

Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 158-169.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2021. Vol. 104, no 4. P. 158-169.

Научная статья
УДК 636.5:547.314.591.11
doi:10.33284/2658-3135-104-4-158

Влияние окталактона на продуктивные показатели птицы

Шамиль Гафиуллинович Рахматуллин¹, Баер Серекпаевич Нуржанов², Ксения Сергеевна Инчагова³,
Галимжан Калиханович Дускаев⁴, Елена Владимировна Шейда⁵, Дианна Багдасаровна Косян⁶

^{1,2,3,4,5,6}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹shahm2005@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>

²baer.nurzhanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3240-6112>

³ksenia.inchagova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1111-8293>

⁴gduskaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

⁵elena-shejjda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

⁶kosyan.diana@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2621-108X>

Аннотация. Поиск альтернативных веществ природного происхождения, не вызывающих возникновение устойчивости к ним у патогенных микроорганизмов, является актуальной задачей для мясного животноводства. В качестве альтернативных веществ исследователями всё активнее рассматриваются различные природные соединения. Целью исследования являлась оценка включения γ -окталактона в рацион цыплят-бройлеров на рост, развитие, состояние организма и эффективность использования корма, в том числе в сочетании с антибиотическим веществом. Экспериментальные исследования были проведены на 120 головах 7-дневных цыплят-бройлеров (кросс Арбор Айткрес, 4 группы, $n=30$). В конце каждого периода была проведена оценка веса тела бройлеров, потребление корма и смертность. Прирост массы тела, суточное потребление корма, коэффициент преобразования корма были рассчитаны для каждой группы. По окончании эксперимента в возрасте 42 дней были прижизненно взяты образцы крови. Массу внутренних органов цыплят-бройлеров определяли после убоя птицы, не менее чем у 5 особей. По результатам исследования установлено, что прямое включение γ -окталактона в рацион бройлеров способствует проявлению ростоestimлирующего эффекта, который усиливается при совместном использовании с хлортетрациклином, на фоне высокой поедаемости корма, снижения расхода корма на 1 кг живой массы, увеличению эритропоэза и лейкоцитов в крови.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, лактоны, антибиотики, кровь, живая масса

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0526-2019-0002).

Для цитирования: Рахматуллин Ш.Г., Нуржанов Б.С., Инчагова К.С., Дускаев Г.К., Шейда Е.В., Косян Д.Б. Влияние окталактона на продуктивные показатели птицы // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 158-169. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-158>

Original article

Influence of octalactone on poultry productivity

Shamil G Rakhmatullin¹, Baer S Nurzhanov², Ksenia S Inchagova³, Galimzhan K Duskaev⁴,
Elena V Sheida⁵, Dianna B Kosyan⁶

^{1,2,3,4,5,6}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹shahm2005@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>

²baer.nurzhanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3240-6112>

³ksenia.inchagova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1111-8293>

⁴gduskaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

⁵elena-shejjda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

⁶kosyan.diana@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2621-108X>

Abstract. The search for alternative substances of natural origin that do not cause resistance to them in pathogenic microorganisms is an urgent task for beef animal husbandry. Researchers increasingly con-

sider various natural compounds as alternative substances. The aim of the study was to evaluate the inclusion of γ -octalactone in the diet of broiler chickens for growth, development, body condition and efficiency of feed use, including in combination with an antibiotic substance. Experimental studies were conducted on 120 heads of 7-day broiler chickens (Arbor Acres cross, 4 groups, n = 30). At the end of each period, the body weight of broilers was assessed, and at the end of the experiment - feed consumption and mortality. Body weight gain, daily feed intake, feed conversion coefficient were calculated for each group. At the end of the experiment at the age of 42 days, blood samples were taken in vivo. Internal organs of at least 5 broiler chickens were weighted after the slaughter of poultry. According to the results of the study, it was found that the direct inclusion of γ -octalactone in broiler diet contributes to the manifestation of a growth-stimulating effect, which is enhanced when combined with chlortetracycline, against the background of high feed consumption, reduced feed consumption per 1 kg of live weight, increased erythropoiesis and leukocytes in the blood.

Key words: broiler chickens, feeding, lactones, antibiotics, broilers, blood, live weight

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2021-2023 FSBRI FRC BST RAS (No. 0526-2019-0002).

For citation: Rakhmatullin ShG, Nurzhanov BS, Inchagova KS, Duskaev GK, Sheida EV, Kosyan DB. Influence of octalactone on poultry productivity. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):158-169. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-158>

Введение.

Устойчивость к противомикробным препаратам – одна из наиболее серьёзных глобальных проблем, отрицательно влияющих на здоровье и экономику. Неконтролируемое использование антибиотиков на животноводческих фермах вызывает тревогу во всём мире, поскольку у микроорганизмов может развиться устойчивость либо за счёт мутаций, либо за счёт обмена генами устойчивых штаммов, распространение устойчивости представляет серьёзный риск для здоровья общества (Ferri M et al., 2017).

Так, гены устойчивости к тетрациклину (tet (W)) были выявлены во всех образцах кишечника птиц на бройлерных фермах (Mahmoud MAM and Abdel-Mohsein HS, 2019). В качестве альтернативных веществ исследователями всё активнее рассматриваются различные природные соединения (Franco CM and Vázquez BI, 2020).

Использование экстракта прополиса в рационах бройлеров может быть альтернативой антибиотикам тетрациклинового ряда в условиях холодового стресса и повысить устойчивость птицы к асцитному синдрому (Shirzadi H et al., 2020).

Смесь органических кислот, глюкоманнана и фитохимических веществ в сравнении с антибиотиком бацитрацином была также эффективна по показателям перевариваемости питательных веществ в подвздошной кишке и количеству кишечных бактерий ($P \leq 0,05$), но способствовала уменьшению количества кишечной палочки в слепой кишке и сальмонелл (Manafi M et al., 2019).

Включение экстракта (2 %) кожуры мангустана в корм бройлеров в сравнении с колистином не оказало существенно различающегося воздействия на прирост массы тела, потребление корма, но положительно повлияло на уровень устойчивости к антибиотикам у цыплят (Herawati O et al., 2019).

Отмечается, что не все лекарственные растения (календула в сравнении с флавомицином) оказывают положительное влияние на показатели роста бройлеров (Foroutankhah M et al., 2019).

Ввиду непостоянства химического состава растений (Levakhin G et al., 2015) учёные используют в экспериментальных исследованиях отдельные биологически активные вещества для рационов животных.

Так, использование микрокапсулированного карвакрола и коричневого альдегида, смесь веществ Quercus Cortex могут заменить кормовой антибиотик в рационах бройлеров, обеспечивая продуктивность, целостность кишечника и качество мяса птицы (Bosetti GE et al., 2020; Багиров В.А. и др., 2018).

Лактоны – внутренние циклические сложные эфиры гидроксикислот, содержащие в кольце группу $—C(O)O—$. γ -окталактон, γ -ноналактон, γ -декалактон, γ -ундекалактон можно получить в

одну стадию по реакции радикального присоединения первичных жирных спиртов к акриловой кислоте, катализатором является дитретбутилпероксид (Кнунянц И.Л. и др., 1990).

γ -окталактон, выделенный из экстрактов листьев *Eucalyptus viminalis*, положительно влияет на ингибирование различных вариантов систем LuxI/LuxR QS у бактерий, в дополнение к его основному воздействию на продуктивные качества цыплят-бройлеров (Duskaev GK et al., 2020).

Известно применение гамма-окталактона в качестве ароматического компонента для пищевых целей (Борисенко Е.В., 2003). Главным положительным моментом проведённых ранее исследований является доказанное снижение развития условно-патогенной микрофлоры в организме сельскохозяйственной птицы и низкая токсичность вещества.

Таким образом, поиск альтернативных веществ природного происхождения, не вызывающих возникновения к ним устойчивости у патогенных микроорганизмов, является актуальной задачей для мясного животноводства.

Цель исследования.

Оценка включения γ -окталактона в рацион цыплят-бройлеров на рост, развитие, состояние организма и эффективность использования корма, в том числе в сочетании с антибиотическим веществом.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. 7-дневные цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкрес.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08 1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследованных опытных образцов.

Схема эксперимента. Эксперимент был проведён на базе вивария ФНЦ БСТ РАН на 120 головах 7-дневных цыплят-бройлеров (кросс Арбор Айкрес, 4 группы, n=30).

Используемые вещества. γ -лактон – гамма-окталактон, 97 % («Sigma-Aldrich», США). Выделен из экстракта *Eucalyptus viminalis*, доказана его способность ингибировать различные системы кворума (QS) LuxI/LuxR у бактерий (Duskaev GK et al., 2020). Антибиотик – 20 % хлортетрациклин.

Контрольная группа получала основной рацион (ОР); I опытная – ОР+антибиотик (20 % хлортетрациклин) 0,63 г/кг ж. м.; II опытная – ОР+ γ -окталактон в дозировке 0,1 мл/кг ж. м./сут; III опытная – ОР+ γ -окталактон+антибиотик (20 % хлортетрациклин). Кормление и поение птицы осуществлялось групповым методом согласно рекомендациям ВНИТИП.

В конце каждого периода была проведена оценка веса тела бройлеров, потребление корма и смертность. Прирост массы тела, суточное потребление корма, коэффициент преобразования корма были рассчитаны для каждой группы. По окончании эксперимента в возрасте 42 дней были отобраны 10 птиц со средней массой тела, у них прижизненно взяты образцы крови из вены крыла для определения содержания гемоглобина, гематокрита, количества эритроцитов и лейкоцитов. Массу внутренних органов цыплят-бройлеров определяли после уоя птицы, не менее чем у 5 особей.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены на базе ЦКП БСТ РАН (цкп-бст.рф) <https://xn---btbzumgw.xn--p1ai/>. Морфологические показатели крови определяли с помощью автоматического гематологического анализатора URIT-2900 Vet Plus, («URIT Medial Electronic Co.», Китай).

Статистическая обработка. Статистический анализ полученных данных обрабатывался с использованием программы «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США).

Результаты исследований.

В ходе исследований было установлено преимущество по живой массе опытных бройлеров над контролем (табл. 1).

Таблица 1. Динамика живой массы цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкрес на фоне совместного и раздельного введения веществ и антибиотика
($M \pm m$, $n=30$, опыт в условиях вивария), г

Table 1. Dynamics of live weight of broiler chickens of the Arbor Acres cross against the background of joint and separate administration of substances and an antibiotic
($M \pm m$, $n=30$, experience in vivarium conditions), g

| Период / <i>Duration</i> | Контрольная / <i>Control</i> | I | II | III |
|---|------------------------------|--------------|---------------|---------------|
| Начало опыта / <i>Beginning of the experiment</i> | 340,00±6,6 | 340,00±7,6 | 340,00±8,5 | 340,40±9,9 |
| 1 неделя / <i>1 week</i> | 612,80±12,5 | 680,80±11,4 | 676,40±21,6 | 680,40±24,2 |
| 2 недели / <i>2 week</i> | 1049,60±32,3 | 1224,00±23,6 | 1215,20±50,1 | 1205,20±47,6 |
| 3 недели / <i>3 week</i> | 1682,00±37,4 | 1889,60±37,8 | 1852,40±89,3 | 1857,20±63,4 |
| 4 недели / <i>4 week</i> | 2473,20±49,0 | 2561,20±35,6 | 2546,80±118,8 | 2651,20±82,5 |
| 5 недель / <i>5 week</i> | 2896,00±88,3 | 3074,50±52,3 | 3288,00±174,1 | 3375,00±68,6* |

Примечание: Здесь и далее * – $P \leq 0,05$

Note: Hereinafter * – $P \leq 0.05$

Так, уже на первую неделю эксперимента опытные группы, получавшие к основному рациону антибиотик, γ -окталактон и их смесь, характеризовались преобладанием живой массы на 68,0 г (11,09 %), 63,6 г (10,37 %) и 67,6 г (11,03 %) в сравнении с контролем. К концу эксперимента цыплята-бройлеры контрольной группы по живой массе достоверно уступали опытным соответственно на 178,5 г, 392 и 479 г (6,16 %, 13,53 и 16,54 %). Наибольшей живой массой отличались бройлеры, получавшие с основным рационом γ -окталактон+антибиотик, что на 16,54 % больше, чем в контроле. Аналогичная ситуация наблюдалась и по приростам живой массы (табл. 2).

Таблица 2. Прирост живой массы цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкрес на фоне совместного и раздельного введения веществ и антибиотика
($M \pm m$, $n=30$, опыт в условиях вивария), г

Table 2. Live weight gain of broiler chickens of the Arbor Acres cross against the background of joint and separate administration of substances and an antibiotic
 $M \pm m$, $n=30$, experience in vivarium conditions), g

| Прирост / <i>Growth</i> | Контрольная / <i>Control</i> | I | II | III |
|---------------------------------------|------------------------------|---------------|----------------|----------------|
| Среднесуточный / <i>Daily average</i> | 73,03±2,52 | 78,13±1,49 | 84,23±4,97 | 86,70±1,96* |
| Абсолютный / <i>Total</i> | 2556,00±88,34 | 2734,50±52,28 | 2948,00±174,12 | 3034,60±68,61* |

Бройлеры из III опытной группы превосходили аналогов из контрольной, I и II групп по среднесуточному приросту на 13,67 г (15,77 %), 8,57 г (9,88 %) и 2,47 г (2,85 %), а по абсолютному – на 478,6 г, 300,1 г и 86,6 г.

В ходе исследований были установлены достоверные изменения в динамике живой массы подопытных бройлеров (табл. 3).

Таблица 3. Поедаемость и расход корма при выращивании цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкрес на фоне совместного и отдельного введения веществ и антибиотика (M±m, n=30, опыт в условиях вивария), г
Table 3. Palatability and feed consumption when raising broiler chickens of the Arbor Acres cross against the background of joint and separate administration of substances and an antibiotic (M ± m, n=30, experience in vivarium conditions), g

| Показатель / Indicator | Контрольная / Control | I | II | III |
|--|-----------------------|------------|------------|------------|
| Стартовый комбикорм / Starting compound feed | 2086,80 | 2196,40 | 2280,80 | 2242,40 |
| Ростовой комбикорм / Growth compound feed | 2480,70 | 2518,80 | 2602,20 | 2712,25 |
| Всего за эксперимент / Total | 4567,50 | 4715,20 | 4883,00 | 4954,65 |
| Расход корма на прирост 1 кг живой массы, кг / Feed consumption for an increase of 1 kg of live weight, kg | 1,79±0,059 | 1,73±0,033 | 1,67±0,107 | 1,63±0,037 |

За весь период эксперимента бройлеры I-III опытных групп поедали корма больше на 147,7 г (3,23 %), 315,5 г (6,90 %) и 387,1 г (8,47 %), однако расход корма на 1 кг живой массы у них был меньше на 0,06 кг (3,35 %), 0,12 кг (6,70 %) и 0,17 кг (8,94 %) по сравнению с контролем.

На фоне совместного введения вещества и антибиотика наибольшей массой селезёнки отличались бройлеры III группы (табл. 4).

Таблица 4. Масса внутренних органов цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкрес на фоне совместного и отдельного введения веществ и антибиотика (M±m, n=30, опыт в условиях вивария), г
Table 4. The weight of the internal organs of broiler chickens of the Arbor Acres cross against the background of joint and separate administration of substances and an antibiotic (M ± m, n=30, experiment in vivarium conditions), g

| Показатель/Indicator | Контрольная/Control | I | II | III |
|----------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| Селезёнка / Spleen | 3,12±0,23 | 3,40±0,18 | 3,81±0,30 | 4,21±0,44* |
| Печень / Liver | 60,23±1,98 | 51,72±0,97 | 54,87±2,86 | 57,63±6,18 |

Так, по данному показателю они превосходили контрольную, I и II группы на 1,09 г (25,89 %), 0,81 г (19,23 %) и 0,40 г (9,50 %). По массе печени контрольная группа превосходила опытные группы (I-III) на 14,12 %, 8,89 и 4,31 %.

Хотя по некоторым морфологическим показателям крови наблюдались изменения в группах, но все же находились в пределах физиологической нормы (табл. 5).

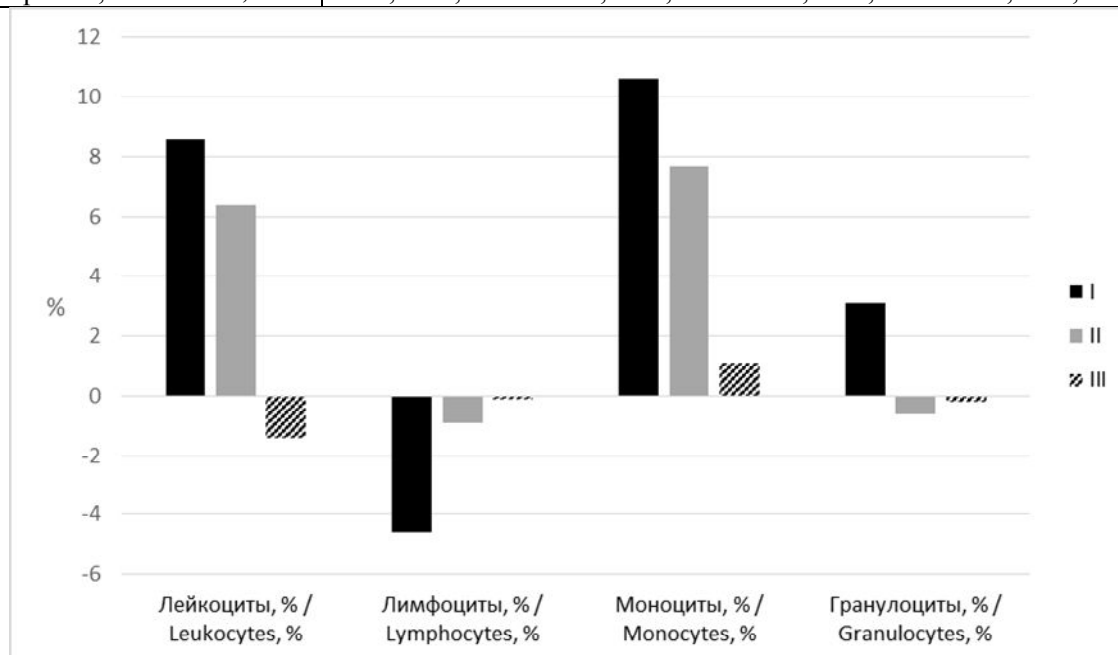
Бройлеры из III группы имели большее содержание эритроцитов на 30,67 %, 12,62 и 16,23 % в сравнении с контрольной, I и II группами. Введение антибиотика птице из I группы способствовало большей концентрации гемоглобина на 4,05% в сравнении с контролем.

Введение с основным рационом активных веществ оказало влияние на содержание белых клеток крови (рис. 1).

Таблица 5. Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров кросса Арбор Айтрес на фоне введения гамма-окталактона (M±m, n=30, опыт в условиях вивария)

Table 5. Morphological blood parameters of broiler chickens of the Arbor Acres cross against the background of the introduction of gamma-octalactone (M±m, n=30, experience in vivarium conditions)

| Показатель / Indicator | Группа / Group | | | |
|---|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
| | Контрольная / Control | I | II | III |
| Эритроциты, 10^{12} кл/л / RBC, 10^{12} cell/L | 2,69±0,63 | 3,39±0,59 | 3,25±0,62 | 3,88±0,03* |
| Гемоглобин, г/л/Hemoglobin, g/L | 118,33±3,28 | 123,33±4,84 | 114,33±4,67 | 115,00±2,65 |
| Гематокрит, %/Hematocrit, % | 22,13±0,58 | 23,27±1,07 | 21,03±0,75 | 21,07±0,50 |
| Ср.объём эритроцитов, fl/ Average volume of RBC, fl | 109,87±1,42 | 113,13±1,67 | 110,20±1,05 | 112,40±1,15 |
| Среднее значение гемоглобина в клетке, пг/ Average of Hemoglobin, pg | 58,60±1,48 | 59,77±0,18 | 59,63±0,79 | 61,23±0,63 |
| Средняя концентрация клеточного гемоглобина, г/л/ Average concentration of cellular hemoglobin, g/L | 534,33±6,39 | 529,67±6,77 | 543,00±4,62 | 545,33±0,33 |
| Тромбоциты, 10^9 кл/л/ Platelets, 10^9 cell/L | 132,33±21,17 | 129,00±12,50 | 122,67±16,83 | 107,67±2,73 |
| Тромбоцитом, %/Platelets, % | 0,23±0,04 | 0,22±0,02 | 0,21±0,02 | 0,18±0,02 |

Рис. 1 – Содержание белых клеток крови у бройлеров кросса Арбор Айтрес на фоне введения γ -окталактона относительно контрольной группы, % (M±m, n=30, опыт в условиях вивария)Figure 1 – The content of white blood cells in Arbor Acres cross against the background of γ -octalactone administration relative to the control group, % (M=m, n=30, experience in vivarium conditions)

По содержанию белых клеток крови бройлеры из контрольной, I и II групп превосходили птицу, получавшую с основным рационом вещество и антибиотик, на 1,32 %, 10,08 и 7,83 % соответственно.

Обсуждение полученных результатов.

Результаты исследований согласуются с ранее проведёнными экспериментами, так, добавление фитобиотиков к рационам цыплят бройлеров (листовая мука *Persicaria odorata* и листовая мука *Piper betle*; смесь *Aerva lanata*, *Piper betle*, *Cynodon dactylon* и *Piper nigrum*) увеличило показатели роста, механизмом действия. Также рассматривается улучшение морфологии кишечника, положительная модуляция и поддержание динамики микробиоты слепой кишки с улучшением усвояемости питательных веществ корма (Oso AO et al., 2019; Basit MA et al., 2020).

Известен противовоспалительный эффект γ -окталактона, который обнаружен в том числе в плодах *M. Charantia* и обладающий важными биологическими свойствами, а в частности участвует в борьбе с бактериальными патогенами в организме птиц (Eltom SEM et al., 2021), способен усиливать действие других растительных молекул или биологически активных веществ (Deryabin D et al., 2021).

В опытных группах отмечено более высокое содержание эритроцитов, особенно при сочетании антибиотика и γ -окталактона, в литературе отмечается отсутствие какого-либо токсического действия лактонов на данные клетки (Gładkowski W et al., 2018). Введение тетрациклинов нового поколения в организм животных также не оказывает негативного влияния на уровень эритроцитов, в то же время отмечено увеличение уровня гемоглобина в клетках (Sainz Á et al., 2021).

Косвенное подтверждение положительного синергетического действия антибиотиков и фитохимических веществ отмечено некоторыми исследователями в отношении усиления антибактериальных эффектов (Бао М et al., 2020), синергизма комбинаций тетрациклин+неочищенный экстракт (*Vernonia amygdalina*, *Garcinia kola*) на грамотрицательные микроорганизмы (Enechukwu SM et al., 2019). *Macleaya cordata* улучшает эффект тетрациклинов на показатели роста цыплят-бройлеров, такие как выживаемость, суточный вес и соотношение корма к весу (Li B et al., 2018).

Подтверждением положительного действия фитохимических веществ, содержащихся в *Eucalyptus* (нами выделен в данном растении γ -окталактон), являются ранее проведённые исследования, где отмечено, что порошок *Eucalyptus leaves* в дозе 0,5 % (Mashayekhi H et al., 2018) стимулирует рост бройлеров, увеличивает содержание лейкоцитов в крови, что согласуется с данными нашего эксперимента. *Eucalyptus globulus L.* (Farhadi D et al., 2017) в рационе бройлеров в отличие от проведённых исследований не оказал влияния на прирост массы бройлеров, хотя имеются и противоположные сведения (Mohebodini H et al., 2021).

Ввиду малоизученности темы и отсутствия прямых литературных сведений о механизмах влияния γ -окталактона на показатели крови, в частности лейкоцитов, указываем на необходимость использования при обсуждении косвенных фактов. Схожие данные были получены в исследованиях Wakenell PS (2010), где отмечается, что у цыплят-бройлеров включение в рацион порошка эвкалипта с антибиотиком приводит к значительному увеличению лейкоцитов и снижению уровня холестерина.

Заключение.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что прямое включение γ -окталактона в рацион бройлеров способствует проявлению ростостимулирующего эффекта, который усиливается при совместном использовании с хлортетрациклином, на фоне высокой поедаемости корма, снижения расхода корма на 1 кг живой массы, увеличению эритропоэза и лейкоцитов в крови.

Список источников

1. Борисенко Е.В. Ароматизатор, придающий вкус и аромат сливочного масла: пат. 2207016 Рос. Федерация. Заявл. 16.05.01; опубл. 27.06.03. 11 с. [Borisenko EV. Aromatizator, pridayushchii

vkus i aromat slivochnogo masla: pat. 2207016 Ros. Federatsiya. Zayavl. 16.05.01; opubl. 27.06.03. 11 p (*in Russ*)].

2. Включение экстракта *Quercus cortex* в рацион бройлеров изменяет их убойные показатели и биохимический состав мышечной ткани / В.А. Багиров и др. // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 799-810. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.799rus [Bagirov VA et al. Addition of *Quercus cortex* extract to broiler diet changes slaughter indicators and biochemical composition of muscle tissue. *Agricultural Biology*. 2018;53(4):799-810. (*In Russ*). doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.799eng

3. Химическая энциклопедия / под ред. И.Л. Кнунянц и др. М.: Сов. энциклопедия, 1990. Т. 2. (Даф-Мед). 671 с. [*Khimicheskaya entsiklopediya. pod red. Knunyants IL et al. Moscow: Sov. entsiklopediya; 1990;2(Daf-Med):671 p. (in Russ)*].

4. Bao M, Zhang L, Liu B, Li L, Zhang Y, Zhao H, Ji X, Chen Q, Hu M, Bai J, Pang G, Yi J, Tan Y, Lu C. Synergistic effects of anti-MRSA herbal extracts combined with antibiotics. *Future Microbiol*. 2020;15(13):1265-1276. doi: 10.2217/fmb-2020-0001

5. Basit MA, Kadir AA, Loh TC, Abdul Aziz S, Salleh A, Zakaria ZA, Banke Idris S. Comparative efficacy of selected phytobiotics with halquinol and tetracycline on gut morphology, ileal digestibility, cecal microbiota composition and growth performance in broiler chickens. *Animals (Basel)*. 2020;10(11):2150. doi: 10.3390/ani10112150

6. Bosetti GE, Griebler L, Aniecevski E, Facchi CS, Baggio C, Rossatto G, Leite F, Valentini FDA, Santo AD, Pagnussatt H, Boiagio MM, Petrolli TG. Microencapsulated carvacrol and cinnamaldehyde replace growth-promoting antibiotics: Effect on performance and meat quality in broiler chickens. *An Acad Bras Cienc*. 2020;92(3):e20200343. doi: 10.1590/0001-3765202020200343

7. Deryabin D, Inchagova K, Rusakova E, Duskaev G. Coumarin's anti-quorum sensing activity can be enhanced when combined with other plant-derived small molecules. *Molecules*. 2021;26(1):208. doi: 10.3390/molecules26010208

8. Duskaev GK, Kvan OV, Rakhmatullin ShG. Eucalyptus viminalis leaf extract alters the productivity and blood parameters of healthy broiler chickens. *Vet World*. 2020;13(12):2673-2680. doi: 10.14202/vetworld.2020.2673-2680

9. Eltom SEM, Abdellatif AAH, Maswadeh H, Al-Omar MS, Abdel-Hafez AA, Mohammed HA, Agabein EM, Alqasoomi I, Alrashidi SA, Sajid MSM, Mobark MA. The anti-inflammatory effect of a γ -lactone isolated from ostrich oil of *Struthio camelus* (ratite) and its formulated nano-emulsion in formalin-induced paw edema. *Molecules*. 2021;26(12):3701. doi: 10.3390/molecules26123701

10. Enemchukwu CM, Oli AN, Okoye EI, Ujam NT, Osazuwa EO, Emechebe GO, Okeke KN, Ifezulike CC, Ejiolor OS, Okoyeh JN. Winning the war against multi-drug resistant diarrhoeagenic bacteria. *Microorganisms*. 2019;7(7):197. doi: 10.3390/microorganisms7070197

11. Farhadi D, Karimi A, Sadeghi G, Sheikahmadi A, Habibian M, Raei A, Sobhani K. Effects of using eucalyptus (*Eucalyptus globulus L.*) leaf powder and its essential oil on growth performance and immune response of broiler chickens. *Iran J Vet Res*. 2017;18(1):60-62.

12. Ferri M, Ranucci E, Romagnoli P, Giaccone V. Antimicrobial resistance: a global emerging threat to public health systems. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017; 57(13):2857-2876. doi: 10.1080/10408398.2015.1077192

13. Foroutankhah M, Toghyani M, Landy N. Evaluation of *Calendula officinalis L.* (marigold) flower as a natural growth promoter in comparison with an antibiotic growth promoter on growth performance, carcass traits and humoral immune responses of broilers. *Anim Nutr*. 2019;5(3):314-318. doi: 10.1016/j.aninu.2019.04.002

14. Franco CM, Vázquez BI. Natural compounds as antimicrobial agents. *Antibiotics (Basel)*. 2020;9(5):217. doi: 10.3390/antibiotics9050217

15. Gładkowski W, Włoch A, Pawlak A, Sysak A, Białońska A, Mazur M, Mituła P, Maciejewska G, Obmińska-Mrukowicz B, Kleszczyńska H. Preparation of Enantiomeric β -(2',5'-Dimethylphenyl) bromolactones, their antiproliferative activity and effect on biological membranes. *Molecules*. 2018;23(11):3035. doi: 10.3390/molecules23113035

16. Herawati O, Untari T, Anggita M, Artanto S. Effect of mangosteen (*Garcinia mangostana L.*) peel extract as an antibiotic growth promoter on growth performance and antibiotic resistance in broilers. *Vet World*. 2019;13(4):796-800. doi: 10.14202/vetworld.2020.796-800
17. Levakhin G, Duskaev G, Dusaeva H. Assessment of chemical composition of grain crops depending on vegetative stage for feeding. *Asian Journal of Crop Science*. 2015;7(3):207-213. doi: 10.3923/ajcs.2015.207.213
18. Li B, Zhang JQ, Han XG, Wang ZL, Xu YY, Miao JF. *Macleaya cordata* helps improve the growth-promoting effect of chlortetracycline on broiler chickens. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2018;19(10):776-784. doi: 10.1631/jzus.B1700435
19. Mahmoud MAM, Abdel-Mohsein HS. Hysterical tetracycline in intensive poultry farms accountable for substantial gene resistance, health and ecological risk in Egypt- manure and fish. *Environ Pollut*. 2019;255(1):113039. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113039
20. Manafi M, Hedayati M, Pirany N, Omede AA. Comparison of performance and feed digestibility of the non-antibiotic feed supplement (Novacid) and an antibiotic growth promoter in broiler chickens. *Poult Sci*. 2019;98(2):904-911. doi: 10.3382/ps/pey437
21. Mashayekhi H, Mazhari M, Esmaeilipour O. Eucalyptus leaves powder, antibiotic and probiotic addition to broiler diets: effect on growth performance, immune response, blood components and carcass traits. *Animal*. 2018;12(10):2049-2055. doi: 10.1017/S1751731117003731
22. Mohebodini H, Jazi V, Ashayerizadeh A, Toghyani M, Tellez-Isaias G. Productive parameters, cecal microflora, nutrient digestibility, antioxidant status, and thigh muscle fatty acid profile in broiler chickens fed with *Eucalyptus globulus* essential oil. *Poult Sci*. 2021;100(3):100922. doi: 10.1016/j.psj.2020.12.020
23. Oso AO, Suganthi RU, Reddy GBM, Malik PK, Thirumalaisamy G, Awachat VB, Selvaraju S, Arangasamy A, Bhatta R. Effect of dietary supplementation with phytogenic blend on growth performance, apparent ileal digestibility of nutrients, intestinal morphology, and cecal microflora of broiler chickens. *Poult Sci*. 2019;98(10):4755-4766. doi: 10.3382/ps/pez191
24. Sainz Á, García-Sancho M, Rodríguez-Franco F, San Andrés MI, Rodríguez C, de Lucas JJ, Andrés MDS, Agulla B, Villaescusa A. Effect of chemically modified tetracycline-8 (CMT-8) on hematology, blood chemistry, cytokines and peripheral blood lymphocyte subsets of healthy dogs. *Res Vet Sci*. 2021;136:200-208. doi: 10.1016/j.rvsc.2021.02.022
25. Shirzadi H, Shariatmadari F, Karimi Torshizi MA, Rahimi S, Masoudi AA, Zaboli G, Hedayat-Evrigh N. Plant extract supplementation as a strategy for substituting dietary antibiotics in broiler chickens exposed to low ambient temperature. *Arch Anim Nutr*. 2020;74(3):206-221. doi: 10.1080/1745039X.2019.1693860
26. Wakenell PS. Hematology of chickens and turkeys. In: Weiss DS and Wardrop KJ, editors. *Schalm's Veterinary Hematology*. 6th ed. Blackwell Publishing, Hoboken, New Jersey. 2010;957-967.

References

1. Borisenko EV. Flavoring giving the taste and aroma of butter: Pat. 2207016 Rus. Federation. *Appl*. 16.05.01; publ. 27.06.03. 11 p.
2. Bagirov VA et al. Addition of *Quercus cortex* extract to broiler diet changes slaughter indicators and biochemical composition of muscle tissue. *Agricultural Biology*. 2018;53(4):799-810. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.799eng
3. Chemical encyclopedia. In: Knunyants IL editor, et al. Moscow: Soviet encyclopedia; 1990;2 (Daph-Med):671 p.
4. Bao M, Zhang L, Liu B, Li L, Zhang Y, Zhao H, Ji X, Chen Q, Hu M, Bai J, Pang G, Yi J, Tan Y, Lu C. Synergistic effects of anti-MRSA herbal extracts combined with antibiotics. *Future Microbiol*. 2020;15(13):1265-1276. doi: 10.2217/fmb-2020-0001
5. Basit MA, Kadir AA, Loh TC, Abdul Aziz S, Salleh A, Zakaria ZA, Banke Idris S. Comparative efficacy of selected phytobiotics with halquinol and tetracycline on gut morphology, ileal digestibil-

ity, cecal microbiota composition and growth performance in broiler chickens. *Animals (Basel)*. 2020;10(11):2150. doi: 10.3390/ani10112150

6. Bosetti GE, Griebler L, Aniecevski E, Facchi CS, Baggio C, Rossatto G, Leite F, Valentini FDA, Santo AD, Pagnussatt H, Boiago MM, Petrolli TG. Microencapsulated carvacrol and cinnamaldehyde replace growth-promoting antibiotics: Effect on performance and meat quality in broiler chickens. *An Acad Bras Cienc*. 2020;92(3): e20200343. doi: 10.1590/0001-3765202020200343

7. Deryabin D, Inchagova K, Rusakova E, Duskaev G. Coumarin's anti-quorum sensing activity can be enhanced when combined with other plant-derived small molecules. *Molecules*. 2021;26(1):208. doi: 10.3390/molecules26010208

8. Duskaev GK, Kvan OV, Rakhmatullin ShG. Eucalyptus viminalis leaf extract alters the productivity and blood parameters of healthy broiler chickens. *Vet World*. 2020;13(12):2673-2680. doi: 10.14202/vetworld.2020.2673-2680

9. Eltom SEM, Abdellatif AAH, Maswadeh H, Al-Omar MS, Abdel-Hafez AA, Mohammed HA, Agabein EM, Alqasoomi I, Alrashidi SA, Sajid MSM, Mobark MA. The anti-inflammatory effect of a γ -lactone isolated from ostrich oil of *Struthio camelus* (ratite) and its formulated nano-emulsion in formalin-induced paw edema. *Molecules*. 2021;26(12):3701. doi: 10.3390/molecules26123701

10. Enemchukwu CM, Oli AN, Okoye EI, Ujam NT, Osazuwa EO, Emechebe GO, Okeke KN, Ifezulike CC, Ejiofor OS, Okoyeh JN. Winning the war against multi-drug resistant diarrhoeagenic bacteria. *Microorganisms*. 2019;7(7):197. doi: 10.3390/microorganisms7070197

11. Farhadi D, Karimi A, Sadeghi G, Sheikahmadi A, Habibian M, Raei A, Sobhani K. Effects of using eucalyptus (*Eucalyptus globulus L.*) leaf powder and its essential oil on growth performance and immune response of broiler chickens. *Iran J Vet Res*. 2017;18(1):60-62.

12. Ferri M, Ranucci E, Romagnoli P, Giaccone V. Antimicrobial resistance: a global emerging threat to public health systems. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017; 57(13):2857-2876. doi: 10.1080/10408398.2015.1077192

13. Foroutankhah M, Toghiani M, Landy N. Evaluation of *Calendula officinalis L.* (marigold) flower as a natural growth promoter in comparison with an antibiotic growth promoter on growth performance, carcass traits and humoral immune responses of broilers. *Anim Nutr*. 2019;5(3):314-318. doi: 10.1016/j.aninu.2019.04.002

14. Franco CM, Vázquez BI. Natural compounds as antimicrobial agents. *Antibiotics (Basel)*. 2020;9(5):217. doi: 10.3390/antibiotics9050217

15. Gładkowski W, Włoch A, Pawlak A, Sysak A, Białońska A, Mazur M, Miłuła P, Maciejewska G, Obmińska-Mrukowicz B, Kleszczyńska H. Preparation of Enantiomeric β -(2',5'-Dimethylphenyl) bromolactones, their antiproliferative activity and effect on biological membranes. *Molecules*. 2018;23(11):3035. doi: 10.3390/molecules23113035

16. Herawati O, Untari T, Anggita M, Artanto S. Effect of mangosteen (*Garcinia mangostana L.*) peel extract as an antibiotic growth promoter on growth performance and antibiotic resistance in broilers. *Vet World*. 2019;13(4):796-800. doi: 10.14202/vetworld.2020.796-800

17. Levakhin G, Duskaev G, Dusaeva H. Assessment of chemical composition of grain crops depending on vegetative stage for feeding. *Asian Journal of Crop Science*. 2015;7(3):207-213. doi: 10.3923/ajcs.2015.207.213

18. Li B, Zhang JQ, Han XG, Wang ZL, Xu YY, Miao JF. *Macleaya cordata* helps improve the growth-promoting effect of chlortetracycline on broiler chickens. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2018;19(10):776-784. doi: 10.1631/jzus.B1700435

19. Mahmoud MAM, Abdel-Mohsein HS. Hysterical tetracycline in intensive poultry farms accountable for substantial gene resistance, health and ecological risk in Egypt- manure and fish. *Environ Pollut*. 2019;255(1):113039. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113039

20. Manafi M, Hedayati M, Pirany N, Omede AA. Comparison of performance and feed digestibility of the non-antibiotic feed supplement (Novacid) and an antibiotic growth promoter in broiler chickens. *Poult Sci*. 2019;98(2):904-911. doi: 10.3382/ps/pey437

21. Mashayekhi H, Mazhari M, Esmaeilipour O. Eucalyptus leaves powder, antibiotic and probiotic addition to broiler diets: effect on growth performance, immune response, blood components and carcass traits. *Animal*. 2018;12(10):2049-2055. doi: 10.1017/S1751731117003731
22. Mohebodini H, Jazi V, Ashayerizadeh A, Toghyani M, Tellez-Isaias G. Productive parameters, cecal microflora, nutrient digestibility, antioxidant status, and thigh muscle fatty acid profile in broiler chickens fed with *Eucalyptus globulus* essential oil. *Poult Sci*. 2021;100(3):100922. doi: 10.1016/j.psj.2020.12.020
23. Oso AO, Suganthi RU, Reddy GBM, Malik PK, Thirumalaisamy G, Awachat VB, Selvaraju S, Arangasamy A, Bhatta R. Effect of dietary supplementation with phytogenic blend on growth performance, apparent ileal digestibility of nutrients, intestinal morphology, and cecal microflora of broiler chickens. *Poult Sci*. 2019;98(10):4755-4766. doi: 10.3382/ps/pez191
24. Sainz Á, García-Sancho M, Rodríguez-Franco F, San Andrés MI, Rodríguez C, de Lucas JJ, Andrés MDS, Agulla B, Villaescusa A. Effect of chemically modified tetracycline-8 (CMT-8) on hematology, blood chemistry, cytokines and peripheral blood lymphocyte subsets of healthy dogs. *Res Vet Sci*. 2021;136:200-208. doi: 10.1016/j.rvsc.2021.02.022
25. Shirzadi H, Shariatmadari F, Karimi Torshizi MA, Rahimi S, Masoudi AA, Zaboli G, Hedayat-Evrigh N. Plant extract supplementation as a strategy for substituting dietary antibiotics in broiler chickens exposed to low ambient temperature. *Arch Anim Nutr*. 2020;74(3):206-221. doi: 10.1080/1745039X.2019.1693860
26. Wakenell PS. Hematology of chickens and turkeys. In: Weiss DS and Wardrop KJ, editors. *Schalm's Veterinary Hematology*. 6th ed. Blackwell Publishing, Hoboken, New Jersey. 2010;957-967.

Информация об авторах:

Шамиль Гафиуллинович Рахматуллин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-922-815-72-25.

Баер Серекпаевич Нуржанов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-79.

Ксения Сергеевна Инчагова, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-79.

Галимжан Калиханович Дускаев, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-79.

Елена Владимировна Шейда, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-922-862-64-02.

Дианна Багдасаровна Косян, кандидат биологических наук, исполняющий обязанности заведующего лабораторией селекционно-генетических исследований в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-922-844-89-15.

Information about the authors:

Shamil G Rakhmatullin, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher of the Department of Feeding for Farm Animals and Feed Technology named after Leushin SG, Federal Research Centre of Biological

Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., 460000, Orenburg, cell.: 8-922-815-72-25.

Baer S Nurzhanov, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Department of Feeding for Farm Animals and Feed Technology named after Leushin SG, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., 460000, Orenburg, tel.: 8(3532)30-81-79.

Ksenia S Inchagova, Cand. Sci. (Biology), Researcher, Laboratory of Selection and Genetic Research in Livestock, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., 460000, Orenburg, tel.: 8(3532)30-81-79.

Galimzhan K Duskaev, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher of the Department of Feeding for Farm Animals and Feed Technology named after Leushin SG, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., 460000, Orenburg, tel.: 8(3532)30-81-79.

Elena V Sheida, Cand. Sci. (Biology), Researcher, Biological Tests and Examinations, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., 460000, Orenburg, cell.: 8-922-862-64-02.

Dianna B Kosyan, Cand. Sci. (Biology), Acting Head of the Laboratory for Selection and Genetic Research in Livestock, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., 460000, Orenburg, cell.: 8-922-844-89-15.

Статья поступила в редакцию 01.11.2021; одобрена после рецензирования 15.11.2021; принята к публикации 13.12.2021.

The article was submitted 01.11.2021; approved after reviewing 15.11.2021; accepted for publication 13.12.2021.