

УДК 636.5:591.11

DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-197

Продуктивность птицы, биохимические значения крови: эффект *Bacillus cereus* и Кумарин

Г.К. Дускаев¹, Ш.Г. Рахматуллин¹, О.В. Кван¹, Б.С. Нуржанов¹, А.С. Ушаков², Г.И. Левахин¹

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)

²Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста (г. Боровск)

Аннотация. Поиск альтернативных веществ, обладающих схожими эффектами с антибиотиками, является в настоящее время глобальной задачей для мирового птицеводства. В этой связи большой интерес вызывает использование в кормлении птиц лекарственных растений, содержащих активные растительные вещества близкие по действию с антибиотиками. На наш взгляд, не менее важно изучение возможных синергетических эффектов с пробиотическими компонентами.

Эксперимент был проведён на 200 цыплятах-бройлерах, разделённых на 4 экспериментальные группы по 50 голов в каждой (5 повторений по 10 особей в каждой). Во время каждого из 3 фаз кормления птиц использовали следующие рационы: контрольная группа получала основной рацион (ОР), I опытная – ОР+*Bacillus cereus* (BC) (доза $12,6 \times 10^3$ микробных тел/кг корма/сут), II опытная – ОР+Кумарин (СО) (доза 2 мг/кг корма/сут), III опытная – ОР+BC+СО.

В ходе исследований установлено, что включение в состав рациона СО, а также СО с BC способствовало увеличению живой массы бройлеров, особенно это заметно с 28 по 42 день эксперимента (СО – 15,2-20,8 %; P=0,09; СО+BC – 15,6-12,8 %; P=0,06).

Отдельное использование BC в рационе бройлеров привело к снижению лейкоцитов (P=0,053) в сравнении с остальными группами, на фоне более высоких значений гранулоцитов (P=0,001) и гематокрита (P=0,002). Активность эндогенного фермента аланинаминотрансферазы (АЛТ) в группе СО была более высокой (P=0,001) в сравнении с остальными группами. Таким образом, включение в основной рацион птицы пробиотического штамма *Bacillus cereus* и Кумарина способствует повышению их продуктивности.

Ключевые слова: птица, кормление, продуктивность, кровь, пробиотики, *Bacillus cereus*, Кумарин, ферменты.

UDC 636.5:591.11

Poultry productivity, blood biochemical values: the effect of *Bacillus cereus* and Coumarin

Galimzhan K Duskaev¹, Shamil G Rakhmatullin¹, Olga V Kwan¹, Baer S Nurzhanov¹, Alexander S Ushakov², Georgy I Levakhin¹

¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

²All-Russian Research Institute of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition—branch of the Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst (Borovsk, Russia)

Summary. The search for alternative substances with similar effects to antibiotics is currently a global challenge for the world poultry industry. In this regard, plant substances, including medicinal plants, are of great interest. In our opinion, it is equally important to study possible synergistic effects with probiotic substances.

The experiment was carried out on 200 broiler chickens, divided into 4 experimental groups of 50 animals each (5 repetitions of 10 animals each). During each of the 3 feeding phases, the birds were fed the rations presented: the control group received the basic diet (BD), experimental I - BD + *Bacillus cereus* (BC) (dose 12.6×10^3 microbial bodies / kg feed / day), experimental II - BD + Coumarin (CO) (dose 2 mg / kg feed / day), III experimental - BD + BC + CO.

During the research, it was found that the inclusion of CO, as well as CO with BC in the diet, contributed to an increase in the live weight of broilers, this was especially noticeable from the 28th to 42nd day of the experiment (CO - 15.2-20.8%, $P = 0,09$; CO + BC - 15.6-12.8%, $P = 0.06$).

The use of BC alone in broiler diets resulted in a decrease in leukocytes ($P = 0.053$) compared with the rest of the groups, against the background of higher values of granulocytes ($P = 0.001$) and hematocrit ($P = 0.002$). The activity of the endogenous enzyme alanineaminotransferase (ALT) in the CO group was higher ($P = 0.001$) in comparison with the other groups. Thus, the inclusion of the probiotic strain *Bacillus cereus* and Coumarin in the basic diet of poultry contributes to an increase in their productivity.

Key words: poultry, feeding, productivity, blood, probiotics, *Bacillus cereus*, Coumarin, enzymes.

Введение.

Производство мяса птицы вносит существенный вклад в продовольственную безопасность многих стран мира. Значительную роль в этом играли ранее кормовые антибиотики в субтерапевтической дозировке, которые широко использовались в качестве стимуляторов роста в животноводстве, а также для поддержания здоровья и повышения продуктивности. Но прогрессирующая резистентность к антибиотикам стала главной угрозой для здравоохранения (WHO, 2014). Поиск альтернативных веществ, обладающих похожими эффектами, является в настоящее время глобальной задачей для мирового птицеводства. В этой связи большой интерес вызывает использование в кормлении птиц лекарственных растений, содержащих активные растительные вещества, схожие по эффектам с антибиотиками. Например, добавка семян *Phoenix dactylifera* (El-Far AH et al., 2016) показала значительные различия ($P < 0,05$) по относительной скорости роста, коэффициенту конверсии корма и эффективности использования энергии у цыплят-бройлеров, а также значениям антиоксидантного статуса и иммунитета.

Проводилась оценка фенольных экстрактов из черники (*Vaccinium corymbosum*) и ежевики (*Rubus fruticosus*) как альтернативы стимуляторам роста у бройлеров (Salaheen S et al., 2017), отмечено, что они модулируют микробиом кишечника и повышают прирост массы тела.

Необходимо отметить, что экстракты содержат значительное количество разнообразных биологически активных веществ, *Vaccinium corymbosum* и *Rubus fruticosus* – коричную кислоту, кумарин, эллаговую кислоту, галловую кислоту и др., *Phoenix dactylifera* – 4,6-диметил-3-(4-метоксифенил) Кумарин (14,73 %), 4-метилциллинаминовая кислота (11,44 %), 6-гидрокси-7-метоксикумарин (8,71 %) и др. (Kchaou W et al., 2016). Поэтому необходимость изучения данных веществ в отдельности очень важна для поиска альтернативы антибиотикам, особенно интересен в этом отношении кумарин. Были зарегистрированы более 1000 кумаринов из семян, корней и листьев растений, обладающих антиоксидантными, противоопухолевыми, противовоспалительными и антимикробными свойствами (Nasr T et al., 2014).

Подчеркивается потенциальная роль кумаринов в качестве альтернативных терапевтических стратегий, основанных на их способности блокировать сигнальные системы QS и ингибировать образование биоплёнок у клинически значимых патогенов (Reen F et al., 2018). Считается, что использование кумарина в пищевых продуктах не представляет опасности для человека (Lee JH et al., 2014). Отмечается, что кумарин – новое сельскохозяйственное антибактериальное вещество против *Ralstonia solanacearum* (Chen J et al., 2016). В то же время новые производные кумарина (кора *Zanthoxylum vicennae*) могут по-разному проявлять своё действие (Chen JJ et al., 2015). Не менее интересным представляется изучение дополнительных эффектов кумарина во взаимодействии с другими биологически активными веществами. Отмечено наличие механизмов синергии *Radix Angelicae*, содержащего кумарины и лигустразина при лечении мигрени (Feng S et al., 2018).

На наш взгляд, не менее важно изучение возможных синергетических эффектов с пробиотическими веществами, известно, что *Bacillus spp.* активны против *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* и *Listeria monocytogenes* у птицы (Barbosa TM et al., 2005) и человека (Jeżewska-Fraćkowiak J et al., 2018), положительно влияют на прирост птицы (Gadde U et al., 2017).

Цель исследования.

Изучить отдельно и совместно действия пробиотического вещества *Bacillus cereus* и ранее выделенного из экстракта коры дуба вещества Кумарин на продуктивность птицы, биохимические значения крови.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Однодневные цыплята-бройлеры кросса Арбор Айрекс, выращенные до возраста 42 дня.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) и «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». При выполнении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Эксперимент был проведён на базе вивария ФНЦ БСТ РАН на 200 цыплятах-бройлерах, разделённых на 4 экспериментальные группы по 50 голов в каждой (5 повторений по 10 особей в каждой). Бройлеры выращивались в групповых клетках, в помещении с контролируемой температурой и влажностью, со свободным доступом к корму и воде. В ранее проведённых нами исследованиях кумарин был выделен из экстракта коры дуба (Инчагова К.С. и др., 2019). Во время каждого из 3 фаз кормления у птиц были рационы, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Состав и содержание питательных веществ в основных диетах
Table 1. Ingredients and nutrient level of basal diets

Ингредиентный состав, % / Ingredient composition, %	Стартер (1-21 день) / Starter (1-21 days)	Производитель (21-35 дней) / Grower (21-35 days)	Финишер (35-42 дня) / Finisher (35-42 days)
	контроль, I, II, III / Control, I, II, III	контроль, I, II, III / Control, I, II, III	контроль, I, II, III / Control, I, II, III
Пшеница / <i>Wheat</i>	47,0	44,5	42,0
Ячмень / <i>Barley</i>	2,6	1,45	0,3
Кукуруза / <i>Corn</i>	7,5	14,75	22,0
Соевый шрот (46 % белка) / <i>Soybean meal (46 % protein)</i>	25,0	20,0	15,0
Подсолнечный шрот (38 % белка) / <i>Sunflower meal (38 % protein)</i>	7,0	8,5	10,0
Подсолнечное масло / <i>Sunflower oil</i>	5,0	5,0	5,0
Дикальция фосфат / <i>Di-calcium phosphate</i>	1,6	1,5	1,4
Мел кормовой / <i>Mel stern</i>	0,9	1,2	1,5
Известняк / <i>Limestone</i>	0,5	0,4	0,3
Соль / <i>Salt</i>	0,36	0,28	0,2
DL-метионин / <i>DL-Methionine</i>	0,18	0,17	0,16
L-лизин / <i>L-Lysine</i>	0,35	0,26	0,17
Витаминно-минеральный премикс / <i>Vitamin-mineral premixa^a</i>	2,0	2,0	2,0
Расчётные питательные вещества / <i>Calculated nutrients</i>			
Метаболическая энергия (ккал г-1) / <i>Metabolizable energy (kcal g⁻¹)</i>	296,0	299,0	302,0
Сырой протеин / <i>Crude protein</i>	22,0	20,3	18,7
Метионин+цистеин / <i>Methionin+cysteine</i>	0,87	0,83	0,79
Лизин / <i>Lysine</i>	1,35	1,15	0,96
Кальций / <i>Calcium</i>	0,95	0,98	1,01
Доступный фосфор / <i>Available phosphorus</i>	0,54	0,51	0,48

Примечание: ^a на килограмм диеты предоставляется следующее: витамин А – 7000 МЕ; витамин D₃ – 800,0 МЕ; витамин Е – 9 МЕ; витамин К₃ – 1,1 мг; тиамин – 0,7 мг; рибофлавин – 3,0 мг; витамин В₆ – 1 мг; витамин В₁₂ – 0,01 мг; витамин С – 50 мг; Mn – 23 мг; Fe – 17 мг; Zn – 11 мг; Cu – 2,5 мг; I – 0,4 мг; Se – 0,2 мг

^a Supplied following per kilogram of diet: vitamin A – 7,000 IU – vitamin D₃ – 800,0 IU; vitamin E – 9 IU; vitamin K₃ – 1,1 mg; thiamine – 0,7 mg; riboflavin – 3,0 mg; vitamin B₆ – 1 mg; vitamin B₁₂ – 0,01 mg; vitamin C – 50 mg; Mn – 23 mg; Fe – 17 mg; Zn – 11 mg; Cu – 2,5 mg; I – 0,4 mg; Se – 0,2 mg

Контрольная группа получала основной рацион (ОР), I опытная – ОР+*Bacillus cereus* (BC) (доза $12,6 \times 10^3$ микробных тел/кг корма/сут), II опытная – ОР+Кумарин (CO) (доза 2 мг/кг корма/сут), III опытная – ОР+BC+CO.

В эксперименте использовались следующие вещества: *Bacillus cereus* IP 5832 (ATCC 14893) (Laboratoires AVENTIS, Франция)

Кумарин – IUPAC: 7-гидроксикумарин, молекулярная формула – $C_9H_6O_3$, молярная масса – 162,144 г/моль; CAS: 93-35-6, 1391-97-5.

В конце каждого периода была проведена оценка веса тела бройлеров, в конце эксперимента – потребление корма и смертность.

Прирост массы тела, суточное потребление корма, коэффициент преобразования корма были рассчитаны для каждой группы. По окончании эксперимента в возрасте 42 дня были отобраны 10 птиц, со средней массой тела, у них прижизненно взяты образцы крови из вены крыла, и птицы были убиты. От каждой туши были взяты образцы печёночной и мышечной тканей грудной и бедренной мышц в количестве 50 г каждая, помещены в стерильный контейнер и далее в холод (-20°C).

Оборудование и технические средства. Отдельные исследования выполнялись с использованием материально-технической базы Центра коллективного пользования ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН. Содержание гемоглобина (Hb), гематокрит (Ht), количество эритроцитов (RBC) и лейкоцитов (WBC) в крови определяли в гематологическом анализаторе URIT-2900 Vet Plus («URIT Medical Electronic Group Co», Ltd, China).

Диагностические наборы, разработанные Диакон-ДС (Россия) и Ransod от Randox, использовались для определения содержания следующих биохимических показателей в образцах плазмы крови: глюкоза, общий белок, альбумин, мочевая кислота, мочевины, билирубин, креатинин, общий холестерин и его фракции, то есть холестерин высокой плотности и триацилглицеролы; деятельность ферменты щелочная фосфатаза, аланинаминотрансфераза, аспаратаминотрансфераза и лактатдегидрогеназа; содержание фосфора, кальция и магния. Использовался анализатор биохимический автоматический CS-T240 (DIRUI Industrial Co, Ltd, China).

Статистическая обработка. Численные данные были обработаны с помощью одностороннего дисперсионного анализа (ANOVA), и результаты представлены в виде средних значений для групп и стандартной ошибки среднего («StatSoft Inc.», США). Достоверными считали значения при $P \leq 0,05$ в сравнении с контролем.

Результаты исследований.

Включение в состав рациона CO, а также CO с BC способствовало увеличению живой массы бройлеров, особенно это заметно с 28 по 42 день эксперимента (CO – 15,2-20,8 %; $P=0,09$; CO+BC – 15,6-12,8 %; $P=0,06$) (табл. 2).

Таблица 2. Эффект применения *Bacillus cereus* и Кумарин на продуктивность цыплят бройлеров
Table 2. Effect of *Bacillus cereus* and Coumarin application on broiler chick productivity

Группы / Groups	Живая масса, кг / Live weight, kg					Коэффициент конверсии корма 1-42 день / Feed conversion rate 1-42 day	Уровень смертности, % / Mortality rate, %
	7 день / 7 day	21 день / 21 day	28 день / 28 day	35 день / 35 day	42 день / 42 day		
Контроль / Control	0,214	0,707	1,215	1,768	2,388	1,65	2
<i>Bacillus cereus</i>	0,217	0,741	1,297	1,896	2,605	1,58	1
Кумарин / Coumarin	0,219	0,783	1,400 ^a	2,139 ^a	2,886 ^a	1,49 ^a	0
<i>Bacillus cereus</i> + Кумарин / <i>Bacillus cereus</i> +Coumarin	0,219	0,786	1,371	2,044 ^b	2,694 ^b	1,59	0
Стандартная ошибка среднего / Standard error of the mean	0,03	0,07	0,06	0,09	0,31	0,14	-
P-критерий / P- test	0,77	0,69	0,09	0,05	0,06	0,06	-

Примечание: $a \leq 0,05$, $b \leq 0,01$ в сравнении с контролем / Note: $a \leq 0,05$, $b \leq 0,01$ in comparison with control

Отмечается более низкий расход корма на 1 кг прироста живой массы у животных СО (P=0,06), на фоне отсутствия падежа птицы в течение всего периода эксперимента.

Отдельное использование ВС в рационе бройлеров привело к снижению лейкоцитов (P=0,053) в сравнении с остальными группами на фоне более высоких значений гранулоцитов (P=0,001) и гематокрита (P=0,002) (табл. 3).

Таблица 3. Морфологические показатели крови бройлеров при использовании в рационах *Bacillus cereus* и Кумарин

Table 3. Morphological parameters of broiler blood when used in rations *Bacillus cereus* and *Coumarin*

Показатель / Index	Контроль / Control	<i>Bacillus cereus</i>	Кумарин / <i>Coumarin</i>	<i>Bacillus cereus</i> + Кумарин / <i>Bacillus cereus</i> + <i>Coumarin</i>	Стандартная ошибка сред- него / <i>Standard error of the mean</i>	P- критерий / <i>P- test</i>
Лейкоциты, 10 ⁹ кл/л / <i>Leukocytes, 10⁹ kl/l</i>	59,17	47,90 ^b	59,67	55,27	1,99	0,053
Лимфоциты, 10 ⁹ кл/л / <i>Lymphocytes, 10⁹ kl/l</i>	56,63	51,73	54,40	52,20	1,93	0,131
Моноциты, 10 ⁹ кл/л / <i>Monocytes, 10⁹ kl/l</i>	8,30	8,50	7,30	7,80	0,5	0,110
Гранулоциты, 10 ⁹ кл/л / <i>Granulocytes, 10⁹ kl/l</i>	35,07	45,43 ^b	38,57	45,87 ^a	5,44	<0,001
Эритроциты, 10 ¹² кл/л / <i>Erythrocytes, 10¹² kl/l</i>	3,97	3,89	3,51	3,59	0,11	0,142
Гемоглобин, г/л / <i>Hemoglobin, g/l</i>	99,67	113,67	113,0	116,0 ^a	12,6	0,067
Гематокрит, % / <i>Hematocrit, %</i>	18,23	21,03 ^b	20,07	21,10 ^a	1,43	0,002
Тромбоциты, 10 ⁹ кл/л / <i>Platelets, 10⁹ kl/l</i>	101,67	102,33	109,3	116,0	5,90	0,101

Примечание: a≤0,05, b≤0,01 в сравнении с контролем

Note: a≤0.05, b≤0.01 in comparison with control

Так же как и совместное скармливание *Bacillus cereus* и Кумарина способствовало увеличению количества гранулоцитов (P=0,001), гемоглобина (P=0,067) и гематокрита (P=0,002).

Включение СО в рацион снизило значение глюкозы в сыворотке крови бройлеров (P=0,021), а также показатели липидного обмена – холестерина (P=0,035), увеличилось содержание триглицеридов (P=0,009) (аналогично у ВС), продукта энергетического обмена – креатинина (P=0,058), белкового обмена – мочевой кислоты (P=0,079), а также железа (P=0,003) (табл. 4).

Совместное использование ВС и СО снизило лишь значения билирубина (P=0,048) на фоне увеличения мочевой кислоты и минеральных веществ (Fe, P).

Активность эндогенного фермента аланинаминотрансферазы в группе СО была более высокой (P=0,001) в сравнении с остальными группами (табл. 5).

Таблица 4. Биохимические показатели крови бройлеров при использовании в рационах *Bacillus cereus* и *Кумарин*Table 4. Biochemical parameters of broiler blood when used in rations of *Bacillus cereus* and *Coumarin*

Показатель / Index	Контроль / Control	<i>Bacillus cereus</i>	Кумарин / Coumarin	<i>Bacillus cereus</i> + Кумарин / <i>Bacillus cereus</i> + <i>Coumarin</i>	Стандартная ошибка среднего / Standard error of the mean	Р-критерий / P- test
Глюкоза, ммоль/л / <i>Glucose, mmol/l</i>	13,94	13,19	9,19 ^b	13,97	1,24	0,021
Общий белок, г/л / <i>Total protein, g/l</i>	38,00	37,05	36,34	37,69	1,17	0,235
Альбумин, г/л / <i>Albumin, g/l</i>	12,67	11,67	11,33	12,0	0,90	0,324
Билирубин, мкмоль/л / <i>Bilirubin, mmol/l</i>	0,36	0,34	0,30	0,29 ^a	0,03	0,048
Холестерин, ммоль/л / <i>Cholesterol, mmol/l</i>	3,22	2,96	2,88 ^b	3,75	0,27	0,035
Триацилглицерин, ммоль/л / <i>Triacylglycerols, mmol/l</i>	0,21	0,67 ^a	0,66 ^a	0,34	0,21	0,009
Креатинин, мкмоль/л / <i>Creatinine, mmol/l</i>	111,43	121,90	124,23 ^a	119,57	8,69	0,058
Мочевина, ммоль/л / <i>Urea, mmol/l</i>	3,27	3,20	3,13	3,23	0,09	0,103
Мочевая кислота, мкмоль/л / <i>Uric acid, mmol/l</i>	188,7	214,0	387,6 ^b	249,7 ^a	19,18	0,079
Железо, мкмоль/л / <i>Iron, mmol/l</i>	16,8	15,53	19,53 ^b	19,07 ^a	1,79	0,003
Фосфор, ммоль/л / <i>Phosphorus, mmol/l</i>	2,05	2,92	2,98	3,75 ^a	0,52	0,002

Примечание: a≤0,05, b≤0,01 в сравнении с контролем

Note: a≤0.05, b≤0.01 in comparison with control

Таблица 5. Активность ферментов сыворотки крови бройлеров при использовании в рационах *Bacillus cereus* и *Кумарин*Table 5. Activity of broiler blood serum enzymes when used in rations of *Bacillus cereus* and *Coumarin*

Показатель / Index	Контроль / Control	<i>Bacillus cereus</i>	Кумарин / Coumarin	<i>Bacillus cereus</i> + кумарин / <i>Bacillus cereus</i> + <i>Coumarin</i>	Стандартная ошибка среднего / Standard error of the mean	Р-критерий / P- test
АЛТ, Ед/л / <i>ALT, U/l</i>	12,23	18,0	25,1 ^a	18,13	2,81	0,001
АСТ, Ед/л / <i>AST, U/l</i>	88,80	27,70 ^b	42,60 ^a	28,17 ^a	16,71	<0,001
ГГТ, Ед/л / <i>GGT, U/l</i>	83,30	90,37	66,60 ^b	69,87 ^b	8,44	0,035
Ферменты щелочной фосфатазы, Ед/л / <i>Enzymes alkaline phosphatase, U/l</i>	243,67	194,93 ^b	196,87	241,20	11,90	0,081

Примечание: a≤0,05, b≤0,01 в сравнении с контролем

Note: a≤0.05, b≤0.01 in comparison with control

Активность аспаратаминотрансферазы (АСТ) во всех опытных группах значительно снизилась ($<0,001$), так же как и гамма-глутамилтранспептидаза (ГГТ) в группах с СО ($P=0,035$).

Обсуждение полученных результатов.

В данном исследовании включение в состав рациона ВС, СО, а также СО+ВС способствовало увеличению живой массы бройлеров, отмечался более низкий расход корма на 1 кг прироста живой массы у животных на фоне отсутствия падежа птицы в течение всего периода эксперимента. Каких-либо сведений в доступной литературе об использовании Кумарина у птицы не обнаружено, но наши результаты косвенно подтверждают исследования El-Far АН с коллегами (2016), которые использовали добавку семян *Phoenix dactylifera*, содержащую в своем составе более 25 % производных Кумарина, а также Gong L с соавторами (2018), использовавших в рационах бройлеров пробиотик *Bacillus cereus*.

Вероятно, положительное влияние на рост бройлеров, которых кормили СО и ВС+СО, может быть связано с ранее обнаруженными антимикробными свойствами ВС (Barbosa TM et al., 2005) и аналогичными свойствами СО (Reen FJ et al., 2018), основанными на их способности блокировать сигнальные системы QS и ингибировать образование биоплёнок у клинически значимых патогенов. Было обнаружено, что кумарин в концентрации 50 мкг/мл ингибирует образование биоплёнки *E. coli* более чем на 80 %, не влияя на рост бактерий (Lee JH et al., 2014).

Это в свою очередь способствует активизации полезной микрофлоры, более полноценному расщеплению и усвоению веществ и увеличению продуктивности птицы (Clavijo V and Flórez MJV, 2018).

Использование биологически активных веществ, извлечённых из растительных продуктов (аналог галловой кислоты, фенольные соединения, включая кумарин) в течение 6 недель позволило набрать на 9,5 % больше массы тела, а микробиом цыплят имел более высокое отношение *Firmicutes* к *Bacteroidetes* (Salaheen S et al., 2016; Salaheen S et al., 2017).

Также утверждается, что стимулирующие рост эффекты пробиотиков у домашней птицы связаны с уменьшением количества и разнообразия естественной микробиоты, что позволяет увеличить использование питательных веществ кишечными эпителиальными клетками хозяина и снизить воздействие вредных микробных метаболитов (Gadde U et al., 2017).

В частности, ранее было установлено, что в зависимости от штамма *B. cereus* обладает способностью расти в виде погруженных или плавающих биоплёнок и секретировать в биоплёнке широкий спектр метаболитов, поверхностно-активных веществ, бактериоцинов, ферментов и токсинов – все соединения, чувствительные к действию на саму биоплёнку и/или на её окружающую среду (Majed R et al., 2016).

В настоящем эксперименте синергетическое действие СО+ВС было менее выражено в отношении роста птицы, в отличие от отдельного добавления СО в рацион бройлеров.

В эксперименте отдельное использование ВС в рационе бройлеров также привело к снижению лейкоцитов в сравнении с остальными группами на фоне более высоких значений гранулоцитов и гематокрита. На наш взгляд, изменение показателей крови может зависеть от дозировки пробиотического вещества. Так, известно, что дозировка *Bacillus licheniformis* и *Bacillus subtilis* 1×10^6 КОЕ g^{-1} способствует увеличению количества эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина на фоне снижения аспаратаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы, ферментов щелочной фосфатазы у опытной рыбы (Adorian TJ et al., 2019), в то же время в другом исследовании с применением *Bacillus clausii* значения WBC варьируются на фоне тенденции увеличения гематокрита (Lakshmi SG et al., 2017).

В то же время отмечаем, что полученные данные согласуются с ранее проведёнными экспериментами на цыплятах-бройлерах, с добавлением пробиотического препарата в сочетании с витаминами и минералами (*Bacillus cereus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium* и др.), имели меньшее ($P \leq 0,05$) количество лейкоцитов и эозинофилов по сравнению с цыплятами без добавок. Так же как и в нашем эксперименте обнаружены тенденции, что пищевые добавки приводили к более низкому ($p=0,07$) количеству лимфоцитов (Sugiharto S et al., 2018).

Совместное скармливание СО+ВС увеличило значения гранулоцитов, гемоглобина и гематокрита, что, вероятно, связано с проявлением свойств, прежде всего, пробиотика. Это объясняется тем, что ранее при изучении ингибирующего действия умбеллипренина (кумарина) на мононуклеарные клетки периферической крови как человеческого, так и мышинного происхождения, выявлена сильная устойчивость к изученным концентрациям (IC 50 с в диапазоне от 713,5±499,1 до 6651±3670,7 мкг/мл) (Rashidi M et al., 2016).

Включение СО в рацион снизило значение глюкозы в сыворотке крови бройлеров, а также холестерина, увеличилось содержание триглицеридов (аналогично – у ВС), креатинина, мочевой кислоты, а также железа. Снижение значения глюкозы при включении СО в рацион бройлеров, вероятно, связано с тем, что в настоящее время СО рассматриваются как потенциальные противодиабетические средства (Li H et al., 2017). Среди производных кумарина были идентифицированы новые двойные ингибиторы α -глюкозидазы и α -амилазы, некоторые соединения проявили сильную активность, стимулирующую потребление глюкозы (Sun H et al., 2018). Кроме того, обнаружены кумарины, снижающие содержание липидов в организме (Tejada S et al., 2017) и ингибирующие поглощение урата (Osthol) (Tashiro Y et al., 2018) что, вероятно, способствовало снижению липидов и увеличению мочевой кислоты и креатинина в группе СО. Недавно подтвердилась роль кумаринов в мобилизации железа путём его восстановления и хелатирования у растений (Tsai HH and Schmidt W, 2017), аналогичный механизм мог проявиться и в организме бройлеров в нашем случае.

В группе ВС+СО было отмечено снижение значений билирубина на фоне увеличения мочевой кислоты и минеральных веществ (Fe, P). Механизм снижения билирубина может быть связан с обнаружением билирубиноксидазной активности у штаммов *Bacillus* (Sakasegawa S et al., 2006), что могло отразиться на его содержании в сыворотке крови бройлеров. Что касается возможных механизмов увеличения мочевой кислоты и минеральных веществ, то они могли быть аналогичны вышеописанному (группа СО). Полученные результаты в нашем исследовании согласуются с исследованиями Gong L с соавторами (2018), где введение пробиотического штамма *Bacillus cereus* заметно снижало уровни общего холестерина и триглицеридов у бройлеров.

Активность эндогенного фермента аланинаминотрансферазы в группе СО была более высокой в сравнении с остальными группами. Эту реакцию можно объяснить тем, что кумарин является токсичным веществом, в то же время безопасность его использования с пищей была подтверждена некоторыми учёными (Lee JH et al., 2014). Кумарин не является ДНК-реактивным и индукция опухолей в высоких дозах у крыс объясняется цитотоксичностью и регенеративной гиперплазией, показано, что видоспецифическая токсичность для печени связана с фармакокинетикой метаболизма кумарина (Felter SP et al., 2006).

Активность аспаргатаминотрансферазы во всех опытных группах значительно снизилась, так же как и гамма глутамилтранспептидаза в группах с СО. Вероятно, это связано с гепатопротективными свойствами, которыми обладают кумарины и пробиотики *Bacillus*, это подтвердили в своих исследованиях Tian D et al., (2019), Adorian TJ et al., (2019) и Abudabos AM et al., (2019).

Выводы.

Отдельное использование пробиотического штамма *Bacillus cereus* в рационе бройлеров приводит к снижению лейкоцитов в сравнении с остальными группами на фоне увеличения значений гранулоцитов и гематокрита. Активность эндогенного фермента аланинаминотрансферазы в группе, получавшей кумарин, была более высокой в сравнении с остальными группами. Таким образом, включение в основной рацион птицы пробиотического штамма *Bacillus cereus* и кумарина способствует улучшению гематологических показателей и повышению их продуктивности.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 16-16-10048)

Литература

1. Инчагова К.С., Дускаев Г.К., Дерябин Д.Г. Подавление “кворум сенсинга” *chromobacterium violaceum* при воздействии комбинаций амикацина с активированным углем или малыми молекулами растительного происхождения (пирогаллолом и кумарином) // Микробиология. 2019. Т. 88. № 1. С. 72-82. doi: 10.1134/S0026365619010142 [Inchagova KS, Duskaev GK, Deryabin DG. Quorum sensing inhibition in *chromobacterium violaceum* by amikacin combination with activated charcoal or small plant-derived molecules (pyrogallol and coumarin). *Microbiology (Mikrobiologiya)*. 2019;88(1):63-71. (In Russ)]. doi: 10.1134/S0026261719010132
2. Abudabos AM, Alhourri HAA, Alhidary IA, Nassan MA, Swelum AA. Ameliorative effect of *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces boulardii*, oregano, and calcium montmorillonite on growth, intestinal histology, and blood metabolites on *Salmonella*-infected broiler chicken. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2019;26(16):16274-16278. doi: 10.1007/s11356-019-05105-1
3. Adorian TJ, Jamali H, Farsani HG et al. Effects of probiotic bacteria *Bacillus* on growth performance, digestive enzyme activity, and hematological parameters of asian sea bass, *Lateolabrax japonicus* (Bloch). *Probiotics Antimicrob Proteins*. 2019;11(1):248-255. doi: 10.1007/s12602-018-9393-z
4. Barbosa TM, Serra CR, La Ragione RM, Woodward MJ, Henriques AO. Screening for *Bacillus* isolates in the broiler gastrointestinal tract. *Appl Environ Microbiol*. 2005;71(2):968-978. doi: 10.1128/AEM.71.2.968-978.2005
5. Chen J, Yu Y, Li S, Ding W. Resveratrol and coumarin: novel agricultural antibacterial agent against *Ralstonia solanacearum* in vitro and in vivo. *Molecules*. 2016; 21(11): 1501. doi: 10.3390/molecules21111501
6. Chen JJ, Yang CK, Kuo YH, Hwang TL, Kuo WL, Lim YP, Sung PJ, Chang TH, Cheng MJ. New coumarin derivatives and other constituents from the stem bark of *Zanthoxylum avicennae*: effects on neutrophil pro-inflammatory responses. *Int J Mol Sci*. 2015;16(5):9719-9731. doi: 10.3390/ijms16059719
7. Clavijo V, Flórez MJV. The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review. *Poult Sci*. 2018;97(3):1006-1021. doi: 10.3382/ps/pex359
8. El-Far AH, Ahmed HA, Shaheen HM. Dietary supplementation of phoenix *dactylifera* seeds enhances performance, immune response, and antioxidant status in broilers. *Oxid Med Cell Longev*. 2016;5454963. doi: 10.1155/2016/5454963
9. Felter SP, Vassallo JD, Carlton BD, Daston GP. A safety assessment of coumarin taking into account species-specificity of toxicokinetics. *Food Chem Toxicol*. 2006;44(4):462-475. doi: 10.1016/j.fct.2005.08.019
10. Feng S, He X, Zhong P, Zhao J, Huang C, Hu Z. A metabolism-based synergy for total coumarin extract of *radix angelicae dahuricae* and *ligustrazine* on migraine treatment in rats. *Molecules*. 2018;23(5):1004. doi: 10.3390/molecules23051004
11. Gadde U, Kim WH, Oh ST, Lillehoj HS. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. *Animal Health Research Reviews*. 2017;18(1):26-45. doi: 10.1017/S1466252316000207
12. Gong L, Wang B, Mei X, Xu H, Qin Y, Li W, Zhou Y. Effects of three probiotic *Bacillus* on growth performance, digestive enzyme activities, antioxidative capacity, serum immunity, and biochemical parameters in broilers. *Anim Sci J*. 2018;89(11):1561-1571. doi: 10.1111/asj.13089
13. Jeżewska-Frąckowiak J, Seroczyńska K, Banaszczyk J, Jedrzejczak G, Żylicz-Stachula A, Skowron PM. The promises and risks of probiotic *Bacillus* species. *Acta Biochim Pol*. 2018;65(4):509-519. doi: 10.18388/abp.2018_2652
14. Kchaou W, Abbès F, Mansour RB, Blecker C, Attia H, Besbes S. Phenolic profile, antibacterial and cytotoxic properties of second grade date extract from Tunisian cultivars (*Phoenix dactylifera* L.). *Food Chemistry*. 2016;194:1048-1055. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.120
15. Lakshmi SG, Jayanthi N, Saravanan M, Ratna MS. Safety assessment of *Bacillus clausii* UBBC07, a spore forming probiotic. *Toxicol Rep*. 2017;4:62-71. doi: 10.1016/j.toxrep.2016.12.004

16. Lee JH, Kim YG, Cho HS, Ryu SY, Cho MH, Lee J. Coumarins reduce biofilm formation and the virulence of *Escherichia coli* O157:H7. *Phytomedicine*. 2014;21(8-9):1037-1042. doi: 10.1016/j.phymed.2014.04.008
17. Li H, Yao Y, Li L. Coumarins as potential antidiabetic agents. *J Pharm Pharmacol*. 2017;69(10):1253-1264. doi:10.1111/jphp.12774
18. Majed R, Faille C, Kallassy M, Gohar M. *Bacillus cereus* biofilms-same, only different. *Front Microbiol*. 2016;7:1054. doi: 10.3389/fmicb.2016.01054
19. Nasr T, Bondock S, Youns M. Anticancer activity of new coumarin substituted hydrazide-hydrazone derivatives. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 2014;76:539-548. doi: 10.1016/j.ejmech.2014.02.026
20. Rashidi M, Ali Ziai S, Zanjani TM, Khalilnezhad A, Jamshidi H, Amani D. Umbelliprenin is potentially toxic against the ht29, ct26, mcf-7, 4t1, a172, and gl26 cell lines, potentially harmful against bone marrow-derived stem cells, and non-toxic against peripheral blood mononuclear cells. *Iran Red Crescent Med J*. 2016;18(7):e35167. doi: 10.5812/ircmj.35167
21. Reen FJ, Gutiérrez-Barranquero JA, Parages ML, O'Gara F. Coumarin: a novel player in microbial quorum sensing and biofilm formation inhibition. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2018;102(5):2063-2073. doi: 10.1007/s00253-018-8787-x
22. Sakasegawa S, Ishikawa H, Imamura S, Sakuraba H, Goda S, Ohshima T. Bilirubin oxidase activity of *Bacillus subtilis* CotA. *Appl Environ Microbiol*. 2006;72(1):972-975. doi: 10.1128/AEM.72.1.972-975.2006
23. Salaheen S, Kim SW, Haley BJ, Van Kessel JAS, Biswas D. Alternative growth promoters modulate broiler gut microbiome and enhance body weight gain. *Front Microbiol*. 2017;8:2088. doi: 10.3389/fmicb.2017.02088
24. Salaheen S, Jaiswal E, Joo J, Peng M, Ho R, O'Connor D et al. Bioactive extracts from berry byproducts on the pathogenicity of *Salmonella Typhimurium*. *Int. Food Microbiol*. 2016. 237:128-135. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.08.027
25. Sugiharto S, Isroli I, Yudiarti T, Widiastuti E. The effect of supplementation of multistrain probiotic preparation in combination with vitamins and minerals to the basal diet on the growth performance, carcass traits, and physiological response of broilers. *Vet World*. 2018;11(2):240-247. doi: 10.14202/vetworld.2018.240-247
26. Sun H, Song X, Tao Y et al. Synthesis & α -glucosidase inhibitory & glucose consumption-promoting activities of flavonoid-coumarin hybrids. *Future Med Chem*. 2018;10(9):1055-1066. doi: 10.4155/fmc-2017-0293
27. Tashiro Y, Sakai R, Hirose-Sugiura T et al. Effects of osthol isolated from *Cnidium monnieri* fruit on urate transporter 1. *Molecules*. 2018;23(11):2837. doi: 10.3390/molecules23112837
28. Tejada S, Martorell M, Capo X, Tur JA, Pons A, Sureda A. Coumarin and derivatives as lipid lowering agents. *Curr Top Med Chem*. 2017;17(4):391-398. doi: 10.2174/1568026616666160824102322
29. Tian D, Wang F, Duan M et al. Coumarin analogues from the citrus *grandis* (L.) osbeck and their hepatoprotective activity. *J Agric Food Chem*. 2019;67(7):1937-1947. doi: 10.1021/acs.jafc.8b06489
30. Tsai HH, Schmidt W. Mobilization of iron by plant-borne coumarins. *Trends Plant Sci*. 2017;22(6):538-548. doi: 10.1016/j.tplants.2017.03.008
31. World Health Organization. Antimicrobial resistance: global report on surveillance. Geneva: World Health Organization; 2014:257 p.

References

1. Inchagova KS, Duskaev GK, Deryabin DG. Quorum sensing inhibition in chromobacterium violaceum by amikacin combination with activated charcoal or small plant-derived molecules (pyrogallol and coumarin). *Microbiology (Mikrobiologiya)*. 2019;88(1):63-71. doi:10.1134/S0026261719010132
2. Abudabos AM, Alhourri HAA, Alhidary IA, Nassan MA, Swelum AA. Ameliorative effect of *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces boulardii*, oregano, and calcium montmorillonite on growth, intestinal

histology, and blood metabolites on Salmonella-infected broiler chicken. Environ Sci Pollut Res Int. 2019;26(16):16274-16278. doi: 10.1007/s11356-019-05105-1

3. Adorian TJ, Jamali H, Farsani HG et al. Effects of probiotic bacteria bacillus on growth performance, digestive enzyme activity, and hematological parameters of asian sea bass, *lates calcarifer* (bloch). Probiotics Antimicrob Proteins. 2019;11(1):248-255. doi: 10.1007/s12602-018-9393-z

4. Barbosa TM, Serra CR, La Ragione RM, Woodward MJ, Henriques AO. Screening for bacillus isolates in the broiler gastrointestinal tract. Appl Environ Microbiol. 2005;71(2):968-978. doi: 10.1128/AEM.71.2.968-978.2005

5. Chen J, Yu Y, Li S, Ding W. Resveratrol and coumarin: novel agricultural antibacterial agent against *ralstonia solanacearum* in vitro and in vivo. Molecules. 2016; 21(11): 1501. doi: 10.3390/molecules21111501

6. Chen JJ, Yang CK, Kuo YH, Hwang TL, Kuo WL, Lim YP, Sung PJ, Chang TH, Cheng MJ. New coumarin derivatives and other constituents from the stem bark of *zanthoxylum avicennae*: effects on neutrophil pro-inflammatory responses. Int J Mol Sci. 2015;16(5):9719-9731. doi: 10.3390/ijms16059719

7. Clavijo V, Flórez MJV. The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review. Poult Sci. 2018;97(3):1006-1021. doi: 10.3382/ps/pex359

8. El-Far AH, Ahmed HA, Shaheen HM. Dietary supplementation of phoenix dactylifera seeds enhances performance, immune response, and antioxidant status in broilers. Oxid Med Cell Longev. 2016;5454963. doi: 10.1155/2016/5454963

9. Felter SP, Vassallo JD, Carlton BD, Daston GP. A safety assessment of coumarin taking into account species-specificity of toxicokinetics. Food Chem Toxicol. 2006;44(4):462-475. doi: 10.1016/j.fct.2005.08.019

10. Feng S, He X, Zhong P, Zhao J, Huang C, Hu Z. A metabolism-based synergy for total coumarin extract of radix angelicae dahuricae and ligustrazine on migraine treatment in rats. Molecules. 2018;23(5):1004. doi: 10.3390/molecules23051004

11. Gadde U, Kim WH, Oh ST, Lillehoj HS. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. Animal Health Research Reviews. 2017;18(1):26-45. doi: 10.1017/S1466252316000207

12. Gong L, Wang B, Mei X, Xu H, Qin Y, Li W, Zhou Y. Effects of three probiotic Bacillus on growth performance, digestive enzyme activities, antioxidative capacity, serum immunity, and biochemical parameters in broilers. Anim Sci J. 2018;89(11):1561-1571. doi: 10.1111/asj.13089

13. Jeżewska-Frąckowiak J, Seroczyńska K, Banaszczyk J, Jedrzejczak G, Żylicz-Stachula A, Skowron PM. The promises and risks of probiotic Bacillus species. Acta Biochim Pol. 2018;65(4):509-519. doi: 10.18388/abp.2018_2652

14. Kchaou W, Abbès F, Mansour RB, Blecker C, Attia H, Besbes S. Phenolic profile, antibacterial and cytotoxic properties of second grade date extract from Tunisian cultivars (*Phoenix dactylifera* L.). Food Chemistry. 2016;194:1048-1055. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.120

15. Lakshmi SG, Jayanthi N, Saravanan M, Ratna MS. Safety assesment of Bacillus clausii UBBC07, a spore forming probiotic. Toxicol Rep. 2017;4:62-71. doi: 10.1016/j.toxrep.2016.12.004

16. Lee JH, Kim YG, Cho HS, Ryu SY, Cho MH, Lee J. Coumarins reduce biofilm formation and the virulence of Escherichia coli O157:H7. Phytomedicine. 2014;21(8-9):1037-1042. doi: 10.1016/j.phymed.2014.04.008

17. Li H, Yao Y, Li L. Coumarins as potential antidiabetic agents. J Pharm Pharmacol. 2017;69(10):1253-1264. doi:10.1111/jphp.12774

18. Majed R, Faille C, Kallassy M, Gohar M. Bacillus cereus biofilms-same, only different. Front Microbiol. 2016;7:1054. doi: 10.3389/fmicb.2016.01054

19. Nasr T, Bondock S, Youns M. Anticancer activity of new coumarin substituted hydrazide-hydrazone derivatives. European Journal of Medicinal Chemistry. 2014;76:539-548. doi: 10.1016/j.ejmech.2014.02.026

20. Rashidi M, Ali Ziai S, Zanjani TM, Khalilnezhad A, Jamshidi H, Amani D. Umbelliprenin is potentially toxic against the ht29, ct26, mcf-7, 4t1, a172, and gl26 cell lines, potentially harmful against

bone marrow-derived stem cells, and non-toxic against peripheral blood mononuclear cells. *Iran Red Crescent Med J.* 2016;18(7):e35167. doi: 10.5812/ircmj.35167

21. Reen FJ, Gutiérrez-Barranquero JA, Parages ML, O'Gara F. Coumarin: a novel player in microbial quorum sensing and biofilm formation inhibition. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2018;102(5):2063-2073. doi: 10.1007/s00253-018-8787-x

22. Sakasegawa S, Ishikawa H, Imamura S, Sakuraba H, Goda S, Ohshima T. Bilirubin oxidase activity of *Bacillus subtilis* CotA. *Appl Environ Microbiol.* 2006;72(1):972-975. doi: 10.1128/AEM.72.1.972-975.2006

23. Salaheen S, Kim SW, Haley BJ, Van Kessel JAS, Biswas D. Alternative growth promoters modulate broiler gut microbiome and enhance body weight gain. *Front Microbiol.* 2017;8:2088. doi: 10.3389/fmicb.2017.02088

24. Salaheen S, Jaiswal E, Joo J, Peng M, Ho R, O'Connor D et al. Bioactive extracts from berry byproducts on the pathogenicity of *Salmonella Typhimurium*. *Int. Food Microbiol.* 2016. 237:128-135. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.08.027

25. Sugiharto S, Isroli I, Yudiarti T, Widiastuti E. The effect of supplementation of multistrain probiotic preparation in combination with vitamins and minerals to the basal diet on the growth performance, carcass traits, and physiological response of broilers. *Vet World.* 2018;11(2):240-247. doi: 10.14202/vetworld.2018.240-247

26. Sun H, Song X, Tao Y et al. Synthesis & α -glucosidase inhibitory & glucose consumption-promoting activities of flavonoid-coumarin hybrids. *Future Med Chem.* 2018;10(9):1055-1066. doi: 10.4155/fmc-2017-0293

27. Tashiro Y, Sakai R, Hirose-Sugiura T et al. Effects of osthonol isolated from *Cnidium monnieri* fruit on urate transporter 1. *Molecules.* 2018;23(11):2837. doi: 10.3390/molecules23112837

28. Tejada S, Martorell M, Capo X, Tur JA, Pons A, Sureda A. Coumarin and derivatives as lipid lowering agents. *Curr Top Med Chem.* 2017;17(4):391-398. doi: 10.2174/1568026616666160824102322

29. Tian D, Wang F, Duan M et al. Coumarin analogues from the citrus grandis (L.) osbeck and their hepatoprotective activity. *J Agric Food Chem.* 2019;67(7):1937-1947. doi: 10.1021/acs.jafc.8b06489

30. Tsai HH, Schmidt W. Mobilization of iron by plant-borne coumarins. *Trends Plant Sci.* 2017;22(6):538-548. doi: 10.1016/j.tplants.2017.03.008

31. World Health Organization. Antimicrobial resistance: global report on surveillance. Geneva: World Health Organization; 2014:257 p.

Дускаев Галимжан Калиханович, доктор биологических наук, заведующий отделом 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) 30-81-70, e-mail: gduskaev@mail.ru

Рахматуллин Шамиль Гафиулович, 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, e-mail: shahm2005@mail.ru

Кван Ольга Вилориевна, 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, e-mail: kwan111@yandex.ru

Нуржанов Баер Серекпаевич, 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, e-mail: baer.nurzhanov@mail.ru

Ушаков Александр Сергеевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищеварения и межклеточного обмена Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания животных-филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 249013, Калужская область, г. Боровск, пос. Институт, тел.: 8(48438)4-30-01, e-mail: asu2004@bk.ru

Левахин Георгий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный 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

Поступила в редакцию 10 декабря 2020 г.; принята после решения редколлегии 14 декабря 2020 г.; опубликована 31 декабря 2020 г. / Received: 10 December 2020; Accepted: 14 December 2020; Published: 31 December 2020