

Б. С. Нуржанов,
Ш. Г. Рахматуллин,
Г. К. Дускаев, ✉
Г. И. Левахин

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук, Оренбург,
Российская Федерация

✉ baer.nurzhanov@mail.ru

Поступила в редакцию:
29.06.2022

Одобрена после рецензирования:
29.08.2022

Принята к публикации:
29.09.2022

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-53-56

Baer S. Nurzhanov,
Shamil G. Rakhmatullin,
Galimzhan K. Duskaev, ✉
Georgy I. Levakhin

Federal Research Centre of Biological
Systems and Agrotechnologies of the
Russian Academy of Sciences, Orenburg,
Russian Federation

✉ baer.nurzhanov@mail.ru

Received by the editorial office:
29.06.2022

Accepted in revised:
29.08.2022

Accepted for publication:
29.09.2022

Изменение содержания химических элементов в тканях тела бройлеров при скормливании пробиотика *Bacillus cereus* и кумарина

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В связи с отменой кормления животных низкими дозами антибиотиков, ведется поиск альтернативных веществ, среди которых перспективными могут стать фитобиотики и пробиотики. Использование кормовых добавок на растительной основе в питании сельскохозяйственных животных и птицы способствует улучшению здоровья, а, следовательно, и улучшению продуктивных качеств. Цель исследования: изучить влияние пробиотика (*Bacillus cereus* IP 5832) и кумарина как по отдельности, так и совместно на содержание химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров.

Методы. Объектом исследования являлись 7-дневные цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкрес. В своих исследованиях мы использовали: пробиотик на основе штамма *Bacillus cereus* и кумарин. Схема эксперимента: контрольная группа (К) — основной рацион (ОР), I опытная — ОР + *Bacillus cereus* (доза $12,6 \times 10^3$ микробных тел/кг корма/сутки), II опытная — ОР + кумарин (доза 2 мг/кг корма/сут.), III опытная — ОР + *Bacillus cereus* + кумарин. Период эксперимента — 35 дней. Анализ элементного состава тканей определялся методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на квадрупольном масс-спектрометре «Nexion 300D» и атомно-эмиссионном спектрометре «Optima 2000 DV».

Результаты. В результате проведенных экспериментов по скормливанию бройлерам пробиотика на основе штамма *Bacillus cereus* и кумарина установлено их положительное влияние на накопление в печени и грудных мышцах эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов и снижение присутствия ряда токсичных элементов.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, пробиотик *Bacillus cereus*, кумарин, печень, грудные мышцы, химические элементы

Для цитирования: Нуржанов Б.С., Рахматуллин Ш.Г., Дускаев Г.К., Левахин Г.И. Изменение содержания химических элементов в тканях тела бройлеров при скормливании пробиотика *Bacillus cereus* и кумарина. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 53-56. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-53-56>

© Нуржанов Б.С., Рахматуллин Ш.Г., Дускаев Г.К., Левахин Г.И.

Changes in the concentration of chemical elements in the body tissues of broilers when fed with the probiotic *Bacillus cereus* and coumarin

ABSTRACT

Relevance. Due to the cancellation of feeding animals with low doses of antibiotics, alternative substances are being searched, phytochemicals and probiotics may become promising. The use of plant-based feed additives in the nutrition of farm animals and poultry contributes to improving health, and, consequently, improving productive qualities. The purpose of the study: to study the effect of probiotic (*Bacillus cereus* IP 5832) and coumarin both separately and together on the concentration of chemical elements in the body tissues of broiler chickens.

Methods. The object of the study was 7-day-old broiler chickens of the Arbor Acres cross. In our research we used: probiotic based on *Bacillus cereus* strain and coumarin. Experimental scheme: control group (C) — the main diet (MD), experimental group I — MD + *Bacillus cereus* (dose of 12.6×10^3 microbial bodies/kg of feed/day), experimental group II — MD + coumarin (dose of 2 mg/kg of feed/day), experimental group III — MD + *Bacillus cereus* + coumarin. The experiment period is 35 days. Analysis of the elemental composition of tissues was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry on a "Nexion 300D" quadrupole mass spectrometer and an "Optima 2000 DV" atomic emission spectrometer.

Results. As a result of experiments conducted on feeding probiotics to broilers based on *Bacillus cereus* and coumarin strains, their positive effect on the accumulation of essential and conditionally essential trace elements in the liver and pectoral muscles and a decrease in the presence of a number of toxic elements was established.

Key words: broiler chickens, probiotic *Bacillus cereus*, coumarin, liver, pectoral muscles, chemical elements.

For citation: Nurzhanov B.S., Rakhmatullin Sh.G., Duskaev G.K., Levakhin G.I. Changes in the concentration of chemical elements in the body tissues of broilers when fed with the probiotic *Bacillus cereus* and coumarin. Agrarian science. 2022; 363 (10): 53-56. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-53-56> (In Russian).

© Nurzhanov B.S., Rakhmatullin Sh.G., Duskaev G.K., Levakhin G.I.

Введение / Introduction

Фитобиотики были классифицированы как кормовые добавки на растительной основе, улучшающие здоровье сельскохозяйственных животных и птиц [1, 2]. В птицеводстве скормливание фитобиотиков является целесообразным и имеет хорошие перспективы для кормовой промышленности в будущем, благодаря их природному происхождению [3]. Однако количество доступных соединений, а также разнообразие форм, в которых встречаются фитобиотики, является недостатком, так как еще многие их свойства остаются неизвестными исследователям.

Также, в последние годы и пробиотики стали более популярными в мире пищевых и кормовых добавок в птицеводстве, выступая в качестве заменителей антибиотиков. Прежде всего, пробиотики являются универсальными кормовыми добавками, которые можно использовать в сочетании с другими для улучшения продуктивности и здоровья. Их положительные эффекты можно наблюдать непосредственно в желудочно-кишечном тракте и опосредованно, в иммуномодуляции иммунной системы птицы. Пищевые эффекты, наблюдаемые у птиц, получающих пробиотики, включают повышение яйценоскости и качества яиц, увеличение дневного прироста и улучшение коэффициента конверсии корма. Универсальность пробиотиков и тот факт, что бактерии, используемые при их производстве, являются неотъемлемой частью микробиома животных, делают их безопасными кормовыми добавками. Несмотря на ограничения Европейского союза, пробиотики обладают потенциалом для улучшения производства и здоровья в птицеводстве и за его пределами [4].

Исследования показали, что комбинация фитобиотического препарата с пробиотиком благотворно влияет на показатели крови [5, 6] и обладает выраженным антимикробным действием, что продемонстрировано исследованиями на примере *Escherichia coli* [7].

Целью исследования являлась оценка влияния пробиотика (*Bacillus cereus* IP 5832) и растительного фитобиотика кумарина как по отдельности, так и совместно на содержание ряда химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров.

Материалы и методы / Materials and methods

Объект исследования — семидневные цыплята-бройлеры (кросс Арбор Айкрес), период эксперимента составил 35 дней ($n = 200$, 4 группы). В эксперименте использовался пробиотик *Bacillus cereus* IP 5832 и химическое вещество растительного происхождения 7-гидроксикумарин (кумарин). Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российского ГОСТ 33215-2014 и Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях. Были предприняты все усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить число используемых образцов.

Птица выращивалась в групповых клетках, со свободным доступом к корму и воде. Контрольная группа получала основной рацион (ОР), I опытная — ОР + *Bacillus cereus* (доза $12,6 \times 10^3$ микробных тел/кг корма/сутки), II опытная — ОР + кумарин (доза 2 мг/кг корма/сут.), III опытная — ОР + *Bacillus cereus* + кумарин.

После убоя в пробах тканей (печень, мышечная ткань) определяли массовую долю сухого вещества, сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, массовую

долю сырой золы, аминокислотный состав тканей по стандартизированным методикам в Центре коллективного пользования, биологических систем и агротехнологий г. Оренбург. Анализ элементного состава тканей определялся методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на квадрупольном масс-спектрометре «Nexion 300D» и атомно-эмиссионном спектрометре «Optima 2000 DV».

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием пакета «Statistika 10RU».

Результаты и их обсуждение / Results and discussion

Включение в рацион цыплят-бройлеров пробиотика и кумарина как отдельно, так и совместно оказало определенное влияние на содержание химических элементов в печени (табл. 1).

Контрольный молодняк птиц уступал сверстникам из I–III группы по содержанию в печени бора на 11,18–18,42%, меди — на 4,69–12,83%, кремния — на 54,00–81,65%, цинка — на 14,91–31,81%, железа — на 60,54–108,11%. Бройлеры, получавшие с основным рационом пробиотик и кумарин, откладывали в печени марганца на 22,87% и селена — на 18,76% больше относительно контрольных значений.

Содержание всех изученных макроэлементов в печени опытных птиц было выше по сравнению с контрольным молодняком: кальция — на 13,63–27,27%,

Таблица 1. Содержание химических элементов в печени

Table 1. Content of chemical elements in the liver

Элемент	контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа	III опытная группа
Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы, мг/кг				
Бор (B)	1,52±0,150	1,8±0,180	1,69±0,170	1,74±0,170
Кобальт (Co)	0,047±0,007	0,053±0,008	0,053±0,008	0,05±0,007
Хром (Cr)	0,365±0,044	0,489±0,059	0,37±0,044	0,268±0,032
Медь (Cu)	20,65±2,070	23,11±2,310	21,62±2,160	23,3±2,330
Йод (I)	0,86±0,104	1,08±0,110	0,862±0,103	0,942±0,113
Литий (Li)	0,13±0,016	0,108±0,013	0,059±0,009	0,049±0,007*
Марганец (Mn)	15,3±1,530	15,04±1,500	18,8±1,880	16,44±1,640
Никель (Ni)	0,036±0,005	0,202±0,024*	0,05±0,008	0,01±0,002*
Селен (Se)	3,41±0,340	3,49±0,350	4,05±0,400	3,85±0,390
Кремний (Si)	3,87±0,390	6,15±0,620	5,96±0,600	7,03±0,700
Ванадий (V)	0,13±0,016	0,063±0,009	0,088±0,013*	0,06±0,009*
Цинк (Zn)	88,76±8,88	102,0±10,0	117,0±12,0	103,0±10,0
Железо (Fe)	702,0±70,0	1461±146,0*	1342±134,0*	1127±113,0
Макроэлементы, г/кг				
Кальций (Ca)	0,22±0,023	0,27±0,028	0,28±0,028	0,25±0,025
Калий (K)	13,56±1,356	15,56±1,556	16,03±1,604	15,7±1,578
Магний (Mg)	0,76±0,076	0,86±0,086	0,95±0,096	0,88±0,088
Натрий (Na)	2,47±0,247	3,1±0,311	3,36±0,336	3,88±0,389
Фосфор (P)	12,74±1,274	14,45±1,446	14,81±1,481	14,22±1,422
Токсичные и условно-токсичные элементы, мг/кг				
Кадмий (Cd)	0,259±0,031	0,152±0,018	0,288±0,035	0,141±0,017
Свинец (Pb)	0,013±0,002	0,019±0,003	0,013±0,002	0,014±0,002
Олово (Sn)	0,014±0,002	0,025±0,004	0,013±0,002	0,011±0,002

Примечания: * — $p \leq 0,05$; ** — $p \leq 0,01$, в сравнении с контрольной группой

калия — на 14,74–18,21%, марганца — 13,15–25,0%, натрия — 25,50–57,08%, фосфора — 11,61–16,24%.

Бройлеры, получавшие с основным рационом кумарин, характеризовались меньшим содержанием в печени таких токсичных элементов, как кадмий — на 45,55%, олово — на 21,42%, в сравнении с аналогичными показателями контрольной группы.

Включение в состав рациона кумарина способствовало увеличению содержания в грудных мышцах химических элементов: Co — на 0,008 мг/кг, Cu — на 1,24 мг/кг, Mn — на 0,05 мг/кг, Se — на 0,6 мг/кг, Zn — на 14,89 мг/кг и Fe — на 10,72 мг/кг (табл. 2).

Таблица 2. Содержание химических элементов в грудных мышцах
Table 2. Content of chemical elements in the pectoral muscles

Элемент	контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа	III опытная группа
Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы, мг/кг				
Бор (B)	1,89±0,19	1,66±0,17	1,86±0,19	0,83±0,1*
Кобальт (Co)	0,003±0,001	0,004±0,001	0,011±0,002	0,018±0,003*
Хром (Cr)	0,203±0,024	0,15±0,019	0,21±0,025	0,108±0,013
Медь (Cu)	2,08±0,21	1,73±0,17	3,32±0,33	1,53±0,15
Йод (I)	1,6±0,160	0,79±0,096*	0,79±0,095*	0,30±0,036*
Литий (Li)	0,022±0,003	0,009±0,002	0,008±0,002*	0,30±0,037*
Марганец (Mn)	0,69±0,083	0,57±0,069	0,74±0,089	0,66±0,08
Никель (Ni)	0,022±0,003	0,034±0,005	0,04±0,006*	0,033±0,005
Селен (Se)	0,77±0,093	0,66±0,08	0,83±0,101	0,48±0,059
Кремний (Si)	10,47±1,05	7,28±0,73	9,67±0,97	6,02±0,6
Ванадий (V)	0,02±0,003	0,014±0,002	0,019±0,003	0,008±0,002
Цинк (Zn)	16,06±0,61	24,77±0,48	30,95±3,09*	21,73±2,17*
Железо (Fe)	30,55±3,060	27,98±2,800	41,27±4,130	27,19±2,72
Макроэлементы, г/кг				
Кальций (Ca)	0,16±0,017	0,16±0,017	0,19±0,02	0,19±0,02
Калий (K)	20,98±2,099	19,13±1,913	19,51±1,951	20,84±2,085
Магний (Mg)	1,32±0,132	1,35±0,136	1,33±0,133	1,35±0,136
Натрий (Na)	1,70±0,17	1,58±0,158	2,18±0,218	2,41±0,241
Фосфор (P)	11,19±11,20	10,97±1,097	11,07±1,108	10,16±1,016
Токсичные и условно-токсичные элементы, мг/кг				
Мышьяк (As)	0,033±0,005	0,021±0,003	0,024±0,004	0,016±0,002
Кадмий (Cd)	0,118±0,014	0,082±0,012	0,068±0,010	0,079±0,012
Свинец (Pb)	0,028±0,004	0,015±0,002	0,023±0,003	0,014±0,002
Олово (Sn)	0,007±0,002	0,010±0,002	0,020±0,003	0,020±0,003

Примечания: * — $p \leq 0,05$; ** — $p \leq 0,01$, в сравнении с контрольной группой

Отмечено, что данное увеличение происходило на фоне снижения ряда веществ: I ($p = 0,81$), Li ($p = 0,014$), Si ($p = 0,8$).

Птицы из I и III групп, получавшие раздельно пробиотик и кумарин, превосходили контрольную по содержанию кобальта на 0,001 и 0,015 мг/кг, цинка — на 8,71 и 5,67 мг/кг соответственно.

Бройлеры из III группы, получавшие кумарин, имели наибольшее содержание в грудных мышцах кальция — на 18,75% больше, чем в контроле, магния — на 2,27%

и натрия — на 41,76%. При этом в их мышцах меньше накапливалось: мышьяка — на 51,5%, кадмия — на 33,05%, свинца — на 50,0% соответственно.

В литературе нет информации о влиянии *Bacillus cereus* или кумарина на минеральный состав печени или мышечной ткани бройлеров, поэтому наше исследование было проведено как попытка получить дополнительную информацию по этой теме. Хотя в литературе встречаются сведения об изучении содержания микро- и макроэлементов в печени сельскохозяйственных животных [8], где отмечена зависимость содержания веществ от окружающей среды, кормовых факторов и др.

В литературе есть сведения о влиянии питания, дополненного жирными семенами, на минеральный состав грудных мышц бройлеров; высокие содержания Fe, обнаруженные в мышцах, могут быть связаны с высоким уровнем элемента в крови [9].

Учитывая, что кумарины входят в состав экстрактов многих растений, мы предполагаем, что аналогичные исследования, связанные с включением растений в состав рационов бройлеров, могут в определенной степени объяснить полученные данные. Например, при оценке различных уровней добавок эфирного экстракта *Boswellia serrata* в рационе цыплят-бройлеров [10], был обнаружен повышенный уровень Ca в мышцах груди, голени и печени, а также Mg — в мышцах голени и печени. Добавление *Boswellia serrata* уменьшало содержание Cu (в мышцах груди и голени, а также в печени) и содержание Zn (в мышцах голени). В нашем случае аналогичный эффект наблюдался по Ca, Mg, Zn в печени.

Кормление добавкой кориандра и розмарина не показала существенных различий для K и Fe в мясе бройлеров, однако кормление розмарином показало самые высокие проценты для Na, Mg и Ca [11], что также согласуется с нашими данными. Ранее отмечено, что Fe является преобладающим металлом в печени, а Zn является преобладающим металлом в бедренных и грудных мышцах бройлеров [12], что также согласуется с полученными результатами.

На наш взгляд, возможными механизмами действия пробиотического штамма *Bacillus cereus* в организме, способствующими изменению химического состава печеночной и мышечной ткани, могут быть производство ими бактериоцинов, подавление экспрессии генов вирулентности, конкуренция за адгезию веществ, производство литических ферментов, производство антибиотиков, иммуностимуляция, конкуренция за питательные вещества и энергию, и производство органических кислот [13–15].

Выводы / Conclusion

В результате проведенных экспериментов по скормливанию бройлерам пробиотика на основе штамма *Bacillus cereus* и кумарина, установлено их положительное влияние на накопление в печени и грудных мышцах эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов и снижение присутствия ряда токсичных элементов. Так, бройлеры, получавшие с основным рационом кумарин, характеризовались меньшим содержанием в печени таких токсичных элементов, как кадмий — на 45,55%, олово — на 21,42% в сравнении с аналогичными показателями контрольной группы. В то же время включение в состав рациона кумарина способствовало увеличению в грудных мышцах химических элементов: Co — на 0,008 мг/кг, Cu — на 1,24 мг/кг, Mn — на 0,05 мг/кг, Se — на 0,6 мг/кг, Zn — на 14,89 мг/кг и Fe — на 10,72 мг/кг.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.
Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.
The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Исследования выполнены в рамках темы
НИР №0761-2019-0005.

FUNDING:

The research was carried out within the framework of the research work 0761-2019-0005.

REFERENCES:

1. Hashemi S.R., Davoodi H. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Vet. Res. Commun.* 2011;35: 169-180. doi: 10.1007/s11259-010-9458-2.
2. Yang Y., Iji P.A., Choct M. Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: A review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics. *World's Poultry Sci. J.* 2009; 65: 97-114. doi: 10.1017/S0043933909000087.
3. Grashorn M.A. Use of phytobiotics in broiler nutrition – An alternative to in-feed antibiotics. *J. Anim. Feed Sci.* 2010; 19: 338-347. doi: 10.22358/jafs/66297/2010.
4. Katarzyna Krysiak, Damian Konkol and Mariusz Korczyński Overview of the Use of Probiotics in Poultry Production. *Animals (Basel)*. 2021. 11(6): 1620. doi: 10.3390/ani11061620.
5. Ren H., Vahjen W., Dadi T., Saliu E.-M., Borojoni F.G., Zentek J. Synergistic Effects of Probiotics and Phytobiotics on the Intestinal Microbiota in Young Broiler Chicken. *Microorganisms*. 2019; 7:684. doi: 10.3390/microorganisms7120684.
6. Kvan O., Duskaev G., Rakhmatullin S., Kosyan D. Changes in the content of chemical elements in the muscle tissue of broilers on the background of plant extract and tetracyclines. *International Journal of Environmental Science and Development*. 2019. 10 (12): 419-423. doi: 10.18178/ijesd.2019.10.12.1209.
7. Kjellin M., Johansson I. Surfactants from Renewable Resources. John Wiley & Sons; Hoboken, NJ, USA: 2010.
8. Kicińska A., Glichowska P and Mamak M. Micro- and macroelement contents in the liver of farm and wild animals and the health risks involved in liver consumption. *Environ Monit Assess*. 2019; 191(3): 132.

9. Zajac M., Kiczorowska B., Samolińska W. and Klebaniuk R. Inclusion of Camelina, Flax, and Sunflower Seeds in the Diets for Broiler Chickens: Apparent Digestibility of Nutrients, Growth Performance, Health Status, and Carcass and Meat Quality *Traits. Animals (Basel)*. 2020; 10(2): 321.
10. Al-Yasiry A. R. M., Kiczorowska B. and Samolińska W. Effect of Boswellia serrata Resin Supplementation on Basic Chemical and Mineral Element Composition in the Muscles and Liver of Broiler Chickens. *Biol Trace Elem Res*. 2017; 179(2): 294-303.
11. Firas R. J. Investigation of biochemical blood parameters, characteristics for carcass, and mineral composition in chicken meat when feeding on coriander seed and rosemary leaves. *J. Adv Vet. Anim. Res*. 2019; 6(1): 33-43.
12. Stef D.S., Gergen I. Effect of mineral-enriched diet and medicinal herbs on Fe, Mn, Zn, and Cu uptake in chicken. *Chem Cent J*. 2012; 6: 19.
13. Kuebutornye F.K.A., Abarike E.D., Lu Y., Hlordzi V., Sakyi M.E., Afriyie G., Wang Z., Li Y., Xie C.X. Mechanisms and the role of probiotic *Bacillus* in mitigating fish pathogens in aquaculture. *Fish Physiol Biochem*. 2020; 17. doi: 10.1007/s10695-019-00754-y.
14. Schofield B.J., Lachner N., Le O.T., McNeill D.M., Dart P., Ouwerkerk D., Hugenholtz P., Klieve A.V. Beneficial changes in rumen bacterial community profile in sheep and dairy calves as a result of feeding the probiotic *Bacillus amyloliquefaciens* H57. *J. Appl Microbiol*. 2018; 124 (3): 855-866.
15. Plaza-Diaz J., Gomez-Llorente C., Fontana L., Gil A. Modulation of immunity and inflammatory gene expression in the gut, in inflammatory diseases of the gut and in the liver by probiotics. *World J. Gastroenterol*. 2014; 20 (42): 15632-15649.

ОБ АВТОРАХ:

Баер Серекпаевич Нуржанов,

доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация
тел.: +7 (35-32) 30-81-70,
<https://orcid.org/0000-0003-3240-6112>
e-mail: baer.nurzhanov@mail.ru.

Шамиль Гафиуллинович Ракматуллин,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация
тел.: +7 (922) 815-72-25,
<https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>
e-mail: shahm2005@rambler.ru.

Галимжан Калиханович Дускаев,

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация
тел.: +7 (35-32) 30-81-70,
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>
e-mail: gduskaev@mail.ru.

Георгий Иванович Левахин,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация
тел.: +7 (35-32) 30-81-70,
<https://orcid.org/0000-0002-8686-1284>
e-mail: fncbst@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS:

Baer Serekpavich Nurzhanov,

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation
tel.: +7 (35-32) 30-81-70,
<https://orcid.org/0000-0003-3240-6112>
e-mail: baer.nurzhanov@mail.ru

Shamil Gafullovich Rakhmatullin,

PhD, senior researcher, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation
tel.: +7 (922) 815-72-25,
<https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>
e-mail: shahm2005@rambler.ru

Galimzhan Kalihanovich Duskaev,

Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation
tel.: +7 (35-32) 30-81-70,
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>
e-mail: gduskaev@mail.ru

Georgiy Ivanovich Levakhin,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation
tel.: +7 (35-32) 30-81-70,
<https://orcid.org/0000-0002-8686-1284>
e-mail: fncbst@mail.ru