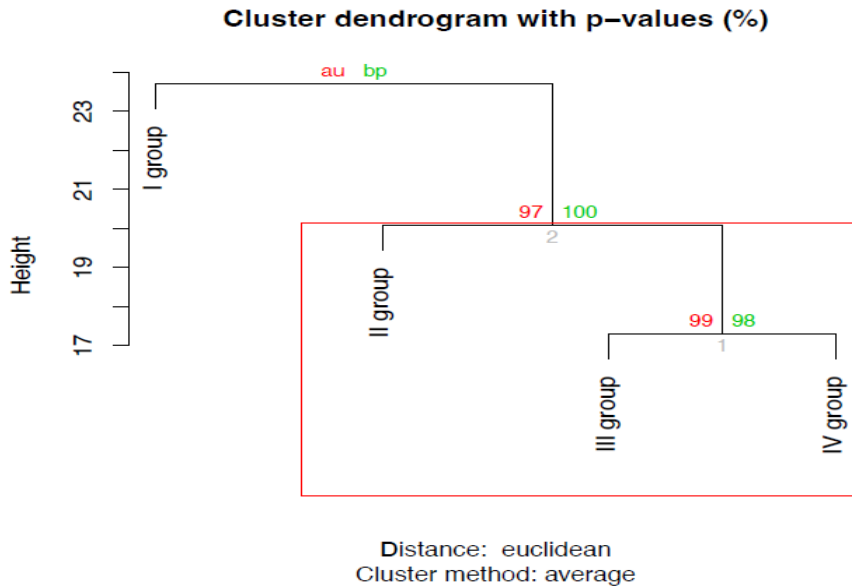


Рис.4. Результаты кластерного анализа методом UPGMA, отражающего сходство кишечного микробиома бройлеров (*Gallus gallus L.*) кросса «Росс-308» по данным NGS-секвенирования

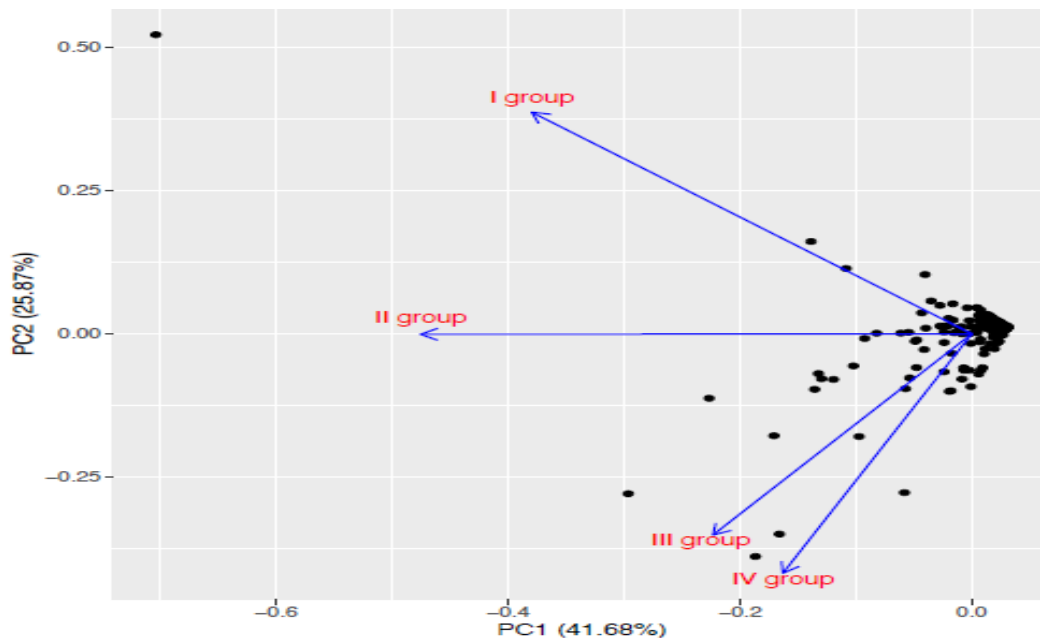


Рис. 5. PCA-анализ сходства кишечного микробиома бройлеров (*Gallus gallus L.*) кросса «Росс-308» по данным NGS-секвенирования (точками представлены рода бактерий)

Гистологические исследования стенки среднего отдела пищеварительной трубки показали, что у цыплят всех групп в строении кишечника была хорошо выражена стратификация по слоям. Однако в гистоархитектонике кишечника цыплят I, II и IV групп отмечалась слабо выраженная мононуклеарная инфильтрация, включающая преимущественно лимфоциты и в меньшей степени макрофаги, причем в IV группе данные проявления были сглажены. В кишечнике цыплят-бройлеров III группы изменений в морфологических показателях не наблюдалось.

Заключение. В результате исследований установлено, что применение в рационах органической минеральной добавки в форме L-аспарагинатов в количестве 7,5 % от гарантированных норм, как в сочетании с фитазой, так и без нее, способствовало усилению биологической активности, обеспечивающей лучшую ассимиляцию металлов, что, в свою очередь, оказывало положительное влияние на физиологические процессы в организме бройлеров. Наиболее позитивные отличия от остальных экспериментальных групп по зоотехническим показателям отмечены у птиц III группы, рацион которых включал микроэлементный комплекс в форме L-аспарагинатов. В то же время введение фитазы в рацион цыплят-бройлеров на фоне аспарагинатов приводило к повышению продуктивных показателей в сравнении с I и II группой. При исследовании микробиома кишечника экспериментальных цыплят отмечалось, что в кишечнике птиц III и IV групп наблюдались выраженные сдвиги не только в составе микробиома, но и по уровню его биоразнообразия. При этом выявлено выделение в отдельные подкластеры группы, рацион которых содержал органические формы микроэлементов в виде L-аспарагинатов. При анализе гистоструктур кишечника цыплят-бройлеров, лучший результат отмечается у бройлеров III группы, получавших рацион с добавлением микроэлементов в форме L-аспарагинатов. Микроструктура их кишечника остается без изменений. У птиц I, II и IV групп в составе соединительнотканной стромы ворсинок наблюдается умеренно выраженная смешанно-клеточная инфильтрация, однако у цыплят-бройлеров IV группы, потреблявших рацион с добавлением фитазы на фоне органических форм микроэлементов, наблюдалось снижение степени данных проявлений, что подтверждает полученные нами результаты.

Список источников

1. *Топорова Л.В., Андреев В.В.* Биологические основы минерального питания сельскохозяйственных животных // *Ценовик*. 2016. № 2. С. 93–108.
2. *Тухбатов И.А.* Повышение продуктивных качеств цыплят-бройлеров при использовании в рационе минеральных и органических кормовых добавок: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.10 / Оренбург. гос. аграр. ун-т. Оренбург, 2017. 339 с.
3. *Кабиров Г.Ф., Логинов Г.П., Хазипов Н.З.* Хелатные формы биогенных металлов в животноводстве. Казань, 2004. 248 с.
4. Минеральный премикс на основе L-аспарагинатов микроэлементов / *Е. Андрианова [и др.]* // *Птицеводство*. 2011. № 3. С. 16–19.
5. L-аспарагинаты микроэлементов в комбикормах для кур-несушек / *И. Егоров [и др.]* // *Птицеводство*. 2013. № 10. С. 7–9.
6. Фитаза и органические формы микроэлементов в комбикормах для цыплят-бройлеров / *М. Кашинская [и др.]* // *Комбикорма*. 2020. С. 54–59. DOI: 10/25741/2413-287X-2020-12-3-128.
7. Effects of protease and phytase supplements on small intestinal microbiota and amino acid digestibility in broiler chickens / *T. Borda-Molina [et al.]* // *Poultry Science*. 2019. Vol. 98, Iss. 7. P. 2906–2918.
8. Phytase modulates ileal microbiota and enhances growth performance of the broiler chickens / *M.R. Ptak [et al.]* // *PLoS One*. 2015. № 10. P. e0119770
9. *Y. Sun, M.X.D. O'Riordan.* Regulation of bacterial pathogenesis by intestinal short-chain fatty acids // *Adv. Appl. Microbiol.* 2013. № 85. P. 93–118.

Spisok istochnikov

1. *Toporova L.V., Andreev V.V.* Biologicheskie osnovy mineral'nogo pitaniya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh // *Cenovik*. 2016. № 2. S. 93–108.
2. *Tuhbatov I.A.* Povyshenie produktivnyh kachestv cyplyat-brojlerov pri ispol'zovanii v racione mineral'nyh i organicheskikh kormovyh dobavok: dis. ... d-ra s.-h. nauk: 06.02.10 / Orenburg. gos. agrar. un-t. Orenburg, 2017. 339 s.

3. *Kabirov G.F., Loginov G.P., Hazipov N.Z.* Helatnye formy biogennykh metallov v zhivotnovodstve. Kazan', 2004. 248 s.
4. Mineral'nyj premiks na osnove L-asparaginatov mikro`elementov / *E. Andrianova* [i dr.] // Pticevodstvo. 2011. № 3. S. 16–19.
5. L-asparaginyaty mikro`elementov v kombikormah dlya kur-nesushek / *I. Egorov* [i dr.] // Pticevodstvo. 2013. № 10. S. 7–9.
6. Fitaza i organicheskie formy mikro`elementov v kombikormah dlya cyplyat-brojlerov / *M. Kashinskaya* [i dr.] // Kombikorma. 2020. S. 54–59. DOI: 10/25741/2413-287H-2020-12-3-128.
7. Effects of protease and phytase supplements on small intestinal microbiota and amino acid digestibility in broiler chickens / *T. Borda-Molina* [et al.] // Poultry Science. 2019. Vol. 98, Iss. 7. P. 2906–2918.
8. Phytase modulates ileal microbiota and enhances growth performance of the broiler chickens / *M.R. Ptak* [et al.] // PLoS One. 2015. № 10. P. e0119770
9. *Y. Sun, M.X.D. O'Riordan.* Regulation of bacterial pathogenesis by intestinal short-chain fatty acids // Adv. Appl. Microbiol. 2013. № 85. P. 93–118.

Статья принята к публикации 15.03.2023 / The article accepted for publication 15.03.2023.

Информация об авторах:

Татьяна Ивановна Жилочкина¹, преподаватель кафедры биологии, экологии, гистологии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Иван Афанасьевич Егоров², руководитель научного направления питания птицы, академик РАН, доктор биологических наук, профессор

Маня Эдуардовна Мкртчян³, заведующая кафедрой биологии, экологии, гистологии, доктор ветеринарных наук, доцент

Георгий Юрьевич Лаптев⁴, директор, доктор биологических наук

Лариса Александровна Ильина⁵, начальник молекулярно-генетической лаборатории, доктор биологических наук

Information about the authors:

Tatyana Ivanovna Zhilochkina¹, Lecturer at the Department of Biology, Ecology, Histology, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

Ivan Afanasyevich Egorov², Head of the Scientific Department of Poultry Nutrition, RAS Academician, Doctor of Biological Sciences, Professor

Mania Eduardovna Mkrтчyan³, Head of the Department of Biology, Ecology, Histology, Doctor of Veterinary Sciences, Docent

Georgy Yurievich Laptev⁴, Director, Doctor of Biological Sciences

Larisa Aleksandrovna Ilyina⁵, Head of the Molecular Genetic Laboratory, Doctor of Biology

