

Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 1. С. 103-118.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2022. Vol. 105, no 1. P. 103-118.

ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Обзорная статья
УДК 636.5:577.19
doi:10.33284/2658-3135-105-1-103

Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственной птицы

Юрий Константинович Петруша¹, Святослав Валерьевич Лебедев²,
Виктория Владимировна Гречкина^{1,3}

^{1,2}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

³Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

¹shadow752@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8283-2972>

²isv74@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9485-7010>

^{1,3}viktoria1985too@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1159-0531>

Аннотация. Обеспечение нормализации показателей гомеостаза, а также повышение продуктивности в условиях промышленных технологий невозможны без полной реализации генетического потенциала, на что в свою очередь влияет введение в состав рациона биологически активных добавок. Биологически активные соединения, полученные из растений, то есть фитобиотики, являются одной из альтернатив антибиотикам в птицеводстве и животноводстве, благодаря своей собственной им антимикробной активности и положительного воздействия на микробиом кишечника, а также на повышение динамики продуктивности. Комплексное применение фитобиотиков с микроэлементами и пробиотиками, а также свежие или высушенные растения, их смеси, используют для воздействия на интерьерные и экстерьерные показатели животных. Вопрос востребованности применения естественных кормовых добавок в птицеводстве занимает далеко не последнее место. Противовоздействие микробным элементам и повышение продуктивности – основные причины использования фитобиотиков в птицеводстве и животноводстве. Вследствие применения фитобиотических препаратов отмечают высокий коэффициент конверсии корма и противовоспалительное действие. Повышение качества жизни населения и производство экологически чистой продукции сельского хозяйства являются важными факторами при разработке и применении фитобиотиков, которые в свою очередь должны быть высокоэффективны.

Ключевые слова: птицеводство, домашняя птица, бройлеры, несушки, кормление, фитобиотики

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 21-16-00009.

Для цитирования: Петруша Ю.К., Лебедев С.В., Гречкина В.В. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственной птицы (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 1. С. 103-118. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-103>

PHYSIOLOGY OF ANIMALS

Review article

Phytobiotics in poultry feeding

Yuri K Petrusha¹, Svyatoslav V Lebedev², Viktoriya V Grechkina^{1,3}

^{1,2}Federal Research Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

³Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

¹shadow752@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8283-2972>

²isv74@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9485-7010>

^{1,3}viktoria1985too@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1159-0531>

Abstract. Provision the normalization of homeostasis indicators, as well as increasing productivity in the conditions of industrial technologies, are impossible without the complete realization of the genetic potential, which is affected by the introduction of biologically active additives into the diet. Biologically active additives extracted from plants, i.e. phytobiotics, are one of the alternatives to antibiotics in poultry

and animal husbandry due to their antimicrobial activity and positive effects on the intestinal microbiome, as well as on productive properties. The complex application of phytobiotics with trace elements and probiotics, as well as fresh or dried plants, their mixtures, are used to influence the interior and exterior indicators of animals. Relevance research of phytobiotics in the feeding of farm birds is relevant and in demand. Resistance microbial elements and increasing productivity are the main reasons for the use of phytobiotics in poultry and livestock. Utilization of phytobiotics provide a high feed conversion rate and an anti-inflammatory effect. Improving people's lives and the production of environmentally friendly agricultural products are also important factors in the development and application of phytobiotics, which in turn should be highly effective.

Keywords: poultry, domestic birds, broilers, laying hens, feeding, phytobiotics

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 21-16-00009.

For citation: Petrusha YK, Lebedev SV, Grechkina VV. Phytobiotics in poultry feeding (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):103-118. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-103>

Введение.

Фитобиотики – вещества растительного происхождения, которые обладают рядом биоактивных свойств. Источниками биологически активных соединений (фенолы и флавоноиды) являются травы и продукты их переработки, такие как специи, эфирные масла и растительные экстракты (Omer NAA et al., 2019).

Тема исследования фитобиотических препаратов сейчас активно изучается. На основании проведённого анализа результатов исследований в доступных информационных базах (Scopus, PubMed, Elibrary, CyberLeninka и др.) по ключевым словам «фитобиотики», «животные», «птица», «кормовые добавки», «phytobiotic», «poultry», «farm animals» найдено 1500 научных статей за последние 10 лет. Из них около 650 статей посвящено применению фитобиотиков в рационе бройлеров, что составляет около 43 % от всех статей по тематике применения фитобиотических препаратов.

Для предотвращения недостаточной переваримости питательных веществ и низкого уровня продуктивности сельскохозяйственных птиц в современном птицеводстве необходимо применение кормовых добавок, которые содержат кофакторы, необходимые для жизнедеятельности и высокой продуктивности птиц (Chowdhury S and Smith T, 2002). Недостаток питательных веществ в корме, а также низкая их усвояемость оказывают негативное влияние на различные системы организма сельскохозяйственных птиц, что в свою очередь отрицательно влияет на продуктивность (Kaşa H and Macit M, 2012). Поэтому поддержание здоровья и продуктивного долголетия птиц является очень важным фактором их содержания (Abad P et al., 2017).

В последние годы при разработках технологий кормления сельскохозяйственных животных и птиц всё чаще практикуется применение кормовых добавок, основанных на естественных природных веществах, в отличие от искусственно созданных аналогов (Hayes DJ et al., 2001; Wei S et al., 2013). При этом естественные фитогенные кормовые добавки показывают достойные результаты и положительно влияют на динамику продуктивности сельскохозяйственных птиц и животных. Так, фитобиотики стали достойной заменой антибиотикам т. к. обладают антибиотическими свойствами (Pelicano ERL et al., 2005). В состав биологических активных веществ растительного происхождения может входить огромное количество растительных ингредиентов, большинство из которых уже давно используются в питании человека в качестве ароматизаторов и консервантов, а также входят в состав различных лекарственных препаратов (Liu Y et al., 2014).

Исходя из вышеизложенного, цель исследований заключалась в изучении свойств фитобиотических препаратов и вопроса о перспективности их использовании в технологических режимах выращивания сельскохозяйственной птицы на основе анализа современных научных отечественных и зарубежных публикаций.

Фитобиотики – замена антибиотикам.

Отказ от использования антибиотиков в качестве стимуляторов роста (Song X et al., 2019) способствовал поиску различных альтернативных препаратов для улучшения продуктивности в животноводстве и птицеводстве, а также для борьбы с различными заболеваниями (Bolyen E et al., 2019). В связи с этим фитобиотические и пробиотические препараты стали адекватной заменой антибиотических кормовых добавок. Это способствовало дальнейшей устойчивости фитобиотиков в питании сельскохозяйственных животных и птиц (Baurhoо B et al., 2007; Lee JS et al., 2017). Добавки фитобиотиков в рационы сельскохозяйственных птиц положительно повлияли на состояние кишечника и количество естественных микробных культур, в том числе бактерий, принадлежавших к роду *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*. Также применение фитобиотических препаратов способствовало снижению патогенной микрофлоры, в том числе бактерий, принадлежавших к *Staphylococcus*, *Clostridium* и *Escherichia* (Ao X et al., 2010; Markowiak P and Ślizewska K, 2017).

В Европейском союзе в 2005 году исключили применение антибиотиков в качестве кормовых добавок (Al-Yasiry ARM et al., 2017). В октябре 2021 года Госдума РФ приняла в первом чтении подобный законопроект, ужесточающий требования к кормам для животных. Законопроектом был введён запрет на добавление в пищу животных препаратов, предназначенных для лечения инфекционных и паразитарных заболеваний, вызываемых патогенными микроорганизмами и условно-патогенными микроорганизмами. Новый закон вступит в силу с 1 сентября 2022 года (Законопроект № 1238560-7).

Фитобиотики условно разделяют на четыре группы, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1. **Формы фитобиотических веществ**
Table 1. **Forms of phytobiotic substances**

Фитобиотические препараты / <i>Phytobiotic preparations</i>				
Группа/Group	Травы / <i>Herbs</i>	Специи / <i>Spices</i>	Эфирные масла / <i>Essential oils</i>	Смолы / <i>Resins</i>
Состав / <i>Composition</i>	Цветковые, не древесные и недолговечные растения / <i>Flowery, not woody and short-lived plants</i>	Травы с интенсивным запахом или вкусом / <i>Herbs with an intense scent or taste</i>	Летучие липофильные соединения / <i>Volatile lipophilic compounds</i>	Живицы, экстракты / <i>Sap and extracts</i>
Метод получения / <i>Receiving method</i>	Сбор / <i>Collection</i>	Высушивание и измельчение / <i>Drying and grinding</i>	Холодный отжим, паровая или спиртовая дистилляцией / <i>Cold pressed, steam or alcohol distillation</i>	Экстракция / <i>Extraction</i>

По данным опроса, проведённого компанией BIOMIN в 2017 году (Якушева Н.В. и Шацких Е.В., 2021) среди специалистов по кормлению, ветеринарных врачей животноводческих и птицеводческих предприятий более 100 стран мира, фитобиотические кормовые добавки вводятся примерно в 5 % общей массы кормов для сельскохозяйственных животных во всём мире ежегодно. Основными причинами, по которым фитогенные кормовые добавки используются в животноводстве, являются улучшение переваримости кормов, антимикробная эффективность, что выполняется в соответствии со стратегией по замене кормовых антибиотиков, а также стимуляция роста (Stanley D et al., 2015; LeBlanc JG et al., 2013). Среди причин применения фитобиотиков опрошенные специалисты также отмечают их противовоспалительное действие, положительный опыт в прошлом, лучший коэффициент конверсии корма и более высокое потребление корма (стимуляция аппетита у животных) (Busquet M et al., 2005; Sun H et al., 2013).

Рынок фитобиотических препаратов.

На сегодняшний день крупнейшим производителем растительных кормовых добавок является компания «Phytobiotics», основанная в Германии в 2000 г. Продукция представлена в 75 странах. Основная линейка продуктов компании – Сангровит, 100 % натуральная кормовая добавка для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. В 10 % всего корма в мире содержится Сангровит. Продукты компании помогают ветеринарным врачам и зоотехникам улучшить экономические показатели предприятия и вырастить здоровых животных. Phytobiotics – инновационная компания с научным подходом, которая сотрудничает с 80 лучшими НИИ мира в области работы с живыми организмами, такими как микробиология, ветеринария, зоотехния и др. (Abad P et al., 2018). ООО «Фитобиотикс Рус» – официальный представитель на территории РФ компании Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH – крупнейшего производителя растительных кормовых добавок (Шевцов А.А. и др., 2020).

В странах Азии, а также в России и Украине, несмотря на периодически возникающие профессиональные дискуссии о вреде антибиотиков, отмена последних ещё не произошла. Активно используются антибиотики в животноводстве Беларуси, что провоцирует частые запреты на ввоз белорусской сельскохозяйственной продукции в Россию в связи с обнаружением в ней антибиотиков (Корнилова В.А. и др., 2019).

В России, Украине и Беларуси фитобиотические кормовые добавки импортного производства появились после 2005 года (Бушов А.В. и Курманаева В.В., 2014). Ограничения в использовании фитобиотиков на российских животноводческих предприятиях связаны с отсутствием запрета на использование кормовых антибиотиков и высокой стоимостью импортных фитобиотических кормовых добавок (Егоров И.А. и др., 2019а). В связи с переходом к ведению органического (экологического, биодинамического) сельского хозяйства возникает необходимость в использовании альтернативы кормовым антибиотикам российского производства. Однако ассортимент отечественных фитобиотиков узок (Романов М.Н. и др., 2019).

Сравнение уровня научно-технологического развития производства кормовых добавок в России с другими странами свидетельствует о существенном отставании отечественных производств от европейских и американских (Резниченко А.А. и др., 2021; Егоров И.А. и др., 2019б). Одной из основных причин является низкий уровень внедрения новейших конкурентоспособных технологий в области производства высокоэффективных фитобиотических кормовых добавок, отсутствие комплексных отечественных технологий в данной сфере (Федотов В.А. и др., 2018; Лаптев Г.Ю. и др., 2019).

Влияние фитобиотиков на организм сельскохозяйственной птицы.

Вещества, содержащиеся в растительных эфирных маслах, оказывают положительное влияние на организм животных и птиц, в том числе и на бройлеров, так как обладают антимикробными (Wierup M, 2001; Cao BH et al., 2005; Faith DP and Baker AM, 2006; Khan RU et al., 2012) и иммуностимулирующими свойствами (Liu Y et al., 2013; Ruiz R et al., 2010; Sohail MU et al., 2012). Исследованы эффекты 96 различных эфирных масел, а также 23 их действующих веществ. Установлено положительное влияние эфирных масел, которые добавляют в рацион бройлеров, на гистологию кишечника и продуктивность (Stevanović ZD et al., 2018).

Множество культур являются источником фитобиотиков. К ним относятся маклея сердцевидная, розмарин, орегано, душица, тимьян, чабрец, чеснок, юкка, артишок, кориандр, гвоздика, корица, шалфей, облепиха, базилик, лук, мексиканский стручковый перец и многие другие. Количество выделяемого фитобиотика может различаться даже среди растений одного вида (Bengtsson B and Wierup M, 2006; Kothari D, 2019).

Количество биологически активных веществ напрямую зависит от времени сбора урожая растений и их расположения (Liu Y et al., 2012; Allen HK et al., 2013). Например, «наибольшую антимикробную активность проявляют полученные после летнего сбора эфирные масла» (Pielou EC, 1966; Segata N et al., 2011; Attia G et al., 2017). Эфирные масла являются биологически активными веществами, обладают противомикробным и противовоспалительным, обезболивающим действи-

ем. Масло используется в пищевой, химической промышленности, а также в медицине и ароматерапии (Joeger RD, 2003; Song J et al., 2019). Благодаря своим свойствам эфирные масла изменяют состав и проницаемость мембраны бактерий, что способствует уничтожению вредоносных бактерий и очищению организма (Amagase H et al., 2001; Mahmoud KZ et al., 2010). Масло душицы является естественным стимулятором роста. Добавление его в рацион цыплят-бройлеров положительно влияет на иммунитет и продуктивность. Полифенолы, входящие в состав, всасываются в стенки кишечника и противостоят воспалительным процессам (Guo FC et al., 2004; Буяров В.С. и др., 2020).

На микрофлору кишечника фитобиотики также оказывают влияние, поддерживая её в оптимальном состоянии (Windisch W et al., 2008). Как писали ранее Zhu Z с коллегами (2013), фитобиотические препараты позволяют поддерживать гомеостаз в организме сельскохозяйственной птицы. Фитобиотики положительно влияют на продуктивные качества, выработку ферментов в ЖКТ, что способствует усвоению питательных веществ.

Фитобиотики являются природным аналогом антибиотиков, но, несмотря на менее эффективное воздействие, в отличие от последних, не вызывают отрицательного влияния на организм, что в долгосрочной перспективе является более ценным качеством (Cheled-Shoval SL et al., 2011; Swaggerty CL et al., 2022).

Sorlozano-Puerto A с соавторами (2018) установили, что задавать фитобиотики эффективнее в натуральном виде. Например, «при употреблении сельскохозяйственной птицы свежей крапивы можно обеспечить восполнение потребности в протеине до 20 %, в витаминах – до 60-70 %, микроэлементах – до 100 %, при этом сэкономив до 30 % комбикормов» за счёт повышенного усвоения питательных веществ. При этом биологическая ценность и вкусовые качества конечного продукта повышаются (Abad P et al., 2021; Ley RE et al., 2005). Если ставить перед собой задачу увеличения усвояемости кормов у цыплят-бройлеров, то имеет смысл включить в рацион кору дуба, которая оказывает положительное воздействие на организм птицы, и ферментативные препараты, что стимулирует процессы переваривания (Ragaa NM and Korany RMS, 2016; Nowacka-Woszek J, 2020; Abdel-Wareth AA and Lohakare JD, 2014).

Значительный интерес представляет изучение воздействия фитобиотиков на микробиом кишечника птицы различных генетических линий. Снижение риска развития инфекционных патологий связывают с формированием здоровой микробиоты пищеварительного тракта, которая способна обеспечить высокую резистентность к колонизации кишечника патогенами благодаря синтезу летучих жирных кислот, бактериоцинов и других соединений, сдерживающих рост и развитие патогенных видов. Известно, что микроорганизмы, взаимодействуя между собой, а также с организмом хозяина, способны оказывать глубокое воздействие на иммунитет, неспецифическую резистентность к инфекциям и общие процессы жизнедеятельности птицы.

Кроме того, показано активное участие микробного сообщества кишечника птиц в пищеварительных процессах при расщеплении сложных полисахаридов и белков, в использовании и образовании питательных веществ, синтезе витаминов, развитии ворсинок кишечника, увеличивающих всасываемую поверхность (Hardy B, 2002).

Добавление экстрактов различных ароматических растений в рацион сельскохозяйственной птицы улучшает коэффициент поедаемости корма и увеличивает массу птиц (Vilar da Silva JH et al., 2020). Подобный эффект наблюдается при применении эфирных масел и растительных веществ (Chaveerach P et al., 2004).

Механизм действия фитобиотиков заключается в том, что естественные фенолы, проникая через мембрану бактериальной клетки, нарушают в ней синтез АТФ, вызывая гибель (Natasya-Ain R et al., 2018)

В литературе имеется множество доказательств того, что фитобиотические кормовые добавки обладают антимикробными (Janssen S et al., 2018; Yalcin S et al., 2006), антиоксидантными (Amir A et al., 2017) и противовоспалительными действиями (Ding S et al., 2019; Omar SH and Al-Wabel NA, 2010; Williams J et al., 2016). Помимо этого, данные кормовые добавки влияют на усвоя-

емость питательных веществ в организме, а также на стабилизацию и улучшение функций желудочно-кишечного тракта (Peralta-Sanchez JM et al., 2019). На почве антимикробной и антиоксидантной активности фитобиотические препараты активно применяют в рационах животных и птиц (Awad WA et al., 2009).

Заключение.

1. Всестороннее изучение растений, которые содержат фитобиотические компоненты, экспериментальное исследование этих компонентов и развитие современных технологий позволяют активно применять фитобиотики в качестве аналогов антибиотических препаратов в кормлении птицы.

2. Использование фитобиотических кормовых добавок способствует повышению антиоксидантного действия, нормализацию гомеостаза, а также повышению динамики продуктивности птицы.

3. Невысокий показатель применения фитобиотических препаратов в российской сфере птицеводства и животноводства напрямую связан с отсутствием запрета в России на кормовые антибиотики, дороговизной импортных препаратов, недостаточной развитостью рынка отечественных фитобиотических препаратов.

Список источников

1. Бушов А.В., Курманаева В.В. Ростстимулирующее действие биопрепаратов в технологии выращивания цыплят-бройлеров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4(28). С. 105-109. [Bushov AV, Kurmanaeva VV. Growth-stimulating action of biopreparations in the technology of growing broiler-chickens. Vestnik Ulyanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2014;4(28):105-109. (In Russ)].

2. Замещение кормовых антибиотиков в рационах. Сообщение II. микробиота кишечника и продуктивность мясных кур (*Gallus Gallus L.*) на фоне фитобиотика / И.А. Егоров и др. // Сельскохозяйственная биология. 2019а. Т. 54. № 4. С. 798-809. doi: 10.15389/agrobiology.2019.4.798rus [Egorov IA, et al. Poultry diets without antibiotics. II. Intestinal microbiota and performance of broiler (*Gallus gallus L.*) breeders fed diets with a phytobiotic. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2019a;54(4):798-809. (In Russ)]. doi: 10.15389/agrobiology.2019.4.798eng

3. Исследование кормовой белковой добавки из растительного сырья со свойствами фитобиотика / А. А. Шевцов и др. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82. № 3(85). С. 65-70. [Shevtsov AA et al. Study of a fodder protein supplement from plant raw materials with phytobiotic properties. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologij. 2020;82(3):65-70. (In Russ)]. doi: 10.20914/2310-1202-2020-3-65-70

4. Новый подход кормления кур (*Gallus gallus domesticus*) мясных пород без применения кормовых антибиотиков / И.А. Егоров и др. // Молекулярно-генетические технологии для анализа экспрессии генов продуктивности и устойчивости к заболеваниям животных: материалы междунар. науч.-практ. конф., (г. Москва, 21-22 нояб. 2019 г.). М.: Сельскохозяйственные технологии, 2019б. С. 158-174. [Egorov IA, et al. A new approach to feeding meat breeds of chickens (*Gallus gallus domesticus*) without the use of feed antibiotics (Conference proceedings) Molekulyarno-geneticheskie tekhnologii dlya analiza ekspressii genov produktivnosti i ustoichivosti k zabolevaniyam zhiivotnykh: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (g. Moskva, 21-22 noyab. 2019 g.). Moscow: Sel'skokhozyaistvennyye tekhnologii; 2019b:158-174. (In Russ)].

5. Разработка современных биотехнологий для оценки экспрессии генов в связи с устойчивостью к болезням и продуктивностью у домашней птицы / М.Н. Романов и др. // Молекулярно-генетические технологии для анализа экспрессии генов продуктивности и устойчивости к заболеваниям животных: материалы междунар. науч.-практ. конф., (г. Москва, 21-22 нояб. 2019 г.). М.:

Сельскохозяйственные технологии, 2019. С. 11-41. [Romanov MN, et al. Development of modern biotechnologies for evaluating gene expression in connection with disease resistance and productivity in poultry (Conference proceedings) Molekulyarno-geneticheskie tekhnologii dlya analiza ekspressii genov produktivnosti i ustoichivosti k zabolevaniyam zhivotnykh: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (g. Moskva, 21-22 noyab. 2019 g.). Moscow: Sel'skokhozyaistvennyye tekhnologii; 2019:11-41. (*In Russ*)].

6. Фитобиотик в кормлении птицы / В.А. Федотов и др. // Птицеводство. 2018. № 8. С. 33-37. [Fedotov VA, et al. A Phytobiotic for poultry nutrition. Ptitsevodstvo. 2018;8:33-37. (*In Russ*)].

7. Фитобиотик Интебио® на защите иммунитета птицы / Г. Ю. Лаптев и др. // Птицеводство. 2019. № 7-8. С. 25-30. [Laptev GYu, et al. Phytobiotic intebio® protects the immunity. Ptitsevodstvo. 2019;7-8:25-30. (*In Russ*)]. doi: 10.33845/0033-3239-2019-68-78-25-30

8. Фитобиотик Сангровит в рационах цыплят-бройлеров / В.А. Корнилова, Р.Н. Муртазаева, А.Т. Варакин, В.В. Саломатин // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 6. С. 3-7. [Kornilova VA, Murtazaeva RN, Varakin AT, Salomatin VV. Phytobiotic sangrovit extra in the diets of broiler chickens. Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. 2019;6:3-7. (*In Russ*)].

9. Эффективность применения фитобиотиков в птицеводстве (обзор) / В.С. Буюров, И.В. Червонова, В.В. Меднова, И.Н. Ильичева // Вестник аграрной науки. 2020. № 3(84). С. 44-59. [Buyarov VS, Chervonova IV, Mednova VV, Ilyicheva IN. Efficiency of application of phytobiotics in poultry farming (review). Bulletin of Agrarian Science. 2020;3(84):44-59. (*In Russ*)]. doi: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.44

10. Эффективность ферментных препаратов и фитобиотиков в рационах цыплят-бройлеров / А.А. Резниченко, В.В. Мусиенко, Л.В. Резниченко, В.Э. Ващилин // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2021. № 4(22). С. 138-143. [Reznichenko A, Musienko V, Reznichenko L, Vashchilin V. The effectiveness of enzyme preparations and phytobiotics in the diets of broiler chickens. Actual issues in agricultural biology. 2021;4(22):138-143. (*In Russ*)].

11. Якушева Н.В., Шацких Е.В. Фитобиотики в кормлении кур-несушек // Молодёжь и наука. Биотехнологии и пищевая промышленность: сб. ст. конф., (г. Екатеринбург, 17-19 марта 2021 г.). Екатеринбург: Урал. гос. аграрный ун-т, 2021. С. 370-372. [Yakusheva NV, Shatskikh EV. Fitobiotiki v kormlenii kur-nesushek (Conference proceedings) Molodezh' i nauka. Biotekhnologii i pishchevaya promyshlennost': sb. st. konf., (g. Ekaterinburg, 17-19 marta 2021 g.). Ekaterinburg: Ural'skii gosudarstvennyi agrarnyi universitet; 2021:370-372. (*In Russ*)].

12. Abad P, Arroyo-Manzanares N, Gil L, Garcia-Campana AM. Use of onion extract as a dairy cattle feed supplement: Monitoring propyl propane thiosulfonate as a marker of its effect on milk attributes. J Agric Food Chem. 2017;65(4):793-799. doi: 10.1021/acs.jafc.6b04395

13. Abad P, Arroyo-Manzanares N, Rivas-Montoya E, Ochando-Pulido JM, Guillamon E, Garcia-Campana AM, Martinez-Ferez A. Effects of different vehiculization strategies for the Allium derivative propyl propane thiosulfonate during dynamic simulation of the pig gastrointestinal tract. Can J Anim Sci. 2018;99(2):244-253. doi: 10.1139/cjas-2018-0063

14. Abad P, Arroyo-Manzanares N, Ariza JJ, Baños A, García-Campana AM. Effect of Allium extract supplementation on egg quality, productivity, and intestinal microbiota of laying hens. Animals. 2021;11(1):41. doi: 10.3390/ani11010041

15. Abdel-Wareth AA, Lohakare JD. Effect of dietary supplementation of peppermint on performance, egg quality, and serum metabolic profile of Hy-Line Brown hens during the late laying period. Anim Feed Sci Technol. 2014;197:114-120. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2014.07.007

16. Allen HK, Levine UY, Looft T, Bandrick M, Casey TA. Treatment, promotion, commotion: antibiotic alternatives in food-producing animals. Trends Microbiol. 2013;21(3):114-119. doi: 10.1016/j.tim.2012.11.001

17. Al-Yasiry ARM, Kiczorowska B, Samolinska W, Kowalczyk-Vasilev E, Kowalczyk-Pecka D. The effect of Boswellia serrata resin diet supplementation on

production, hematological, biochemical and immunological parameters in broiler chickens. *Animal*. 2017;11(11):1890-1898. doi: 10.1017/S1751731117000817

18. Amagase H, Petesch BL, Matsuura H, Kasuga S, Itakura Y. Intake of garlic and its bioactive components. *J Nutr*. 2001;131(3):955S-962S. doi: 10.1093/jn/131.3.955S

19. Amir A, McDonald D, Navas-Molina JA, Kopylova E, Morton JT, Xu ZZ, Kightley EP, Thompson LR, Hyde ER, Gonzalez A, et al. Deblur rapidly resolves single-nucleotide community sequence patterns. *mSystems*. 2017;2(2):e00191-16. doi: 10.1128/mSystems.00191-16

20. Ao X, Yoo JS, Lee JH, Jang HD, Wang JP, Zhou TX, Kim IH. Effects of fermented garlic powder on production performance, egg quality, blood profiles and fatty acids composition of egg yolk in laying hens. *Asian Australas J Anim Sci*. 2010;23(6):786-791. doi: 10.5713/ajas.2010.90543

21. Attia G, El-Eraky W, Hassanein E, El-Gamal M, Farahat M, Hernandez-Santana A. Effect of dietary inclusion of a plant extract blend on broiler growth performance, nutrient digestibility, caecal microflora and intestinal histomorphology. *Int J Poult Sci*. 2017;16(9):344-353. doi: 10.3923/ijps.2017.344.353

22. Awad WA, Ghareeb K, Abdel-Raheem S, Böhm J. Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Sci*. 2009;88(1):49-56. doi: 10.3382/ps.2008-00244

23. Baurhoo B, Phillip L, Ruiz-Feria CA. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. *Poultry Sci*. 2007;86(6):1070-1078. doi: 10.1093/ps/86.6.1070

24. Bengtsson B, Wierup M. Antimicrobial resistance in Scandinavia after a ban of antimicrobial growth promoters. *Anim Biotechnol*. 2006;17(2):147-156. doi: 10.1080/10495390600956920

25. Bolyen E, Rideout JR, Dillon MR, Bokulich N, Abnet CC, Al-Ghalith GA, Alexander H, Alm EJ, Arumugam M, Asnicar F, et al. Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nat Biotechnol*. 2019;37:852-857. doi: 10.1038/s41587-019-0209-9

26. Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Carro M.D, Kamel C. Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. *J Dairy Sci*. 2005;88(12):4393-4404. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)73126-X

27. Cao BH, Karasawa Y, Guo YM. Effects of green tea polyphenols and fructo-oligosaccharides in semi-purified diets on broilers performance and caecal microflora and their metabolites. *Asian-Austr J Animal Sci*. 2005;18(1):85-89. doi: 10.5713/ajas.2005.85

28. Chaveerach P, Keuzenkamp DA, Lipman LJA, Van Knapen F. Effect of organic acids in drinking water for young broilers on *Campylobacter* infection, volatile fatty acid production, gut microflora and histological cell changes. *Poultry Sci*. 2004;83(3):330-334. doi: 10.1093/ps/83.3.330

29. Cheled-Shoval SL, Amit-Romach E, Barbakov M, Uni Z. The effect of in ovo administration of mannan oligosaccharide on small intestine development during the pre-and posthatch periods in chickens. *Poultry Sci*. 2011;90(10):2301-2310. doi: 10.3382/ps.2011-01488

30. Chowdhury S, Smith T. Effects of dietary garlic on cholesterol metabolism in laying hens. *Poult Sci*. 2002;81(12):1856-1862. doi: 10.1093/ps/81.12.1856

31. Ding S, Wang Y, Yan W, Li A, Jiang H, Fang J. Effects of *Lactobacillus plantarum* 15-1 and fructooligosaccharides on the response of broilers to pathogenic *Escherichia coli* O78 challenge. *Plos One*. 2019;14(6):e0212079. doi: 10.1371/journal.pone.0212079

32. Faith DP, Baker AM. Phylogenetic diversity (PD) and biodiversity conservation: Some bioinformatics challenges. *Evol Bioinform Online*. 2006;2:121-128. doi: 10.1177/117693430600200007

33. Guo FC, Williams BA, Kwakkel RP, Li HS, Li XP, Luo JY, Li WK, Verstegen MWA. Effects of mushroom and herb polysaccharides, as alternatives for an antibiotic, on the cecal microbial ecosystem in broiler chickens. *Poult Sci*. 2004;83(2):175-182. doi: 10.1093/ps/83.2.175

34. Hardy B. The issue of antibiotic use in the livestock industry: What have we learned? *Anim Biotechnol*. 2002;13(1):129-147. doi: 10.1081/ABIO-120005775

35. Hayes DJ, Jensen HH, Backstrom L, Fabiosa J. Economic impact of a ban on the use of over the counter antibiotics in US swine rations. *Int Food Agribus. Man.* 2001;4(1):81-97. doi: 10.1016/S1096-7508(01)00071-4
36. Janssen S, McDonald D, Gonzalez A, Navas-Molina JA, Jiang L, Xu ZZ, Winker K, Kado DM, Orwoll E, Manary M, et al. Phylogenetic placement of exact amplicon sequences improves associations with clinical information. *mSystems.* 2018;3(3):e00021-18. doi: 10.1128/mSystems.00021-18
37. Joerger RD. Alternatives to antibiotics: Bacteriocins, antimicrobial peptides and bacteriophages. *Poult Sci.* 2003;82(4):640-647. doi: 10.1093/ps/82.4.640
38. Kaya H, Macit M. Effect of inclusion of garlic (*Allium sativum*) powder at different levels and copper into diets of hens on performance, egg quality traits and yolk cholesterol content. *Int J Poult Sci.* 2012;11(2):114-119. doi: 10.3923/ijps.2012.114.119
39. Khan RU, Nikousefat Z, Tufarelli V, Naz S, Javdani M, Laudadio V. Garlic (*Allium sativum*) supplementation in poultry diets: Effect on production and physiology. *World Poult Sci J.* 2012;68(3):417-424. doi: 10.1017/S0043933912000530
40. Kothari D, Lee WD, Niu KM, Kim SK. The genus *Allium* as poultry feed additive: A review. *Animals.* 2019;9(12):1032. doi: 10.3390/ani9121032
41. LeBlanc JG, Milani C, de Giori GS, Sesma F, van Sinderen D, Ventura M. Bacteria as vitamin suppliers to their host: a gut microbiota perspective. *Curr Opin Biotechnol.* 2013;24(2):160-8. doi: 10.1016/j.copbio.2012.08.005
42. Lee JS, Kim MJ, Park SH, Lee SB, Wang T, Jung US, Im JJ, Kim EJ, Lee KW, Lee HG. Effects of dietary mixture of garlic (*Allium sativum*), coriander (*Coriandrum sativum*) and probiotics on immune responses and caecal counts in young laying hens. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2017;101(5):e122-e132. doi: 10.1111/jpn.12573
43. Ley RE, Backhed F, Turnbaugh P, Lozupone CA, Knight RD, Gordon JI. Obesity alters gut microbial ecology. *PNAS.* 2005;102(31):11070-11075. doi: 10.1073/pnas.0504978102
44. Liu Y, Song M, Che TM, Bravo D, Pettigrew JE. Anti-inflammatory effects of several plant extracts on porcine alveolar macrophages in vitro. *J Anim Sci.* 2012;90(8):2774-2783. doi: 10.2527/jas.2011-4304
45. Liu Y, Song M, Che TM, Almeida JS., Lee JJ, Bravo D, Maddox CW, Pettigrew JE. Dietary plant extracts alleviate diarrhea and alter immune responses of weaned pigs experimentally infected with a pathogenic *Escherichia coli*. *J Anim Sci.* 2013;91(11):5294-5306. doi: 10.2527/jas.2012-6194
46. Liu Y, Song M, Che T, Bravo D, Maddox C, Pettigrew J. Effects of capsicum oleoresin, garlic botanical, and turmeric oleoresin on gene expression profile of ileal mucosa in weaned pigs. *J Animal Sci.* 2014;92(8):3426-3440. doi: 10.2527/jas.2013-6496
47. Mahmoud KZ, Gharaibeh SM, Zakaria HA, Qatramiz AM. Garlic (*Allium sativum*) supplementation: Influence on egg production, quality, and yolk cholesterol level in layer hens. *Asian Australas J Anim Sci.* 2010;23(11):1503-1509. doi: 10.5713/ajas.2010.10124
48. Markowiak P, Śliżewska K. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients.* 2017;9(9):1021. doi: 10.3390/nu9091021
49. Natasya-Ain R, Eirma-Liza N, Jasmin M, Karim M. Antibacterial activity of garlic extracts on fish pathogenic bacteria. *J Environ Biol.* 2018;39:808-812. doi: 10.22438/jeb/39/5(SI)/25
50. Nowacka-Woszuik J. Nutrigenomics in livestock-recent advances. *J App Genetics.* 2020;61(1):93-103. doi: 10.1007/s13353-019-00522-x
51. Omar SH, Al-Wabel NA. Organosulfur compounds and possible mechanism of garlic in cancer. *Saudi Pharm J.* 2010;18(1):51-58. doi: 10.1016/j.jps.2009.12.007
52. Omer HAA, Ahmed SM, Abdel-Magid SS, El-Mallah GMH, Bakr AA, Fattah MMA. Nutritional impact of inclusion of garlic (*Allium sativum*) and/or onion (*Allium cepa* L.) powder in laying hens' diets on their performance, egg quality, and some blood constituents. *Bull Natl Res Cent.* 2019;43:23. doi: 10.1186/s42269-019-0061-6

53. Pelicano ERL, Souza PA, Souza HBA, Figueiredo D, Boiago M, Carvalho S, Bordon V. Intestinal mucosa development in broiler chickens fed natural growth promoters. *Brazil J Poultry Sci.* 2005;7(4):221-229. doi: 10.1590/S1516-635X2005000400005
54. Peralta-Sanchez JM, Martin-Platero AM, Ariza-Romero JJ, Rabelo-Ruiz M, Zurita-Gonzalez MJ, Baños A, Rodriguez-Ruano SM, Maqueda M, Valdivia E, Martinez-Bueno M. Egg production in poultry farming is improved by probiotic bacteria. *Front Microbiol.* 2019;10:1042. doi: 10.3389/fmicb.2019.01042
55. Pielou EC. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J Theor Biol.* 1966;13:131-144. doi: 10.1016/0022-5193(66)90013-0
56. Ragaa NM, Korany RMS. Studying the effect of formic acid and potassium diformate on performance, immunity and gut health of broiler chickens. *Animal Nutri.* 2016;2(4):296-302. doi: 10.1016/j.aninu.2016.08.003
57. Ruiz R, Garcia MP, Lara A, Rubio LA. Garlic derivatives (PTS and PTS-O) differently affect the ecology of swine faecal microbiota in vitro. *Vet Microbiol.* 2010;144(1-2):110-117. doi: 10.1016/j.vetmic.2009.12.025
58. Segata N, Izard J, Waldron L, Gevers D, Miropolsky L, Garrett WS, Huttenhower C. Metagenomic biomarker discovery and explanation. *Genome Biol.* 2011;12:R60. doi: 10.1186/gb-2011-12-6-r60
59. Sohail MU, Hume ME, Byrd JA, Nisbet DJ, Ijaz A, Sohail A, Shabbir MZ, Rehman H. Effect of supplementation of prebiotic mannan-oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. *Poultry Sci.* 2012;91(9):2235-2240. doi: 10.3382/ps.2012-02182
60. Song J, Lei X, Luo J, Everaert N, Zhao G, Wen J, Yang Y. The effect of Epigallocatechin-3-gallate on small intestinal morphology, antioxidant capacity and anti-inflammatory effect in heat-stressed broilers. *J. Animal Physiol. Animal Nutri.* 2019;103(4):1030-1038. doi: 10.1111/jpn.13062
61. Song X, Jiao H, Zhao J, Wang X, Lin H. Ghrelin serves as a signal of energy utilization and is involved in maintaining energy homeostasis in broilers. *Gen Comp Endocrin.* 2019;272:76-82. doi: 10.1016/j.ygcen.2018.11.017
62. Sorlozano-Puerto A, Albertuz-Crespo M, Lopez-Machado I, Jose Ariza-Romero J, Banos-Arjona A, Exposito-Ruiz M, Gutierrez-Fernandez J. In vitro antibacterial activity of propyl-propane-thiosulfinate and propyl-propane-thiosulfonate derived from *Allium* spp. against Gram-negative and Gram-positive multidrug-resistant bacteria isolated from human samples. *Biomed Res Int.* 2018:7861207. doi: 10.1155/2018/7861207
63. Stanley D, Geier MS, Chen H, Hughes RJ, Moore RJ. Comparison of fecal and cecal microbiotas reveals qualitative similarities but quantitative differences. *BMC Microbiol.* 2015;15:51. doi: 10.1186/s12866-015-0388-6
64. Stevanović ZD, Bošnjak-Neumüller J, Pajić-Lijaković I, Raj J, Vasiljević M. Essential oils as feed additives – future perspectives. *Molecules.* 2018;23(7):1717. doi: 10.3390/molecules23071717
65. Sun H, Tang JW, Fang CL, Yao XH, Wu YF, Wang X, Feng J. Molecular analysis of intestinal bacterial microbiota of broiler chickens fed diets containing fermented cottonseed meal. *Poult Sci.* 2013;92(2):392-401. doi: 10.3382/ps.2012-02533
66. Swaggerty CL, Bortoluzzi C, Lee A, Eyng C, Pont GD, Kogut MH. Potential replacements for antibiotic growth promoters in poultry: interactions at the gut level and their impact on host immunity. In: Wu G, editor. *Recent Advances in Animal Nutrition and Metabolism. Advances in Experimental Medicine and Biology.* 2022;1354:145-159. doi: 10.1007/978-3-030-85686-1_8
67. Vilar da Silva JH, González-Cerón F, Howerth EW, Rekaya R, Aggrey SE. Alteration of dietary cysteine affects activities of genes of the transsulfuration and glutathione pathways, and development of skin tissues and feather follicles in chickens. *Animal Biotech.* 2020;31(3):203-208. doi: 10.1080/10495398.2019.1577253
68. Wei S, Morrison M, Yu Z. Bacterial census of poultry intestinal microbiome. *Poult Sci.* 2013;92(3):671-83. doi: 10.3382/ps.2012-02822

69. Wierup M. The Swedish experience of the 1986 year ban of antimicrobial growth promoters, with special reference to animal health, disease prevention, productivity, and usage of antimicrobials. *Microb Drug Resist.* 2001;7(2):183-190. doi: 10.1089/10766290152045066
70. Williams J, Kellett J, Roach PD, McKune A, Mellor D, Thomas J, Naumovski N. L-theanine as a functional food additive: Its role in disease prevention and health promotion. *Beverages.* 2016;2(2):13. doi: 10.3390/beverages2020013
71. Windisch W, Schedle K, Plitzner C, Kroismayr A. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *J Anim Sci.* 2008;86(S14):E140-E148. doi: 10.2527/jas.2007-0459
72. Yalcin S, Onbasilar EE, Reisli Z, Yalcin S. Effect of garlic powder on the performance, egg traits and blood parameters of laying hens. *J Sci Food Agric.* 2006;86(9):1336-1339. doi: 10.1002/jsfa.2515
73. Zhu Z, Hang S, Zhu H, Zhong S, Mao S, Zhu W. Effects of garlic oil on milk fatty acid profile and lipogenesis-related gene expression in mammary gland of dairy goats. *J Sci Food Agric.* 2013;93(3):560-567. doi: 10.1002/jsfa.5829

References

1. Bushov AV, Kurmanaeva VV. Growth-stimulating action of biopreparations in the technology of growing broiler-chickens. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy.* 2014;4(28):105-109.
2. Egorov IA, et al. Poultry diets without antibiotics. II. Intestinal microbiota and performance of broiler (*Gallus gallus* L.) breeders fed diets with a phytobiotic. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology].* 2019a;54(4):798-809. doi: 10.15389/agrobiol.2019.4.798eng
3. Shevtsov AA. Study of a fodder protein supplement from plant raw materials with phytobiotic properties. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies.* 2020;82(3):65-70. doi:10.20914/2310-1202-2020-3-65-70
4. Egorov IA, et al. A new approach to feeding meat breeds of chickens (*Gallus gallus domesticus*) without the use of feed antibiotics (Conference proceedings) *Molecular and genetic technologies for the analysis of gene expression of productivity and resistance to animal diseases: Proceedings of the Intern. scientific-practical. conf., (Moscow, 21-22 November 2019).* Moscow: agricultural technology; 2019b:158-174.
5. Romanov MN. Development of modern biotechnologies for evaluating gene expression in connection with disease resistance and productivity in poultry (Conference proceedings) *Molecular and genetic technologies for the analysis of gene expression of productivity and resistance to animal diseases: Proceedings of the Intern. scientific-practical. conf., (Moscow, 21-22 November 2019).* Moscow: agricultural technology; 2019:11-41.
6. Fedotov VA, et al. A Phytobiotic for poultry nutrition. *Poultry Farming.* 2018;8:33-37.
7. Laptev GYu, et al. Phytobiotic intebio® protects the immunity. *Ptitsevodstvo.* 2019;7-8:25-30. doi: 10.33845/0033-3239-2019-68-78-25-30
8. Kornilova VA, Murtazaeva RN, Varakin AT, Salomatina VV. Phytobiotic sangrovit extra in the diets of broiler chickens. *Feeding of Farm Animals and Fodder Production.* 2019;6:3-7.
9. Buyarov VS, Chervonova IV, Mednova VV, Ilyicheva IN. Efficiency of application of phytobiotics in poultry farming (review). *Bulletin of Agrarian Science.* 2020;3(84):44-59. doi: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.44
10. Reznichenko A, Musienko V, Reznichenko L, Vashchilin V. The effectiveness of enzyme preparations and phytobiotics in the diets of broiler chickens. *Actual Issues in Agricultural Biology.* 2021;4(22):138-143.
11. Yakusheva NV, Shatskikh EV. Phytobiotics in feeding laying hens. *Youth and Science (Conference proceedings). Biotechnologies and Food Industry: Sat. Art. conf., (Ekaterinburg, 17-19 March 2021).* Ekaterinburg: Ural State Agrarian University; 2021:370-372.

12. Abad P, Arroyo-Manzanares N, Gil L, Garcia-Campana AM. Use of onion extract as a dairy cattle feed supplement: Monitoring propyl propane thiosulfonate as a marker of its effect on milk attributes. *J Agric Food Chem.* 2017;65(4):793-799. doi: 10.1021/acs.jafc.6b04395
13. Abad P, Arroyo-Manzanares N, Rivas-Montoya E, Ochando-Pulido JM, Guillamon E, Garcia-Campana AM, Martinez-Ferez A. Effects of different vehiculization strategies for the Allium derivative propyl propane thiosulfonate during dynamic simulation of the pig gastrointestinal tract. *Can J Anim Sci.* 2018;99(2):244-253. doi: 10.1139/cjas-2018-0063
14. Abad P, Arroyo-Manzanares N, Ariza JJ, Baños A, Garcia-Campana AM. Effect of Allium extract supplementation on egg quality, productivity, and intestinal microbiota of laying hens. *Animals.* 2021;11(1):41. doi: 10.3390/ani11010041
15. Abdel-Wareth AA, Lohakare JD. Effect of dietary supplementation of peppermint on performance, egg quality, and serum metabolic profile of Hy-Line Brown hens during the late laying period. *Anim Feed Sci Technol.* 2014;197:114-120. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2014.07.007
16. Allen HK, Levine UY, Looft T, Bandrick M, Casey TA. Treatment, promotion, commotion: antibiotic alternatives in food-producing animals. *Trends Microbiol.* 2013;21(3):114-119. doi: 10.1016/j.tim.2012.11.001
17. Al-Yasiry ARM, Kiczorowska B, Samolinska W, Kowalczyk-Vasilev E, Kowalczyk-Pecka D. The effect of *Boswellia serrata* resin diet supplementation on production, hematological, biochemical and immunological parameters in broiler chickens. *Animal.* 2017;11(11):1890-1898. doi: 10.1017/S1751731117000817
18. Amagase H, Petesch BL, Matsuura H, Kasuga S, Itakura Y. Intake of garlic and its bioactive components. *J Nutr.* 2001;131(3):955S-962S. doi: 10.1093/jn/131.3.955S
19. Amir A, McDonald D, Navas-Molina JA, Kopylova E, Morton JT, Xu ZZ, Kightley EP, Thompson LR, Hyde ER, Gonzalez A, et al. Deblur rapidly resolves single-nucleotide community sequence patterns. *mSystems.* 2017;2(2):e00191-16. doi: 10.1128/mSystems.00191-16
20. Ao X, Yoo JS, Lee JH, Jang HD, Wang JP, Zhou TX, Kim IH. Effects of fermented garlic powder on production performance, egg quality, blood profiles and fatty acids composition of egg yolk in laying hens. *Asian Australas. J Anim Sci.* 2010;23(6):786-791. doi: 10.5713/ajas.2010.90543
21. Attia G, El-Eraky W, Hassanein E, El-Gamal M, Farahat M, Hernandez-Santana A. Effect of dietary inclusion of a plant extract blend on broiler growth performance, nutrient digestibility, caecal microflora and intestinal histomorphology. *Int J Poult Sci.* 2017;16(9):344-353. doi: 10.3923/ijps.2017.344.353
22. Awad WA, Ghareeb K, Abdel-Raheem S, Böhm J. Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Sci.* 2009;88(1):49-56. doi: 10.3382/ps.2008-00244
23. Baurhoo B, Phillip L, Ruiz-Feria CA. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. *Poultry Sci.* 2007;86(6):1070-1078. doi: 10.1093/ps/86.6.1070
24. Bengtsson B, Wierup M. Antimicrobial resistance in Scandinavia after a ban of antimicrobial growth promoters. *Anim Biotechnol.* 2006;17(2):147-156. doi: 10.1080/10495390600956920
25. Bolyen E, Rideout JR, Dillon MR, Bokulich N, Abnet CC, Al-Ghalith GA, Alexander H, Alm EJ, Arumugam M, Asnicar F, et al. Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nat Biotechnol.* 2019;37:852-857. doi: 10.1038/s41587-019-0209-9
26. Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Carro M.D, Kamel C. Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. *J Dairy Sci.* 2005;88(12):4393-4404. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)73126-X
27. Cao BH, Karasawa Y, Guo YM. Effects of green tea polyphenols and fructo-oligosaccharides in semi-purified diets on broilers performance and caecal microflora and their metabolites. *Asian-Austr J Animal Sci.* 2005;18(1):85-89. doi: 10.5713/ajas.2005.85

28. Chaveerach P, Keuzenkamp DA, Lipman LJA, Van Knapen F. Effect of organic acids in drinking water for young broilers on *Campylobacter* infection, volatile fatty acid production, gut microflora and histological cell changes. *Poultry Sci.* 2004;83(3):330-334. doi: 10.1093/ps/83.3.330
29. Cheled-Shoval SL, Amit-Romach E, Barbakov M, Uni Z. The effect of in ovo administration of mannan oligosaccharide on small intestine development during the pre-and posthatch periods in chickens. *Poultry Sci.* 2011;90(10):2301-2310. doi: 10.3382/ps.2011-01488
30. Chowdhury S, Smith T. Effects of dietary garlic on cholesterol metabolism in laying hens. *Poult Sci.* 2002;81(12):1856-1862. doi: 10.1093/ps/81.12.1856
31. Ding S, Wang Y, Yan W, Li A, Jiang H, Fang J. Effects of *Lactobacillus plantarum* 15-1 and fructooligosaccharides on the response of broilers to pathogenic *Escherichia coli* O78 challenge. *Plos One.* 2019;14(6):e0212079. doi: 10.1371/journal.pone.0212079
32. Faith DP, Baker AM. Phylogenetic diversity (PD) and biodiversity conservation: Some bioinformatics challenges. *Evol Bioinform Online.* 2006;2:121-128. doi: 10.1177/117693430600200007
33. Guo FC, Williams BA, Kwakkel RP, Li HS, Li XP, Luo JY, Li WK, Verstegen MWA. Effects of mushroom and herb polysaccharides, as alternatives for an antibiotic, on the cecal microbial ecosystem in broiler chickens. *Poult Sci.* 2004;83(2):175-182. doi: 10.1093/ps/83.2.175
34. Hardy B. The issue of antibiotic use in the livestock industry: What have we learned? *Anim Biotechnol.* 2002;13(1):129-147. doi: 10.1081/ABIO-120005775
35. Hayes DJ, Jensen HH, Backstrom L, Fabiosa J. Economic impact of a ban on the use of over the counter antibiotics in US swine rations. *Int Food Agribus. Man.* 2001;4(1):81-97. doi: 10.1016/S1096-7508(01)00071-4
36. Janssen S, McDonald D, Gonzalez A, Navas-Molina JA, Jiang L, Xu ZZ, Winker K, Kado DM, Orwoll E, Manary M, et al. Phylogenetic placement of exact amplicon sequences improves associations with clinical information. *mSystems.* 2018;3(3):e00021-18. doi: 10.1128/mSystems.00021-18
37. Joerger RD. Alternatives to antibiotics: Bacteriocins, antimicrobial peptides and bacteriophages. *Poult Sci.* 2003;82(4):640-647. doi: 10.1093/ps/82.4.640
38. Kaya H, Macit M. Effect of inclusion of garlic (*Allium sativum*) powder at different levels and copper into diets of hens on performance, egg quality traits and yolk cholesterol content. *Int J Poult Sci.* 2012;11(2):114-119. doi: 10.3923/ijps.2012.114.119
39. Khan RU, Nikousefat Z, Tufarelli V, Naz S, Javdani M, Laudadio V. Garlic (*Allium sativum*) supplementation in poultry diets: Effect on production and physiology. *World Poult Sci J.* 2012;68(3):417-424. doi: 10.1017/S0043933912000530
40. Kothari D, Lee WD, Niu KM, Kim SK. The genus *Allium* as poultry feed additive: A review. *Animals.* 2019;9(12):1032. doi: 10.3390/ani9121032
41. LeBlanc JG, Milani C, de Giori GS, Sesma F, van Sinderen D, Ventura M. Bacteria as vitamin suppliers to their host: a gut microbiota perspective. *Curr Opin Biotechnol.* 2013;24(2):160-8. doi: 10.1016/j.cobio.2012.08.005
42. Lee JS, Kim MJ, Park SH, Lee SB, Wang T, Jung US, Im JJ, Kim EJ, Lee KW, Lee HG. Effects of dietary mixture of garlic (*Allium sativum*), coriander (*Coriandrum sativum*) and probiotics on immune responses and caecal counts in young laying hens. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2017;101(5):e122-e132. doi: 10.1111/jpn.12573
43. Ley RE, Backhed F, Turnbaugh P, Lozupone CA, Knight RD, Gordon JI. Obesity alters gut microbial ecology. *PNAS.* 2005;102(31):11070-11075. doi: 10.1073/pnas.0504978102
44. Liu Y, Song M, Che TM, Bravo D, Pettigrew JE. Anti-inflammatory effects of several plant extracts on porcine alveolar macrophages in vitro. *J Anim Sci.* 2012;90(8):2774-2783. doi: 10.2527/jas.2011-4304
45. Liu Y, Song M, Che TM, Almeida JS., Lee JJ, Bravo D, Maddox CW, Pettigrew JE. Dietary plant extracts alleviate diarrhea and alter immune responses of weaned pigs experimentally infected with a pathogenic *Escherichia coli*. *J Anim Sci.* 2013;91(11):5294-5306. doi: 10.2527/jas.2012-6194

46. Liu Y, Song M, Che T, Bravo D, Maddox C, Pettigrew J. Effects of capsicum oleoresin, garlic botanical, and turmeric oleoresin on gene expression profile of ileal mucosa in weaned pigs. *J Animal Sci.* 2014;92(8):3426-3440. doi: 10.2527/jas.2013-6496
47. Mahmoud KZ, Gharaibeh SM, Zakaria HA, Qatramiz AM. Garlic (*Allium sativum*) supplementation: Influence on egg production, quality, and yolk cholesterol level in layer hens. *Asian Australas J Anim Sci.* 2010;23(11):1503-1509. doi: 10.5713/ajas.2010.10124
48. Markowiak P, Ślizewska K. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients.* 2017;9(9):1021. doi: 10.3390/nu9091021
49. Natasya-Ain R, Eirna-Liza N, Jasmin M, Karim M. Antibacterial activity of garlic extracts on fish pathogenic bacteria. *J Environ Biol.* 2018;39:808-812. doi: 10.22438/jeb/39/5(SI)/25
50. Nowacka-Woszek J. Nutrigenomics in livestock-recent advances. *J App Genetics.* 2020;61(1):93-103. doi: 10.1007/s13353-019-00522-x
51. Omar SH, Al-Wabel NA. Organosulfur compounds and possible mechanism of garlic in cancer. *Saudi Pharm J.* 2010;18(1):51-58. doi: 10.1016/j.jsps.2009.12.007
52. Omer HAA, Ahmed SM, Abdel-Magid SS, El-Mallah GMH, Bakr AA, Fattah MMA. Nutritional impact of inclusion of garlic (*Allium sativum*) and/or onion (*Allium cepa* L.) powder in laying hens' diets on their performance, egg quality, and some blood constituents. *Bull Natl Res Cent.* 2019;43:23. doi: 10.1186/s42269-019-0061-6
53. Pelicano ERL, Souza PA, Souza HBA, Figueiredo D, Boiago M, Carvalho S, Bordon V. Intestinal mucosa development in broiler chickens fed natural growth promoters. *Brazil J Poultry Sci.* 2005;7(4):221-229. doi: 10.1590/S1516-635X2005000400005
54. Peralta-Sanchez JM, Martin-Platero AM, Ariza-Romero JJ, Rabelo-Ruiz M, Zurita-Gonzalez MJ, Baños A, Rodriguez-Ruano SM, Maqueda M, Valdivia E, Martinez-Bueno M. Egg production in poultry farming is improved by probiotic bacteria. *Front Microbiol.* 2019;10:1042. doi: 10.3389/fmicb.2019.01042
55. Pielou EC. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J Theor Biol.* 1966;13:131-144. doi: 10.1016/0022-5193(66)90013-0
56. Ragaa NM, Korany RMS. Studying the effect of formic acid and potassium diformate on performance, immunity and gut health of broiler chickens. *Animal Nutri.* 2016;2(4):296-302. doi: 10.1016/j.aninu.2016.08.003
57. Ruiz R, Garcia MP, Lara A, Rubio LA. Garlic derivatives (PTS and PTS-O) differently affect the ecology of swine faecal microbiota in vitro. *Vet Microbiol.* 2010;144(1-2):110-117. doi: 10.1016/j.vetmic.2009.12.025
58. Segata N, Izard J, Waldron L, Gevers D, Miropolsky L, Garrett WS, Huttenhower C. Metagenomic biomarker discovery and explanation. *Genome Biol.* 2011;12:R60. doi: 10.1186/gb-2011-12-6-r60
59. Sohail MU, Hume ME, Byrd JA, Nisbet DJ, Ijaz A, Sohail A, Shabbir MZ, Rehman H. Effect of supplementation of prebiotic mannan-oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. *Poultry Sci.* 2012;91(9):2235-2240. doi: 10.3382/ps.2012-02182
60. Song J, Lei X, Luo J, Everaert N, Zhao G, Wen J, Yang Y. The effect of Epigallocatechin-3-gallate on small intestinal morphology, antioxidant capacity and anti-inflammatory effect in heat-stressed broilers. *J. Animal Physiol. Animal Nutri.* 2019;103(4):1030-1038. doi: 10.1111/jpn.13062
61. Song X, Jiao H, Zhao J, Wang X, Lin H. Ghrelin serves as a signal of energy utilization and is involved in maintaining energy homeostasis in broilers. *Gen Comp Endocrin.* 2019;272:76-82. doi: 10.1016/j.ygcen.2018.11.017
62. Sorlozano-Puerto A, Albertuz-Crespo M, Lopez-Machado I, Jose Ariza-Romero J, Banos-Arjona A, Exposito-Ruiz M, Gutierrez-Fernandez J. In vitro antibacterial activity of propyl-propane-thiosulfinate and propyl-propane-thiosulfonate derived from *Allium* spp. against Gram-negative and Gram-positive multidrug-resistant bacteria isolated from human samples. *Biomed Res Int.* 2018;7861207. doi: 10.1155/2018/7861207

63. Stanley D, Geier MS, Chen H, Hughes RJ, Moore RJ. Comparison of fecal and cecal microbiotas reveals qualitative similarities but quantitative differences. *BMC Microbiol.* 2015;15:51. doi: 10.1186/s12866-015-0388-6
64. Stevanović ZD, Bošnjak-Neumüller J, Pajić-Lijaković I, Raj J, Vasiljević M. Essential oils as feed additives – future perspectives. *Molecules.* 2018;23(7):1717. doi: 10.3390/molecules23071717
65. Sun H, Tang JW, Fang CL, Yao XH, Wu YF, Wang X, Feng J. Molecular analysis of intestinal bacterial microbiota of broiler chickens fed diets containing fermented cottonseed meal. *Poult Sci.* 2013;92(2):392-401. doi: 10.3382/ps.2012-02533
66. Swaggerty CL, Bortoluzzi C, Lee A, Eyng C, Pont GD, Kogut MH. Potential replacements for antibiotic growth promoters in poultry: interactions at the gut level and their impact on host immunity. In: Wu G, editor. *Recent Advances in Animal Nutrition and Metabolism. Advances in Experimental Medicine and Biology.* 2022;1354:145-159. doi: 10.1007/978-3-030-85686-1_8
67. Vilar da Silva JH, González-Cerón F, Howerth EW, Rekaya R, Aggrey SE. Alteration of dietary cysteine affects activities of genes of the transsulfuration and glutathione pathways, and development of skin tissues and feather follicles in chickens. *Animal Biotech.* 2020;31(3):203-208. doi: 10.1080/10495398.2019.1577253
68. Wei S, Morrison M, Yu Z. Bacterial census of poultry intestinal microbiome. *Poult Sci.* 2013;92(3):671-83. doi: 10.3382/ps.2012-02822
69. Wierup M. The Swedish experience of the 1986 year ban of antimicrobial growth promoters, with special reference to animal health, disease prevention, productivity, and usage of antimicrobials. *Microb Drug Resist.* 2001;7(2):183-190. doi: 10.1089/10766290152045066
70. Williams J, Kellett J, Roach PD, McKune A, Mellor D, Thomas J, Naumovski N. L-theanine as a functional food additive: Its role in disease prevention and health promotion. *Beverages.* 2016;2(2):13. doi: 10.3390/beverages2020013
71. Windisch W, Schedle K, Plitzner C, Kroismayr A. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *J Anim Sci.* 2008;86(S14):E140-E148. doi: 10.2527/jas.2007-0459
72. Yalcin S, Onbasilar EE, Reisli Z, Yalcin S. Effect of garlic powder on the performance, egg traits and blood parameters of laying hens. *J Sci Food Agric.* 2006;86(9):1336-1339. doi: 10.1002/jsfa.2515
73. Zhu Z, Hang S, Zhu H, Zhong S, Mao S, Zhu W. Effects of garlic oil on milk fatty acid profile and lipogenesis-related gene expression in mammary gland of dairy goats. *J Sci Food Agric.* 2013;93(3):560-567. doi: 10.1002/jsfa.5829

Информация об авторах:

Юрий Константинович Петруша, младший научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29, тел.: 89058877200.

Святослав Валерьевич Лебедев, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29, тел.: 89123458738.

Виктория Владимировна Гречкина, кандидат биологических наук, и. о. заведующего лабораторией биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29; доцент кафедры незаразных болезней животных ветеринарного факультета, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев 18, тел.: 89228771497.

Information about authors:

Yury K Petrusha, Junior Researcher of the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, st. January 9, 29, tel.: 89058877200.

Svyatoslav V Lebedev, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher of the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, st. January 9, 29, tel.: 89123458738.

Viktoriya V Grechkina, Cand. Sci. (Biology), Acting Head of the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, st. January 9, 29; Associate Professor of the Department of Non-communicable Animal Diseases, veterinary faculty, Orenburg State Agrarian University, 460014, Orenburg, 18 Chelyuskintsev St., tel. 8-9228-771-497.

Статья поступила в редакцию 11.01.2022; одобрена после рецензирования 16.03.2022; принята к публикации 21.03.2022.

The article was submitted 11.01.2022; approved after reviewing 16.03.2022; accepted for publication 21.03.2022.