

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

**Продуктивность, иммунный статус и микробиота кишечника
цыплят-бройлеров при включении в рацион пробиотиков
на основе *Lactiplantibacillus plantarum* SG66 и/или *Bacillus subtilis* GA24**

Ришат Салаватович Мухаммадиев^{1,2✉}, Ринат Салаватович Мухаммадиев^{1,2},
Ленар Рашитович Валиуллин^{1,2}, Михаил Геннадьевич Барышев¹,
Вали Галиевич Гумеров², Алина Сергеевна Мухаммадиева²,
Андрей Иванович Самсонов², Булат Анварович Садыков³

¹Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
Московская область, Россия

²Федеральный центр токсикологической, радиационной
и биологической безопасности, Казань, Россия

³Птицеводческий комплекс «Ак Барс», Республика Татарстан, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: tashir9891@mail.ru

Аннотация

В статье представлены данные по сравнительному анализу продуктивности, иммунного статуса и микробиоты слепого кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион пробиотиков на основе штаммов *Lactiplantibacillus plantarum* SG66 и/или *Bacillus subtilis* GA24. В исследованиях применялись цыплята-бройлеры кросса Кобб 500, которых выращивали при напольном содержании с суточного до 42-суточного возраста. Птицы 1-й, 2-й и 3-й групп получали сбалансированный рацион с добавлением опытных образцов пробиотиков на основе, соответственно, *L. plantarum* SG66, *B. subtilis* GA24 и их смеси из расчета $2,70 \times 10^6$ КОЕ/г корма; птицы 4-й группы (контроль) получали полнорационный комбикорм. Установлено, что прирост живой массы у цыплят 1-й, 2-й и 3-й групп был выше ($p < 0,05$) контроля, соответственно, на 6,18; 7,02; 9,81%, конверсия корма была ниже на 1,76; 3,53; 2,94%. Индекс продуктивности у птиц групп 1, 2 и 3 был выше, чем в контроле, на 35,75; 44,93; 54,66 ед. соответственно. Наибольшую сохранность имели бройлеры из 3-й группы (97,07%), затем – бройлеры 2, 1 и 4 групп (96,50; 96,63; 94,29% соответственно). Наблюдаемое увеличение ($p < 0,05$) переваримости питательных компонентов рациона цыплят группы 1 происходило за счет переваримости сухого вещества, цыплят группы 2 – за счет сухого вещества и клетчатки, группы 3 – за счет сухого вещества, клетчатки и протеина. По сравнению с контролем фагоцитарная активность нейтрофилов, бактерицидная и лизоцимная активность сыворотки крови бройлеров возрастала ($p < 0,05$) в группах 2 и 3. У птиц группы 1 не выявлены достоверные изменения в указанных показателях. Согласно результатам количественной ПЦР установлено, что общая численность бактерий в химусе слепого кишечника бройлеров 1, 2 и 3 групп была больше ($p < 0,05$) в 1,12; 1,21; 1,17 раза соответственно относительно контроля. Введение в рацион опытных образцов пробиотика приводило к повышению ($p < 0,05$) соотношения *Firmicutes/Bacteroidetes*, что положительно коррелировало с увеличением прироста живой массы тела цыплят ($p = 1,0$ по Спирмену).

Ключевые слова

Продуктивность, иммунный статус, микробиота кишечника, цыплята-бройлеры, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Bacillus subtilis*, пробиотики, птицеводство

Благодарности

Авторы выражают благодарность Ш.З. Валидову (НИЛ «Микробные биотехнологии» ИФМиБ Казанского (Приволжского) федерального университета), Т.В. Багаевой (кафедра биохимии, биотехнологии и фармакологии ИФМиБ Казанского (Приволжского) федерального университета) за помощь и полезные советы в аналитических экспериментах.

Для цитирования

Мухаммадиев Риш.С., Мухаммадиев Рин.С., Валиуллин Л.Р., Барышев М.Г. и др. Продуктивность, иммунный статус и микробиота кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион пробиотиков на основе *Lactiplantibacillus plantarum* SG66 и/или *Bacillus subtilis* GA24 // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 1. С. 182–200.

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

Productivity, immune status and intestinal microbiota of broiler chickens when added to the diet probiotics based on *Lactiplantibacillus plantarum* SG66 and/or *Bacillus subtilis* GA24 strains

Rishat S. Mukhammadiev^{1,2✉}, Rinat S. Mukhammadiev^{1,2},
Lenar R. Valiullin^{1,2}, Mikhail G. Baryshev¹, Vali G. Gumerov²,
Alina S. Mukhammadieva², Andrey I. Samsonov², Bulat A. Sadykov³

¹All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia

²Federal Center of Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia

³Poultry Farming Complex “Ak Bars”, Republic of Tatarstan, Russia

✉Corresponding author: tashir9891@mail.ru

Abstract

The article presents data on comparative analysis of the productivity, immune status and microbiota of the cecum of broiler chickens when probiotics based on the strains of *Lactiplantibacillus plantarum* SG66 and/or *Bacillus subtilis* GA24 were added to the diet. The work used broiler chickens of the Cobb 500 cross, which were raised in floor housing from one day to 42 days of age. The birds of groups 1, 2 and 3 received a balanced diet with the addition of probiotics based on *L. plantarum* SG66, *B. subtilis* GA24 and their mixtures, respectively, at dose of 2.70×10^6 CFU/g of feed; group 4 (control) received a complete diet. Live weight gain of the broiler chickens in groups 1, 2 and 3 was higher ($p < 0.05$) than the control by 6.18, 7.02 and 9.81%, respectively; feed conversion was lower by 1.76, 3.53 and 2.94%. Productivity index of the broiler chickens in groups 1, 2 and 3 was higher than in the control by 35.75, 44.93 and 54.66 U, respectively. The broiler chickens in group 3 (97.07%) had the highest safe keeping followed by groups 2, 1 and 4 (96.50, 96.63 and 94.29%, respectively). The observed increase ($p < 0.05$) in the digestibility of nutrients of the diet of the broiler chickens of group 1 was due to the digestibility of dry matter, group 2 – dry matter and fiber, group 3 – dry matter, fiber and protein. Compared with the control, the phagocytic activity of neutrophils, bactericidal and lysozyme activities of blood serum of the broiler chickens in groups 2 and 3 increased ($p < 0.05$). No significant changes in these indicators were observed in the broiler chickens of group 1. According to the results of quantitative PCR, the total number of bacteria in the chyme of the cecum of the broiler chickens of groups 1, 2 and 3 was greater ($p < 0.05$) in 1.12, 1.21 and 1.17 times higher, respectively, than in the control group ($p < 0.05$). An increased *Firmicutes/Bacteroidetes* ratio in the experimental groups of broiler chickens was positively correlated with an increase in their live weight gain ($p = 1.0$, according to Spearman, $p < 0.05$).

Keywords

productivity, immune status, intestinal microbiota, broiler chickens, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Bacillus subtilis*, probiotics, poultry farming

Acknowledgments

The authors would like to thank Shamil Z. Validov (Research Laboratory of Microbial Biotechnology, Institute of Philosophy, Biotechnology and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University), Tatyana V. Bagaeva (Department of Biochemistry, Biotechnology and Pharmacology, Institute of Philosophy, Biotechnology and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University) for their assistance and useful advice in analytical experiments.

For citation

Mukhammadiev Rish.S., Mukhammadiev Rin.S., Valiullinn L.R. et al. Productivity, immune status and intestinal microbiota of broiler chickens when added to the diet probiotics based on *Lactiplantibacillus plantarum* SG66 and/or *Bacillus subtilis* GA24 strains. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 1. P. 182–200.

Введение Introduction

Спрос на высококачественные продукты промышленного птицеводства в последние десятилетия существенно возрос: ожидалось, что в 2024 г. объем производства куриного мяса составит 103,3 млн т, что сделало бы его одним из самых потребляемых источников животного белка в мире [1, 2]. Наряду с этим в отрасли птицеводства существует проблема вспышек эпидемий инфекционных заболеваний [3, 4]. В связи с этим особое внимание исследователи уделяют вопросам поддержания здоровья сельскохозяйственной птицы, значимости в этом процессе разнообразия кишечной микробиоты и ее функциональной активности [5, 6]. В многочисленных отечественных и зарубежных работах отмечается, что микробиота кишечника способна оказывать значительное воздействие на развитие кишечного эпителия и нормализацию физиологических параметров в течение роста птицы, что обуславливает необходимость формирования оптимальных микробных сообществ в различных отделах ее кишечника [7–9].

Проблема вспышек эпидемий инфекционных заболеваний и необходимость повышения эффективности производства продукции отрасли птицеводства привели к широкому использованию антибиотиков, способных обеспечивать продуктивность и здоровье цыплят [10, 11]. Тем не менее развитие у патогенных бактерий резистентности к антибиотикам, потенциально отрицательное влияние их на кишечную микробиоту и окружающую среду привели к объявлению Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) того, что применение указанных препаратов в производстве пищевых продуктов представляет угрозу здоровью человечества [12]. По этой причине в 2006 г. введен общеевропейский запрет на применение антибиотиков при выращивании сельскохозяйственных животных [13, 14]. В настоящее время в России также принят закон, согласно которому запрещается вносить антимикробные препараты в корма животных и реализовывать данные корма без рецепта ветеринарного специалиста (№ 463-ФЗ).

Для решения указанных выше проблем в птицеводстве исследователям совместно с птицеводами было предложено разработать эффективные стратегии, позволяющие обеспечивать продуктивность и поддерживать состояние здоровья птицы [12, 15]. В качестве альтернативы антибиотикам в птицеводстве исследователями

были предложены различные кормовые добавки, среди которых выделяются пробиотики, или живые, строго отобранные микроорганизмы, способные оказывать позитивное воздействие на иммунную систему, регулировать состав и метаболизм кишечной микробиоты, улучшать пищеварение и усвоение питательных веществ, тем самым повышая устойчивость цыплят к различным болезням и стимулируя их рост [16, 17].

Микроорганизмы, используемые в качестве пробиотиков для птицеводства, принадлежат родам *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus* и *Candida* [1, 13]. Включенный в состав пробиотика микробный штамм обладает индивидуальным уровнем защитной эффективности. В связи с этим особое внимание при разработке указанных препаратов уделяется этапам поиска новых штаммов микроорганизмов, обладающих высоким метаболическим потенциалом, и характеристике их биологических свойств [18, 19]. В этом плане не вызывают сомнения разработка и использование поливидового/полиштаммового пробиотика, который способен воздействовать на разные сайты и обеспечивать разные способы действия, создающие синергетический эффект [6, 20].

В статье представлены результаты исследований двух биосовместимых между собой штаммов бактерий с высоким антимикробным потенциалом в отношении возбудителей кишечных инфекций [21, 22] в качестве пробиотических добавок для цыплят-бройлеров.

Цель исследований: оценить влияние пробиотиков на основе *L. plantarum* SG66 и/или *B. subtilis* GA24 на рост, сохранность, иммунный статус и микробиоту кишечника птицы, а также усвояемость питательных веществ кормов.

Методика исследований Research method

В работе применяли штаммы молочнокислой *L. plantarum* SG66 и спорообразующей бактерий *B. subtilis* GA24 из фонда Коллекции микроорганизмов Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии (Московская обл., Россия). Их биосовместимость [20], а также пробиотические свойства *in vitro* были установлены нами ранее [21, 22].

Бактериальные клетки штаммов получали методом, описанным в работе [20].

Научно-практический эксперимент осуществляли в условиях ООО «Птицеводческий комплекс «Ак Барс» (Республика Татарстан, Пестречинский р-н, с. Ленино-Кокушкино) на цыплятах-бройлерах кросса Кобб 500 суточного возраста. Опытные и контрольную группы цыплят формировали в соответствии с принципом аналогов (по возрасту и живой массе). Отобранные птицы были разделены на 4 группы по 30 животных в каждой:

- группа 1 (опыт) – цыплята, которые получали комбикорм с добавлением опытного образца пробиотика на основе *L. plantarum* SG66 в количестве $2,70 \times 10^6$ КОЕ/г корма;
- группа 2 (опыт) – цыплята, которые получали комбикорм с добавлением опытного образца пробиотика на основе *B. subtilis* GA24 в количестве $2,70 \times 10^6$ КОЕ/г корма;
- группа 3 (опыт) – цыплята, которые получали комбикорм с добавлением опытного образца пробиотика на основе *L. plantarum* SG66 и *B. subtilis* GA24 в количестве $2,70 \times 10^6$ КОЕ/г корма;
- группа 4 (контроль) – цыплята, которые получали комбикорма, сбалансированные по всем питательным веществам.

Продолжительность дачи опытных образцов пробиотиков птицам составляла 42 дня. При этом с нулевых суток по 14 сутки научно-практического эксперимента цыплята-бройлеры получали комбикорм «Старт» (ООО «Государев Амбар») в виде гранул, с 15 суток по 22 сутки – «РОСТ» (ООО «Казанская мельница») в виде гранул, с 23 суток по 33 сутки – «Финиш-1» (ООО «Казанская мельница») в виде гранул, а с 34 суток и до конца выращивания (42-й день) – «Финиш-2» (ООО «Казанская мельница») в виде гранул.

Молодняк мясной птицы выращивали при полном содержании при постоянном искусственном освещении, температуре +34,0°C и понижении температуры на 2,0°C каждую неделю. Цыплята имели свободный доступ к корму и воде.

В процессе эксперимента осуществляли ежедневное взвешивание бройлеров опытных и контрольной групп, а также определяли показатели их продуктивности (прирост массы тела, привес) и сохранность поголовья.

Влияние опытных образцов пробиотиков на конверсию корма оценивали на основании учета потребленных кормов птицами и результатов прироста массы их тела [11]. Количество потребляемого бройлерами комбикорма определяли измерением остатка корма на еженедельной основе с начала исследований. Расчет европейского индекса продуктивности (I_n) осуществляли согласно формуле [8]:

$$I_n = \frac{M_{cp} \times C_n \times 100}{P_v \times Z_k},$$

где M_{cp} – средняя живая масса тела, кг; C_n – сохранность поголовья, %; P_v – продолжительность выращивания, сут.; Z_k – затраты корма на 1 кг прироста массы тела, кг.

Влияние опытных образцов пробиотиков на усвоение кальция, фосфора и азота оценивали балансовым опытом, в ходе которого производили учет количества каждого элемента в среднесуточной дозе рациона и помете птицы [23]. В физиологическом балансовом опыте также определяли коэффициенты усвоения кальция, фосфора и азота организмом бройлеров.

По окончании эксперимента (на 42 сутки) у птиц опытных и контрольной групп (произвольно по 5 гол.) проводили забор крови и содержимого слепой кишки для лабораторных исследований.

В образцах крови цыплят устанавливали морфологические (общее число эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобин) и иммунологические (фагоцитарная активность (ФА) нейтрофилов, бактерицидная (БА) и лизоцимная (ЛА) активности сыворотки) показатели способами, описанными нами ранее [24] и в работе [3].

В образцах содержимого слепого кишечника цыплят исследовали общую численность, состав и структуру бактериального сообщества молекулярно-генетическим методом.

Для определения общей численности бактерий слепого кишечника выделение тотальной ДНК из образцов проводили набором реагентов «Genomic DNA Purification Kit» («Fermentas», Литва) по рекомендациям производителя. ПЦР в реальном времени (ПЦР-РВ) осуществляли, используя «Набор реагентов для ПЦР-РВ в присутствии интеркалирующего красителя EVAGreen» («Синтол», Россия), комбинацию праймеров 338F (5'-ACTCCTACGGGAGGCAGCAG-3') и 518R (5'-ATTACCGCGTCTGCTGG-3'). ПЦР-амплификацию гена осуществляли по следующему режиму: 1 цикл – +95°C в течение 3 мин (стартовая денатурация); 40 циклов – при температуре +95°C в течение 13 с (денатурация), при +57°C в течение 13 с (отжиг), при +72°C в течение 30 с (элонгация) [25].

Для установления состава и структуры бактериального сообщества слепого кишечника варибельную V3 область гена 16S рРНК бактерий амплифицировали, применяя комбинацию универсальных праймеров 515F (5'-ССТАСGGGNGGCW-GCAG-3') и 806R (5'-GGACTACHVGGGTWTСТААТ-3'). ПЦР-амплификацию гена осуществляли по следующему режиму: 1 цикл – при температуре +94°C в течение 4 мин (стартовая денатурация); 25 циклов – при +94°C в течение 30 с (денатурация), при +50°C в течение 45 с (отжиг), при +72°C в течение 30 с (элонгация); 1 цикл – при +72°C в течение 5 мин (финальный синтез) [26]. Продукты, полученные после реакции, разделяли с помощью метода электрофореза в 1,5%-ном агарозном геле, а затем очищали набором реагентов QIAquick Gel Extraction Kit («Qiagen», Германия) по рекомендациям фирмы-производителя. Количественное определение ампликонов проводили с использованием набора реагентов Quant-iT Pico Green dsDNA Assay Kit («Invitrogen», США), а создание библиотеки сиквенсов – с использованием набора TruSeq DNA PCR-Free («Illumina», США) в соответствии с инструкциями от компаний-производителей. Для секвенирования библиотек, содержащих гены 16S рРНК, использовали набор реагентов MiSeq Reagent Kit v2 («Illumina», США) и систему генетического анализа MiSeq («Illumina», США).

Анализ данных секвенирования осуществляли в программе «QIIME2» (версия 2020.2) [8]. Полученные сиквенсы объединяли в операционные таксономические единицы (ОТЕ) в соответствии с гомологией в 97%. На основании полученных данных устанавливали таксономическую принадлежность ОТЕ, применяя базу данных RDP (Ribosomal Database Project; <http://rdp.cme.msu.edu>). Изучение данных таксономической структуры сообщества кишечного микробиома птиц проводили по долям ОТЕ с целью выяснения состава и структуры основных таксономических единиц.

Статистический анализ полученных результатов исследований осуществляли в программах MS Excel и GraphPad Prism, применяя дисперсионный анализ (one-way ANOVA) и критерий Тьюки, и с помощью t-критерия Стьюдента. Достоверными считали данные с уровнем значимости $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В отечественной и зарубежной литературе имеются данные, свидетельствующие о том, что штаммы *Lactiplantibacillus plantarum* и *Bacillus subtilis* способны улучшать зоотехнические показатели молодняка мясной птицы [3, 8, 27]. В наших исследованиях в результате применения опытных образцов пробиотиков показано повышение ($p < 0,05$) показателей продуктивности и сохранности бройлеров в экспериментальных группах относительно контроля (табл. 1).

Значение прироста живой массы бройлеров варьировало (2669,00–2760,18 г) в зависимости от используемого пробиотика и оказалось наибольшим в 3-й экспериментальной группе, где указанный показатель был на 9,81% выше ($p < 0,05$), чем в 4-й группе (контроль). При этом в 3-й группе отмечали снижение конверсии корма на 2,94% относительно контроля. Прирост живой массы у цыплят 1-й и 2-й групп был выше ($p < 0,05$) контроля на 6,18 и 7,02%, конверсия корма – ниже на 1,76 и 3,53% соответственно. Сравнение указанных показателей экспериментальных групп позволяет заключить следующее: в группе 3 наблюдается достоверное увеличение привеса на 3,42 и 2,61% соответственно по сравнению с группами 1 и 2, снижение конверсии корма на 1,21% относительно группы 1 и повышение последнего параметра на 0,61% в сравнении с группой 2.

**Показатели продуктивности и сохранности бройлеров кросса Кобб 500
на фоне применения опытных образцов пробиотиков***

Table 1

**Productivity and safety indicators of Cobb 500 cross broilers
against the background of the use of probiotic prototypes***

Показатели	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
Сохранность поголовья, %	96,63	96,50	97,07	94,29
Прирост живой массы, г	2669,00±54,17	2690,09±32,94	2760,18±36,32	2513,63±43,75
Среднесуточный прирост, г	63,55±1,29	64,05±0,78	65,72±0,87	59,85±1,04
Конверсия корма	1,67	1,64	1,65	1,70
И _п , ед.	367,70	376,88	386,62	331,95

*Различия между значениями являются статистически значимыми при $p < 0,05$.

Сохранность мясной птицы в зависимости от используемого пробиотика существенно не различалась: наибольшую имели бройлеры из 3-й группы (97,07%), затем – 2-й и 1-й групп (96,50 и 96,63% соответственно). Наименьшую сохранность отмечали у цыплят контрольной группы. Значения сохранности цыплят опытных групп были выше на 2,21–2,78% относительно значений указанного показателя контроля.

И_п у птиц групп 1, 2 и 3 был выше, чем в контроле, на 35,75; 44,93 и 54,66 ед. соответственно. При сравнении указанного показателя опытных групп было установлено повышение И_п на 4,89 и 2,52% в группе 3 относительно групп 1 и 2.

Полученные на основе балансового опыта результаты в целом согласовывались с данными по показателям продуктивности цыплят-бройлеров (табл. 2).

Установлено, что повышение ($p < 0,05$) переваримости питательных компонентов рациона бройлеров группы 1 произошло за счет переваримости сухого вещества, группы 2 – сухого вещества и клетчатки, группы 3 – сухого вещества, клетчатки и протеина. Наибольшую переваримость клетчатки и протеина корма наблюдали во 2-й группе: значения коэффициента переваримости указанных питательных веществ были выше ($p < 0,05$), соответственно, на 2,12 и 3,96% по отношению к контролю. Переваримость сухого вещества, клетчатки и протеина в 3-й группе превышала аналогичные показатели контрольной группы, соответственно, на 2,68; 1,93; 3,60%. Во 2-й и 3-й группах использование азота оказалось выше, чем в контроле, на 3,03% ($p < 0,05$) и 2,78% ($p < 0,05$), использование кальция – 1,88% ($p > 0,05$) и 2,66% ($p < 0,05$) соответственно. Во всех экспериментальных группах переваримость жира и использование фосфора корма цыплятами имели тенденцию повышения относительно контроля. Тем не менее наблюдаемые различия в указанных показателях не имели достаточной степени достоверности ($p > 0,05$).

Более низкая переваримость клетчатки, протеина и жира рациона, а также использование азота и фосфора бройлерами 1-й группы свидетельствуют о потенциальной необходимости корректировки способа применения или дозировки пробиотика на основе *L. plantarum* SG66.

**Использование питательных веществ рациона, %, бройлеров
красса Кобб-500 на фоне применения опытных образцов пробиотиков***

Table 2

**Use of dietary nutrients (%) of Cobb-500 broilers against the background
of the use of probiotic prototypes***

Показатели	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
Коэффициенты переваримости				
сухого вещества	76,69±0,87	76,47±0,92*	77,36±1,38	74,68±1,01*
клетчатки	18,69±1,24*	20,12±1,06	19,93±0,90	18,00±0,98*
протеина	90,51±0,88*	92,59±1,19	92,23±1,26	88,63±1,33*
жира	77,78±0,84*	77,86±0,95*	78,25±1,01*	76,91±0,80*
Использование				
азота	64,01±1,53*	65,38±1,41	65,13±1,29	62,35±1,37*
кальция	49,89±0,98	49,74±1,20*	50,52±1,42	47,86±1,04*
фосфора	39,60±1,06*	39,73±1,35*	40,37±1,17*	39,22±1,25*

*Различия между значениями являются статистически незначимыми при $p \geq 0,05$.

Более высокая переваримость клетчатки и протеина корма во 2-й и 3-й группах птиц связана скорее всего со способностью входящего в состав опытных образцов пробиотика *B. subtilis* GA24 продуцировать ряд внеклеточных гидролаз [20]. Ранее нами было показано [28], что бациллярный штамм GA24 на питательной среде на основе ксилана и пептона синтезирует ксиланазу и протеазу с максимальной ферментативной активностью (9,9±0,3) и (51,3±1,3) ед/мл соответственно.

По сравнению с контролем в крови цыплят-бройлеров групп 2 и 3 отмечали достоверные изменения морфологических и иммунологических показателей (табл. 3).

Во 2-й группе бройлеров количество гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов оказалось выше контрольных значений, соответственно, на 3,84 ($p > 0,05$), 4,35 ($p < 0,05$) и 6,49% ($p < 0,05$); в 3-й группе – на 9,03 ($p < 0,05$), 7,83 ($p < 0,05$) и 8,30% ($p < 0,05$). По сравнению с контролем ФА, БА и ЛА сыворотки крови также возрастали ($p < 0,05$) в группах 2 и 3. У птиц 1-й группы не выявлены достоверные изменения в указанных показателях, однако установлена некоторая тенденция их увеличения.

Следует отметить, что морфологические показатели крови и параметры неспецифической резистентности организма цыплят экспериментальных групп находились в пределах нормы, свидетельствуя о положительном влиянии опытных образцов пробиотиков на физиологическое состояние птицы и, следовательно, на их сохранность.

**Морфологические показатели крови
и неспецифическая резистентность организма бройлеров кросса Кобб 500
на фоне применения опытных образцов пробиотиков**

Table 3

**Morphological parameters of blood and non-specific resistance of the organism
of Cobb-500 broilers against the background of the use of probiotic prototypes**

Показатели	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
Гемоглобин, г/л	101,32±2,53*	102,46±2,44*	107,58±2,68	98,67±2,36*
Эритроциты, 10 ¹² /л	3,56±0,08*	3,60±0,06	3,72±0,07	3,45±0,08*
СОЭ, мм/ч	2,38±0,04	2,43±0,05	2,34±0,04	2,57±0,05
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	26,96±0,58*	27,72±0,56	28,19±0,63	26,03±0,60*
ФА нейтрофилов, %	42,84±1,06*	43,96±1,04	44,68±1,11	41,45±1,02*
БА сыворотки, %	40,87±1,02*	42,54±1,00	43,22±1,16	38,89±0,97*
ЛА сыворотки, %	23,12±0,57*	24,93±0,62	25,65±0,56	22,01±0,55*

*Различия между значениями являются статистически незначимыми при $p \geq 0,05$.

Полученные нами данные свидетельствуют о стимулирующем воздействии опытных образцов пробиотиков, содержащих *B. subtilis* GA24, на гуморальные и клеточные факторы иммунитета мясной птицы, что, по-видимому, обусловлено способностью бактерий образовывать биологически активные метаболиты. В предыдущей работе [20] чашечным методом нами было установлено, что бациллярный штамм GA24 образует сидерофоры, бактериоцины и экзополисахариды, а также соединения с антиоксидантным потенциалом.

Результаты наших исследований согласуются с данными других работ, в которых показано, что штаммы *Lactiplantibacillus plantarum* и *Bacillus subtilis* способны повышать усвояемость питательных веществ рациона и иммунный статус цыплят-бройлеров [26, 27].

В исследованиях выполнена оценка изменений, которые вызывали опытные образцы пробиотиков, в структуре микробиоты содержимого слепой кишки в связи с осуществлением в ней значительных процессов ферментации и переваривания различных субстратов (целлюлозы, ксилана, крахмала и других полисахаридов), а также наиболее продолжительным удерживанием корма в этом отделе пищеварительного тракта птиц (12–20 ч) [25].

Проведенный молекулярно-генетический анализ показал более высокую общую численность бактерий в образцах содержимого слепого кишечника бройлеров экспериментальных групп по сравнению с контролем (рис. 1).

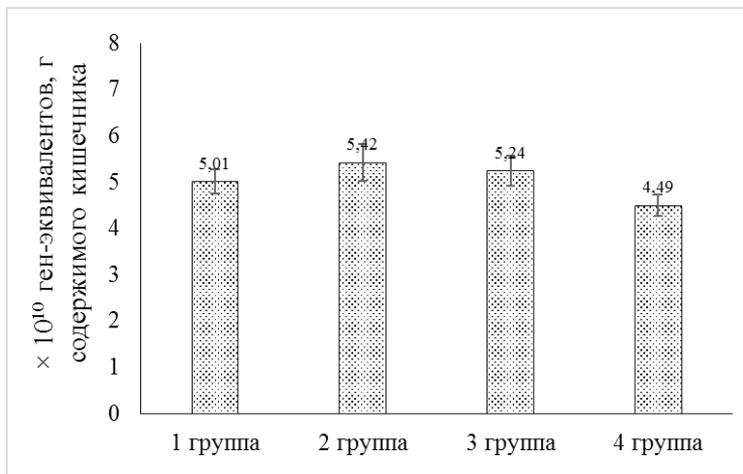


Рис. 1. Общая численность бактерий слепой кишки бройлеров кросса Кобб-500 на фоне применения опытных образцов пробиотиков (результаты количественной ПЦР)

Figure 1. Total number of bacteria in the cecum of Cobb-500 broilers after application of probiotic prototypes (quantitative PCR results)

Общая численность бактерий в содержимом слепой кишки цыплят групп 1, 2 и 3 была выше ($p < 0,05$), соответственно, в 1,12; 1,21; 1,17 раза относительно контроля. При сравнении указанного показателя экспериментальных групп достоверные изменения не установлены.

В слепой кишке контрольной и экспериментальных групп молодняка птиц идентифицировали представителей филумов *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria*, *Tenericutes*, *Actinobacteria*, *Cyanobacteria* и *Synergistetes* (рис. 2), что согласуется с проведенными исследованиями отечественных авторов микробиоты химуса слепых отростков бройлеров кросса Кобб-500 [8].

Доминирующими филумами в сообществах кишечника были *Firmicutes* и *Bacteroidetes* (рис. 2, слева). Тем не менее в зависимости от используемого пробиотика в соотношении численности представителей филумов отмечали изменения, имеющие сходные тенденции для птицы опытных групп. Так, доля *Firmicutes* в микробиоте слепой кишки бройлеров 1, 2 и 3 групп была больше ($p < 0,05$) в 1,11; 1,20; 1,28 раза, *Bacteroidetes* – ниже в 1,15; 1,44; 1,85 раза соответственно по сравнению с контролем. Представители филумов *Proteobacteria*, *Tenericutes*, *Actinobacteria*, *Cyanobacteria* и *Synergistetes* являлись второстепенными сообществами микробиоты кишечника молодняка мясной птицы.

На уровне класса филумы *Firmicutes* и *Bacteroidetes* в микробном сообществе слепой кишки бройлеров всех групп были преимущественно представлены *Clostridia* и *Bacteroidia* (рис. 2, справа), которые включают в себя бактерии, способные к продукции целлюлозо-, амило- и протеолитических ферментов (семейства *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Lactobacillaceae* и др.) [16, 25]. Введение в рацион птиц опытных образцов пробиотиков приводило к изменению соотношения выявленных классов. Так, доля *Clostridia* в микробиоте кишечника цыплят 1, 2 и 3 групп была выше ($p < 0,05$), соответственно, в 1,13; 1,22; 1,29 раза, *Bacteroidia* – ниже в 1,14; 1,43; 1,90 раза относительно контроля. Бактерии других классов присутствовали существенно в меньших количествах.

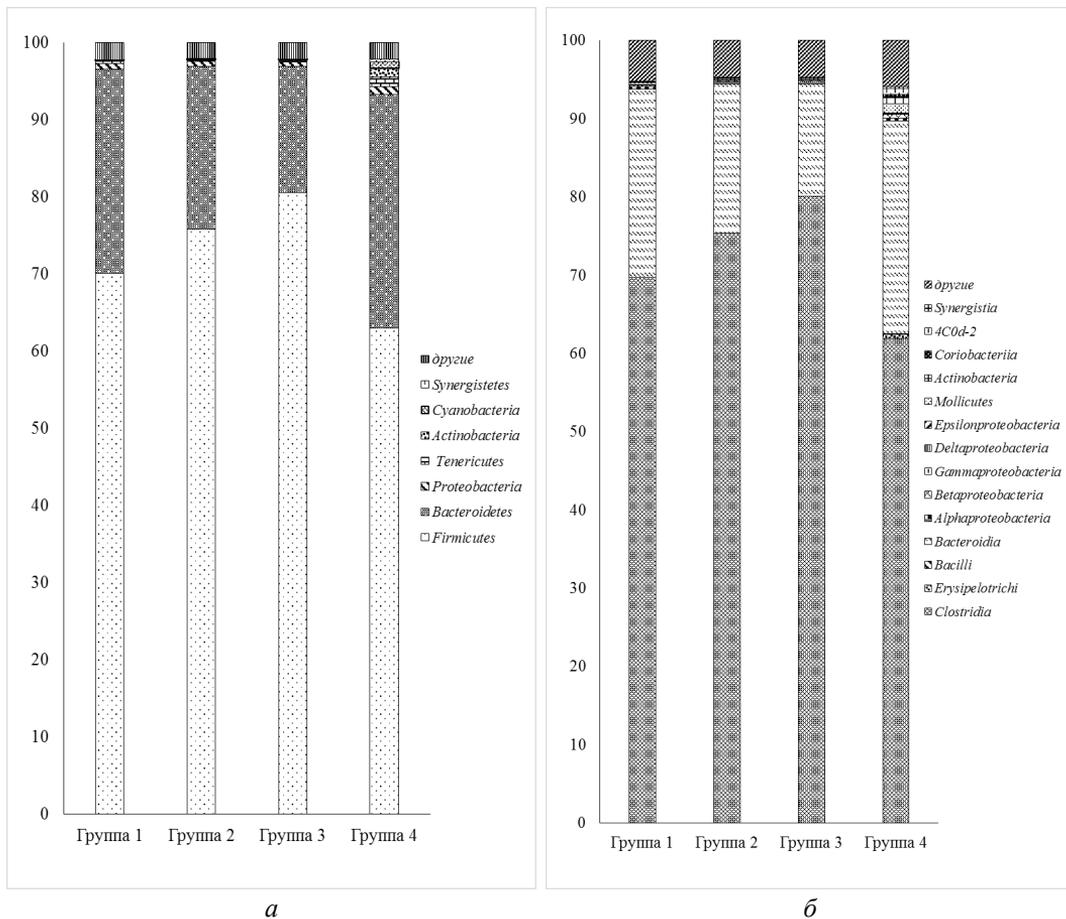


Рис. 2. Соотношение численности бактерий, %, на уровне филума (а) и класса (б) сообществ слепой кишки бройлеров кросса Кобб-500 на фоне применения опытных образцов пробиотиков

Figure 2. Relative abundances (%) of bacteria at the level of phylum (a) and class (b) of communities in the cecum of Cobb-500 broilers against the background of the use of probiotic prototypes

Нами было отмечено снижение доли представителей филума *Proteobacteria* в 1,35–1,76 раза и класса *Gammaproteobacteria* в 2,00–2,67 раза в кишечнике бройлеров экспериментальных групп по сравнению с контрольной группой. Среди представителей указанного класса встречаются патогенные виды бактерий (рода *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* и др.), поэтому уменьшение их численности свидетельствует о способности опытных образцов пробиотиков к коррекции микробиологических нарушений кишечника птиц. В наших более ранних работах [21, 22] показано, что штаммы *L. plantarum* SG66 и *B. subtilis* GA24 проявляют антимикробный потенциал в отношении грамположительных *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus sp.* и грамотрицательных бактерий *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella sp.*, *Citrobacter sp.*, полученных из биоматериала погибшего молодняка птицы с клиническими симптомами кишечных инфекций.

В ряде работ установлено, что повышение соотношения филумов *Firmicutes/Bacteroidetes* обусловлено стимулированием показателей роста мясной

птицы [8, 29]. Увеличение численности представителей филума *Firmicutes* приводит к сравнительно высокому уровню продукции короткоцепочечных летучих жирных кислот, используемых как источник энергии и углерода для роста животного [8, 30]. В наших исследованиях корреляционный анализ Спирмена показал положительную взаимосвязь соотношения *Firmicutes/Bacteroidetes* и прироста живой массы тела цыплят-бройлеров ($\rho = 1,0$; $p < 0,05$) (рис. 3).

Анализ полученных в исследованиях данных свидетельствует о том, что повышенный уровень представителей филума *Firmicutes* и, в частности, *Clostridia* в слепом кишечнике может рассматриваться в качестве потенциального маркера высокой мясной продуктивности у бройлеров.

Данные, полученные в результате зоотехнического и балансового опытов, морфологических и иммунологических исследований крови, молекулярно-генетического анализа образцов содержимого слепой кишки молодняка мясной птицы, указывают на более низкую эффективность моновидовых/моноштаммовых пробиотиков по сравнению с поливидовыми/полиштаммовыми пробиотиками как кормовыми добавками.

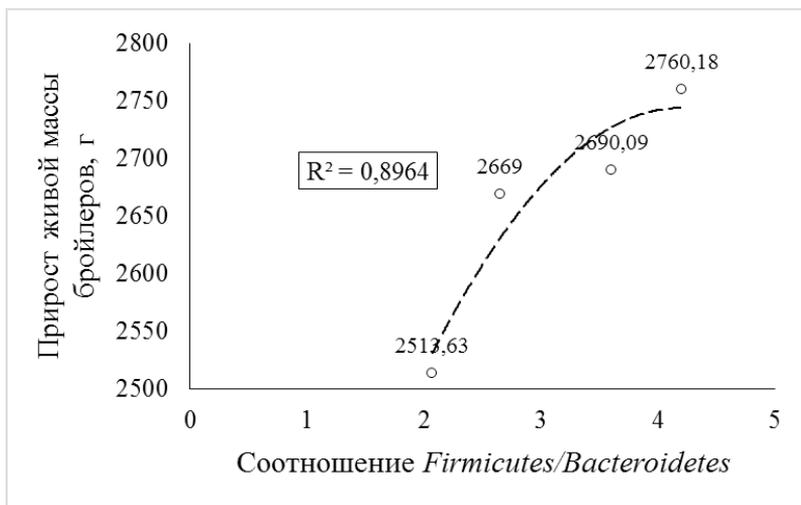


Рис. 3. Зависимость между приростом живой массы бройлеров и соотношением *Firmicutes/Bacteroidetes*

Figure 3. Relationship between live weight gain of broilers and *Firmicutes/Bacteroidetes* ratio

Выводы

Conclusions

Использование опытных образцов пробиотиков на основе *L. plantarum* SG66 и/или *B. subtilis* GA24 в рационе цыплят-бройлеров повышало прирост живой массы тела, усвояемость питательных компонентов рациона, а также оказывало положительное влияние на состав и структуру их бактериального сообщества слепого кишечника. Установлено, что опытный образец препарата, содержащий *L. plantarum* SG66 и *B. subtilis* GA24, продемонстрировал наилучшие результаты по указанным выше показателям.

Список источников

1. Феоктистова Н.В., Марданова А.М., Хадиева Г.Ф., Шарипова М.Р. Пробиотики на основе бактерий рода *Bacillus* в птицеводстве // *Ученые записки Казанского университета. Серия «Естественные науки»*. 2017. Т. 159, № 1. С. 85-107. EDN: YQACRP.
2. Fathima S., Shanmugasundaram R., Adams D., Selvaraj R. Gastrointestinal microbiota and their manipulation for improved growth and performance in chickens. *Foods*. 2022. 11;10:1401-1431. <https://doi.org/10.3390/foods11101401>
3. Тараканов Б.В., Николичева Т.А., Манухина А.И. Микрофлора кишечника, иммунный статус и продуктивность цыплят-бройлеров при включении в рацион пробиотика микроцикола // *Сельскохозяйственная биология*. 2007. Т. 42, № 2. С. 87-94. EDN: HZUFTX.
4. Abd El-Ghany W.A., Abdel-Latif M.A., Hosny F., Alatfeehy N.M. et al. Comparative efficacy of postbiotic, probiotic, and antibiotic against necrotic enteritis in broiler chickens. *Poult. Sci.* 2022. 101;8:101988. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101988>
5. Дускаев Г.К., Рахматуллин Ш.Г., Косян Д.Б., Русакова Е.А. и др. Влияние совместного использования гамма-окталактона и хлортетрациклина в рационе бройлеров: живая масса, эффективность использования корма и микробиом слепого кишечника // *Аграрная наука*. 2022. № 9. С. 47-53. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-47-53>
6. Мухаммадиев Р.С., Мухаммадиев Р.С., Валиуллин Л.Р., Барышев М.Г. и др. Оптимизация параметров совместного культивирования *Bacillus subtilis* GA27 и *Bacillus subtilis* RF-45 для возможности создания пробиотиков, метапробиотиков и метабиотиков для птицеводства // *Ветеринария Кубани*. 2023. № 3. С. 32-38. <https://doi.org/10.33861/2071-8020-2023-3-32-38>
7. Тюрина Д.Г., Лаптев Г.Ю., Ылдырым Е.А., Ильина Л.А. и др. Сравнительная оценка влияния вирджиниамицина и пробиотика на состав кишечного микробиома и зоотехнические показатели цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) // *Сельскохозяйственная биология*. 2020. Т. 55, № 6. С. 1220-1232. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.6.1220rus>
8. Hاديةva G., Lutfullin M., Pudova D., Akosah Y. et al. Supplementation of *Bacillus subtilis* GM5 enhances broiler body weight gain and modulates cecal microbiota. *3 Biotech*. 2021;11:126-139. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02634-2>
9. Luise D., Bosi P., Raff L., Amatucci L. et al. *Bacillus spp.* probiotic strains as a potential tool for limiting the use of antibiotics, and improving the growth and health of pigs and chickens. *Front. Microbiol.* 2022;13:801827. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.801827>
10. Грозина А.А. Состав микрофлоры желудочно-кишечного тракта у цыплят-бройлеров при воздействии пробиотика и антибиотика (по данным T-RFLP-RT-PCR) // *Сельскохозяйственная биология*. 2014. Т. 49, № 6. С. 46-58. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.6.46rus>
11. Хадиева Г.Ф., Лутфуллин М.Т., Николаева А.А., Мочалова Н.К. и др. Влияние пробиотиков *Bacillus subtilis* GM2 и GM5 на рост и усвояемость кормов у цыплят-бройлеров // *Ученые записки Казанского университета. Серия «Естественные науки»*. 2019. Т. 161. Кн. 3. С. 472-489. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.3.472-489>
12. Mancuso G., Midiri A., Gerace E., Biondo C. Bacterial antibiotic resistance: the most critical pathogens. *Pathogens*. 2021;10:1310-1324. <https://doi.org/10.3390/pathogens10101310>

13. Сазыкин И.С., Хмелевцова Л.Е., Селиверстова Е.Ю., Сазыкина М.А. Влияние антибиотиков, используемых в животноводстве, на распространение лекарственной устойчивости бактерий (обзор) // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2021. Т. 57, № 1. С. 24-35 <https://doi.org/10.31857/S0555109921010335>
14. Ыбылдырым Е.А., Ильина Л.А., Тюрина Д.Г., Дубровин А.В. и др. Чем заменить антибиотики в птицеводстве? // *Птицеводство*. 2020. № 9. С. 41-46. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2020-69-9-41-46>
15. Huang P., Zhang Y., Xiao K., Fan J. et al. The chicken gut metagenome and the modulatory effects of plant-derived benzyloisoquinoline alkaloids. *Microbiome*. 2018. 6;1:211-228. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0590-5>
16. Фисинин В.И., Андрианова Е.Н., Чеботарев И.И., Лаптев Г.Ю. и др. Биопрепарат на основе штамма *Lactobacillus plantarum* L-211 для животноводства. Сообщение I. Кормление бройлеров // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 2. С. 382-390. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.382>
17. Yang C., Wang S., Li Q., Zhang R. et al. Effects of probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* HJLP-1 on growth performance, selected antioxidant capacity, immune function indices in the serum, and cecal microbiota in broiler chicken. *Animals*. 2024;14:668-681. <https://doi.org/10.3390/ani14050668>
18. Ji L., Zhang L., Liu H., Shen J. et al. *Bacillus subtilis* M6 improves intestinal barrier, antioxidant capacity and gut microbial composition in AA broiler. *Front. Nutr.* 2022;9:965310. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.965310>.
19. Хадиева Г.Ф., Лутфуллин М.Т., Мочалова Н.К., Ленина О.А. и др. Новые штаммы *Bacillus subtilis* как перспективные пробиотики // *Микробиология*. 2018. Т. 87, № 4. С. 356-365. <https://doi.org/10.1134/S0026261718040112>
20. Мухаммадиев Р.С., Мухаммадиев Р.С., Валиуллин Л.Р., Гибадуллин Р.З. и др. Молочнокислые и спорообразующие бактерии: формирование сообществ как основы функциональных добавок с пробиотическими свойствами для птицеводства // *Ветеринария Кубани*. 2023. № 2. С. 30-36. <https://doi.org/10.33861/2071-8020-2023-2-30-36>
21. Мухаммадиев Р.С., Мухаммадиев Р.С., Гумеров В.Г., Рудь С.В. и др. Антагонистический потенциал молочнокислых микроорганизмов в отношении возбудителей кишечных инфекций молодняка сельскохозяйственной птицы // *Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Всероссийская научно-практическая конференция*. Благовещенск: Издательство ДГАУ, 2022. Т. 3. С. 138-144. https://doi.org/10.22450/9785964205494_3_20
22. Мухаммадиев Р.С., Мухаммадиев Р.С., Мухаммадиева А.С. Антагонистическая активность новых штаммов микроорганизмов в отношении возбудителей кишечных инфекций молодняка сельскохозяйственной птицы // *Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК: Международная научная конференция студентов, аспирантов и учащейся молодежи, посвященная памяти академиков М.П. Тушинова и А.З. Равилова*. Казань: Издательство ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, 2022. Т. 1. С. 348-350.
23. Корягина А.О., Бульмакова Д.С., Сулейманова А.Д., Рудакова Н.Л. и др. Бактериальные ферменты как потенциальные кормовые добавки в птицеводстве // *Ученые записки Казанского университета. Серия «Естественные науки»*. 2019. Т. 161. Кн. 3. С. 459-471. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.3.459-471>
24. Мухаммадиев Р.С., Мухаммадиев Р.С., Валиуллин Л.Р., Барышев М.Г. и др. Новый подход с использованием пробиотика, метабиотика и бактериальных ферментов для коррекции вызванных действием патогенных факторов микробиологических нарушений кишечника молодняка сельскохозяйственной птицы // *Ветеринария Кубани*. 2024. № 1. С. 14-20. <https://doi.org/10.33861/2071-8020-2024-1-14-20>

25. Фисинин В.И., Ильина Л.А., Ыылдырым Е.А., Никонов И.Н. и др. Бактериальное сообщество слепых отростков кишечника цыплят-бройлеров на фоне питательных рационов различной структуры // *Микробиология*. 2016. Т. 85, № 4. С. 472-480. <https://doi.org/10.7868/S0026365616040054>
26. Mohamed T.M., Sun W., Bumbie G.Z., Elokil A.A. et al. Feeding *Bacillus subtilis* ATCC19659 to broiler chickens enhances growth performance and immune function by modulating intestinal morphology and cecum microbiota. *Front. Microbiol.* 2022;12:798350. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.798350>
27. Yin Y., Liao Y., Li J., Pei Z. et al. *Lactobacillus plantarum* GX17 benefits growth performance and improves functions of intestinal barrier/intestinal flora among yellow-feathered broilers. *Front. Immunol.* 2023;14:1195382. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1195382>
28. Мухаммадиев Р.С., Валиуллин Л.Р., Мухаммадиев Р.С., Мухаммадиева А.С. и др. Оптимизация состава питательной среды пробиотического штамма *B. subtilis* GA24 – продуцента кормовых ферментов // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2022. Т. 250, № 2. С. 155-159. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_250_155
29. Salaheen S., Kim S.W., Haley B.J., Van Kessel J.A.S. et al. Alternative growth promoters modulate broiler gut microbiome and enhance body weight gain // *Front. Microbiol.* 2017; 8:2088. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02088>
30. Shabat S.K.B., Sasson G., Doron-Faigenboim A., Durman T. et al. Specific microbiome-dependent mechanisms underlie the energy harvest efficiency of ruminants // *ISME J.* 2016;10:2958-2972. <https://doi.org/10.1038/ismej.2016.62>

References

1. Feoktistova N.V., Mardanova A.M., Khadieva G.F., Sharipova M.R. Probiotics based on bacteria from the genus *Bacillus* in poultry breeding. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*. 2017;159:85-107. (In Russ.)
2. Fathima S., Shanmugasundaram R., Adams D., Selvaraj R. Gastrointestinal microbiota and their manipulation for improved growth and performance in chickens. *Foods*. 2022;11(10):1401-1431. <https://doi.org/10.3390/foods11101401>
3. Tarakanov B.V., Nikolicheva T.A., Manukhina A.I. Microflora of intestines, immune status and productivity of broiler-chicken after addition to their ration of microcycol probiotic. *Agricultural Biology*. 2007;42:87-94. (In Russ.)
4. Abd El-Ghany W.A., Abdel-Latif M.A., Hosny F., Alatfeehy N.M. et al. Comparative efficacy of postbiotic, probiotic, and antibiotic against necrotic enteritis in broiler chickens. *Poult. Sci.* 2022;101(8):101988. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101988>
5. Duskaev G.K., Rakhmatullin Sh.G., Kosyan D.B., Rusakova E.A. et al. The effect of the combined use of gammaoctalactone and chlortetracycline in the broiler diet: live weight, feed efficiency and the microbiome of the caecum. *Agrarian science*. 2022;9:47-53. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-47-53>
6. Mukhammadiev Rish.S., Mukhammadiev Rin.S., Valiullin L.R., Baryshev M.G. et al. Optimization of co-cultivation parameters of *Bacillus subtilis* GA27 and *Bacillus subtilis* RF-45 for possibility of creating probiotics, metaprobiotics, and metabiotics for poultry farming. *Veterinaria Kubani*. 2023;3:32-38. (In Russ.) <https://doi.org/10.33861/2071-8020-2023-3-32-38>
7. Tyurina D.G., Laptev G.Yu., Yildirim E.A., Ilina L.A. et al. The impact of virginiamycin and probiotics on intestinal microbiome and growth performance traits

- of chicken (*Gallus gallus* L.) broilers. *Agricultural Biology*. 2020;55:1220-1232. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2020.6.1220rus>
8. Hadieva G., Lutfullin M., Pudova D., Akosah Y. et al. Supplementation of *Bacillus subtilis* GM5 enhances broiler body weight gain and modulates cecal microbiota. *3 Biotech*. 2021;11:126-139. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02634-2>
9. Luise D., Bosi P., Raff L., Amatucci L. et al. *Bacillus spp.* probiotic strains as a potential tool for limiting the use of antibiotics, and improving the growth and health of pigs and chickens. *Front. Microbiol.* 2022;13:801827. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.801827>
10. Grozina A.A. Gut microbiota of broiler chickens influenced by probiotics and antibiotics as revealed by T-RFLP and RT-PCR. *Agricultural Biology*. 2014;49:46-58. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2014.6.46rus>
11. Khadieva G.F., Lutfullin M.T., Nikolaeva A.A., Mochalova N.K. et al. The effect of *Bacillus subtilis* GM2 and GM5 probiotics on the growth and fodder digestibility of broiler chickens. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*. 2019;161:472-489. (In Russ.) <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.3.472-489>
12. Mancuso G., Midiri A., Gerace E., Biondo C. Bacterial antibiotic resistance: the most critical pathogens. *Pathogens*. 2021;10:1310-1324. <https://doi.org/10.3390/pathogens10101310>
13. Sazykin I.S., Khmelevtsova L.E., Seliverstova E.Y., Sazykina M.A. Effect of antibiotics used in animal husbandry on the distribution of bacterial drug resistance (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2021;57:24-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0555109921010335>
14. Yildyrym E.A., Ilyina L.A., Tiurina D.G., Dubrovin A.V. et al. How can we eliminate antibiotics in poultry production? *Pticevodstvo*. 2020;9:41-46 (In Russ.) <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2020-69-9-41-46>
15. Huang P., Zhang Y., Xiao K., Fan J. et al. The chicken gut metagenome and the modulatory effects of plant-derived benzyloquinoline alkaloids. *Microbiome*. 2018;6(1):211-228. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0590-5>
16. Fisinin V.I., Andrianova E.N., Chebotarev I.I., Laptev G.Yu. et al. Dietary probiotic *Lactobacillus plantarum* L-211 for farm animals. I. The additive for broiler chicks (*Gallus gallus*L.). *Agricultural Biology*. 2017;52:382-390. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.2.382>
17. Yang C., Wang S., Li Q., Zhang R. et al. Effects of probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* HJLP-1 on growth performance, selected antioxidant capacity, immune function indices in the serum, and cecal microbiota in broiler chicken. *Animals*. 2024;14:668-681. <https://doi.org/10.3390/ani14050668>
18. Ji L., Zhang L., Liu H., Shen J. et al. *Bacillus subtilis* M6 improves intestinal barrier, antioxidant capacity and gut microbial composition in AA broiler. *Front. Nutr.* 2022;9:965310. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.965310>
19. Khadieva G.F., Lutfullin M.T., Mochalova N.K., Sharipova M.R. et al. New *Bacillus subtilis* strains as promising probiotics. *Microbiology*. 2018;87:463-471. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0026261718040112>
20. Mukhammadiev Rish.S., Mukhammadiev Rin.S., Valiullin L.R., Baryshev M.G. et al. Lactic acid and sporing bacteria: formation of consortiums as the basis of functional supplements with probiotic properties for poultry farming. *Veterinaria Kubani*. 2023;2:30-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.33861/2071-8020-2023-2-30-36>
21. Mukhammadiev Rish.S., Mukhammadiev Rin.S., Gumerov V.G., Rud S.V. et al. Antagonistic potential of lactic acid bacteria against pathogens of intestinal infections in young poultry. *Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Agropromyshlenniy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya'*. *Aptil 20-21, 2022*.

Blagoveshchensk, Russia: Far Eastern State Agrarian University, 2022;3:138-144. (In Russ.) https://doi.org/10.22450/9785964205494_3_20

22. Mukhammadiev Rish.S., Mukhammadiev Rin.S., Mukhammadieva A.S. Antagonistic activity of new strains of microorganisms against intestinal infection pathogens of young farm poultry. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya studentov, aspirantov i uchashcheyasya molodezhi 'Molodezhnye razrabotki i innovacii v reshenii prioritnykh zadach APK'. March 31, 2022.* Kazan, Russia: Izdatelstvo: FGBOU VO Kazanskaya GAVM, 2022;1:348-350. (In Russ.)

23. Koryagina A.O., Bulmakova D.S., Suleimanova A.D., Rudakova N.L. et al. Bacterial enzymes as potential feed additives in poultry farming. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki.* 2019;161:459-471. (In Russ.) <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.3.459-471>

24. Mukhammadiev Rish.S., Mukhammadiev Rin.S., Valiullin L.R., Baryshev M.G. et al. A new approach using probiotics, metabiotics and bacterial enzymes for correction of gut microbiota disturbances of young poultry caused by pathogenic factors. *Veterinaria Kubani.* 2024;1:14-20. (In Russ.) <https://doi.org/10.33861/2071-8020-2024-1-14-20>

25. Fisinin V.I., Il'ina L.A., Ilydyrym E.A., Nikonov I.N. et al. Broiler chicken cecal microbiocenoses depending on mixed fodder. *Microbiology.* 2016;85:493-499 (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0026261716040056>

26. Mohamed T.M., Sun W., Bumbie G.Z., Elokil A.A. et al. Feeding *Bacillus subtilis* ATCC19659 to broiler chickens enhances growth performance and immune function by modulating intestinal morphology and cecum microbiota. *Front. Microbiol.* 2022;12:798350. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.798350>

27. Yin Y., Liao Y., Li J., Pei Z. et al. *Lactobacillus plantarum* GX17 benefits growth performance and improves functions of intestinal barrier/intestinal flora among yellow-feathered broilers. *Front. Immunol.* 2023;14:1195382. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1195382>

28. Mukhammadiev Rish.S., Valiullin L.R., Mukhammadiev Rin.S., Mukhammadieva A.S. et al. Optimization of nutrient medium composition of probiotic strain *B. subtilis* GA24 – producer of forage enzymes. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy mediciny im. N.E. Baumana.* 2022;250:155-159. (In Russ.) https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_250_155

29. Salaheen S., Kim S.W., Haley B.J., Van Kessel J.A.S. et al. Alternative growth promoters modulate broiler gut microbiome and enhance body weight gain. *Front. Microbiol.* 2017;8:2088. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02088>

30. Shabat S.K.B., Sasson G., Doron-Faigenboim A., Durman T. et al. Specific microbiome-dependent mechanisms underlie the energy harvest efficiency of ruminants. *ISME J.* 2016;10:2958-2972. <https://doi.org/10.1038/ismej.2016.62>

Сведения об авторах

Ришат Салаватович Мухаммадиев, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной и экспериментальной микробиологии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»; 143050, Российская Федерация, Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, вл. 5; лаборатория кормов и кормовых добавок, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»; 420075, Российская Федерация, г. Казань, ул. Научный городок-2; e-mail: tashir9891@mail.ru; ORCID0000-0002-7812-9168

Ринат Салаватович Мухаммадиев, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной и экспериментальной микробиологии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»; 143050, Российская Федерация, Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, вл. 5; лаборатория кормов и кормовых добавок, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»; 420075, Российская Федерация, г. Казань, ул. Научный городок-2; e-mail: tanirtashir@mail.ru; ORCID0000-0002-2524-9609

Ленар Рашитович Валиуллин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной и экспериментальной микробиологии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»; 143050, Российская Федерация, Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, вл. 5; заведующий лабораторией кормов и кормовых добавок, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»; 420075, Российская Федерация, г. Казань, ул. Научный городок-2; e-mail: valiullin27@mail.ru; ORCID0000-0002-8277-3941

Михаил Геннадьевич Барышев, доктор биологических наук, профессор, профессор РАН, директор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»; 143050, Российская Федерация, Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, вл. 5; e-mail: vniif@vniif.ru; тел.: (495) 597-42-28; ORCID0000-0002-2130-3516

Вали Галиевич Гумеров, доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вирусных заболеваний животных, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»; 420075, Российская Федерация, г. Казань, ул. Научный городок-2; e-mail: gumerowali@mail.ru; ORCID0000-0001-5878-4299

Алина Сергеевна Мухаммадиева, младший научный сотрудник лаборатории питательных сред и культур клеток, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»; 420075, Российская Федерация, г. Казань, ул. Научный городок-2; e-mail: alinasakura_mail.ru@mail.ru; ORCID0009-0000-4731-5489

Андрей Иванович Самсонов, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией питательных сред и культур клеток, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»; 420075, Российская Федерация, г. Казань, ул. Научный городок-2; e-mail: andreykaz82@yandex.ru; ORCID0000-0002-8909-7042

Булат Анварович Садыков, главный технолог, ООО «Птицеводческий комплекс «Ак Барс»; 422780, Российская Федерация, Республика Татарстан, Пестречинский р-н, с. Ленино-Кокушкино; e-mail: bulat8685@gmail.com

Information about the authors

Rishat S. Mukhammadiev, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Applied and Experimental Microbiology, All-Russian Research Institute of Phytopathology; 5 Institute st., Bolshie Vyazemy, Odintsovo district, Moscow region, 143050, Russian Federation; Laboratory of Feeds and Feed Additives, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety; Nauchnyi

gorodok-2 st., Kazan, 420075, Russian Federation; e-mail: tashir9891@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7812-9168>

Rinat S. Muhammadiev, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Applied and Experimental Microbiology, All-Russian Research Institute of Phytopathology; 5 Institute st., Bolshie Vyazemy, Odintsovo district, Moscow region, 143050, Russian Federation; Laboratory of Feeds and Feed Additives, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety; Nauchny gorodok-2 st., Kazan, 420075, Russian Federation; e-mail: tanirtashir@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2524-9609>

Lenar R. Valiullin, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Applied and Experimental Microbiology, All-Russian Research Institute of Phytopathology; 5 Institute st., Bolshie Vyazemy, Odintsovo district, Moscow region, 143050, Russian Federation; Laboratory of Feeds and Feed Additives, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety; Nauchny gorodok-2 st., Kazan, 420075, Russian Federation; e-mail: valiullin27@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8277-3941>

Mikhail G. Baryshev, DSc (Bio), Professor, Director, Professor of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Phytopathology; 5 Institute st., Bolshie Vyazemy, Odintsovo district, Moscow Region, 143050, Russian Federation; e-mail: vniif@vniif.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2130-3516>

Vali G. Gumerov, DSc (Vet), Leading Research Associate at the Laboratory of Viral Animal Diseases, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety; Nauchny gorodok-2 st., Kazan, 420075, Russian Federation; e-mail: gumerowali@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5878-4299>

Alina S. Mukhammadieva, Junior Research Associate at the Laboratory of Nutrient Media and Cell Cultures, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety; Nauchny gorodok-2 st., Kazan, 420075, Russian Federation; e-mail: alinasakura_mail.ru@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-4731-5489>

Andrey I. Samsonov, CSc (Bio), Leading Research Associate, Head of the Laboratory of Nutrient Media and Cell Cultures, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety; Nauchny gorodok-2 st., Kazan, 420075, Russian Federation; e-mail: andreykaz82@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8909-7042>

Bulat A. Sadykov, Chief Technologist, Poultry Farming Complex “Ak Bars”; Lenino-Kokushkino vil., Pestrechinskiy district, Republic of Tatarstan, 422780, Russian Federation; e-mail: bulat8685@gmail.com