

УДК 636.085:577.17:633.872.1

DOI: 10.33284/2658-3135-102-3-106

**Воздействие препарата на основе высокодисперсных частиц
и экстракта коры дуба на минеральный состав рубцовой жидкости**

К.Н. Атландерова¹, А.М. Макаева¹, С.А. Мирошников^{1,2}, Е.А. Сизова^{1,2}

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

² Оренбургский государственный университет (г. Оренбург)

Аннотация. В статье представлены результаты исследования воздействия препарата, состоящего из высокодисперсных частиц меди (ВДЧ Cu) и водного экстракта коры дуба, как условие потенцирования на макро- и микроэлементный состав рубцовой жидкости через три часа после кормления. В ходе эксперимента выявлено наличие достоверных изменений, в особенности для макроэлементов в I (экстракт коры дуба) и в III (экстракт коры дуба+ВДЧ Cu) опытных группах по отношению к контролю происходит увеличение концентрации магния на 3,14 % и 0,63 %, в то время как во II опытной группе (ВДЧ Cu) происходит его снижение на 0,64 %. Во всех опытных группах возрастает концентрация натрия: в I группе – на 24,54 %, во II – на 27,42 % ($P \leq 0,001$), в III – на 39,07 % ($P \leq 0,001$) относительно контрольной. Достоверно повышается фосфор в I опытной на 65,81 % ($P \leq 0,001$), во II – на 72,93 % ($P \leq 0,001$), в III – 79,48 % ($P \leq 0,001$) по отношению к контролю.

Согласно результатам исследований, количество микроэлементов в рубцовой жидкости опытных групп животных существенно отличается от контрольных. Так, через 3 часа после введения экстракта коры дуба (I группа) снижается концентрация As на 50 %, Ni – на 26,92 % и Fe – на 32,81 % от контроля. Во II опытной группе (ВДЧ Cu) происходило достоверное повышение Cu на 114 %, Mn – на 39,20 %, Zn – на 33,75 % относительно контроля.

Более высокое значение элементов наблюдается в III опытной группе, это может быть обусловлено совместным эффектом опытных добавок.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, кормление, растительный экстракт, кора дуба, высокодисперсные частицы, элементный состав, рубцовая жидкость.

UDC 636.085:577.17:633.872.1

**The effect of the preparation based on ultrafine particles and oak bark extract
on mineral composition of ruminal fluid**

KN Atlanderova¹, AM Makaeva¹, SA Miroshnikov^{1,2}, EA Sizova^{1,2}

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

² Orenburg State University (Orenburg, Russia)

Summary. The article presents the study results of the effect of a preparation consisting of ultrafine particles of Cu and an aqueous extract of oak bark on macro- and microelement composition of ruminal fluid three hours after feeding. The experiment revealed the presence of significant changes, especially for macronutrients in the I and III experimental groups with respect to the control. The concentration of magnesium increases by 3.14% and 0.63%, while in the II experimental group it decreases by 0.64%. The concentration of other macronutrients also increases in the experimental groups: sodium in the I experimental group increases – by 24.54%, in the II experimental group it increases – by 27.42% ($P \leq 0.001$), and in III – by 39.07% ($P \leq 0.001$) relative to the control. Phosphorus increases significantly in all experimental groups: in I experimental group by 65.81% ($P \leq 0.001$), in II – by 72.93% ($P \leq 0.001$), in III – 79.48% ($P \leq 0.001$) relative to the control.

According to the research results, the number of trace elements in the ruminal fluid of experimental animals is significantly different from the control. So, 3 hours after the introduction of oak bark extract (group I), the concentration of As decreases by 50%, Ni by 26.92% and Fe by 32.81% of the control. In the II experimental group there was a significant increase in Cu by 114 %, Mn – by 39.20%, Zn – by 33.75% relative to the control.

The higher value of elements was observed in the III experimental group, this may be due to the joint effect of the experimental additives.

Key words: cattle, feeding, plant extract, oak bark, ultrafine particles, elemental composition, cattle, ruminal fluid.

Введение.

В настоящее время с целью регуляции естественной резистентности и нормализации обмена веществ в организме крупного рогатого скота всё чаще используют экстракты различных растений, ценные компоненты которых хорошо усваиваются организмом (Pieszka M et al., 2017; Asfour HZ et al., 2018). В научной и народной медицине активно применяют препараты из водных растительных экстрактов древесины лиственницы, кедра и дуба (Mihaylova D et al., 2018; Chemmugil P et al., 2019).

Учёными экспериментально установлено, что вещества, содержащиеся в растениях, положительно влияют на слизистую оболочку разных отделов пищеварительного тракта, оказывая вяжущее действие, сходное с дубильным эффектом, и способствуя образованию слоя, снижающего раздражение слизистой (Sheyda E et al., 2014).

При скрининге лекарственных растений, используемых в медицине, значительная способность к ингибированию системы «кворум сенсинг» дикого и мутантного штаммов *S. Violaceum* обнаружено у экстракта из коры дуба, почек берёзы и листьев эвкалипта (Tolmacheva AA et al., 2014).

Снабжение лекарственных соединений системами транспорта устраняет многие недостатки разрабатываемых и уже существующих препаратов – низкую растворимость в воде, быструю сорбцию или метаболизм в организме, трудность перехода через естественные мембраны и барьеры (Wang S et al., 2018; Huang CM et al., 2018).

Нанотехнологии обладают большим потенциалом и способствуют развитию новых стратегий в фармацевтике, направленных на создание систем, способствующих увеличению биодоступности и повышению терапевтической эффективности лекарственных средств (Grabrucker AM et al., 2016; Мирошников С.А. и Сизова Е.А., 2017; Kisała J et al., 2018; Сизова Е.А. и Яушева Е.В., 2019). В этой связи актуальным является изучение действия растительных экстрактов в композиции с ВДЧ как инструмента моделирования условий потенцирования анти-кворум эффекта, направленного на коррекцию рубцового пищеварения крупного рогатого скота (Jordan SA et al., 2010; Duskaev GK et al., 2018) с учётом выраженных биологических эффектов ВДЧ (Сизова Е.А., 2017а; Сизова Е.А., 2017б).

Вследствие чего нами были проведены исследования по изучению действия препаратов на элементный статус рубцового содержимого.

Цель исследования.

Оценка совместного использования высокодисперсных частиц и растительного экстракта на элементный состав микрофлоры рубцового содержимого.

Материалы и методы исследования

Объект исследования. Бычки в 13-месячном возрасте, рубцовая жидкость, водный экстракт коры дуба (1:10), высокодисперсные частицы меди.

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

Схема эксперимента. Водный экстракт коры дуба (ЭКД) (АО «Красногорсклексредства», г. Красногорск, Россия) получали смешиванием 30,0 г коры дуба с водой в объёме 300 мл, экспозиция – 30 мин на водяной бане, после этого фильтровали и центрифугировали 15 мин при 2000 об./мин. Общий объём жидкости доводили водой до 300 мл. Состав экстракта был определён методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на газовом хроматографе с масс-селективным детектором GQCMS 2010 Plus («Shimadzu», Япония) на колонке HP-5MS.

Высокодисперсные частицы меди (ВДЧ Cu) (ООО «Платина», г. Москва), гидродинамический радиус $127 \pm 24,3$ нм, метод получения: плазмохимический синтез, диспергировали путём ультразвуковой обработки в течение 30 мин частотой 35 кГц в ванне «Сапфир ТТЦ». Выбор концентраций был обусловлен ранее проведёнными исследованиями (Макаева А.М. и Атландерова К.Н., 2018). Отбор рубцовой жидкости проводился через хроническую фистулу рубца.

В период эксперимента животные были разделены на 4 группы (n=3): одна контрольная и три опытных. Животным опытных групп в утренние часы в течение учётного периода (пять суток) вводили в корм: контрольная (без введения), I опытная группа – водный экстракт коры дуба 1:10 (0,64 мл/кг ЖМ), II – ВДЧ Cu (0,06 мг/кг ЖМ), III – ЭКД+ВДЧ Cu (0,64 мл/кг+0,06 мг/кг ЖМ).

Для получения рубцового содержимого устанавливали фистулу. Образцы рубцового содержимого (250 мл) получали через 3 часа после кормления.

Анализ элементного состава рубцовой жидкости определялся в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» и включал определение концентрации элементов: Ca, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, As, Cr, K, Na, P, Zn, I, V, Co, Se, Ti, Al, Be, Cd, Pb, Hg, Sn, Sr. методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП) и атомно-эмиссионной спектрометрией с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) на квадрупольном масс-спектрометре Nexion 300D и атомно-эмиссионный спектрометр Optima2000 DV. Для озоления использовали микроволновую систему разложения Multiwave 3000.

Оборудование и технические средства. Анализ элементного состава рубцовой жидкости определялся в аккредитованной Испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (ИСО 9001:2008 сертификат 54Q10077 от 21.05.2010 г.; г. Москва, Россия). Использовались ультразвуковая ванна «Сапфир ТТЦ» (УЗВ «Сапфир», г. Москва, Россия), квадрупольный масс-спектрометр Nexion 300D («PerkinElmer», США), атомно-эмиссионный спектрометр Optima 2000 DV («PerkinElmer», США), система разложения Multiwave 3000 («AntonPaar», Австрия), масс-селективный детектор GQCMS 2010 Plus («Shimadzu», Япония)

Статистическая обработка. Результаты, полученные в ходе эксперимента, обрабатывали при помощи вариационной статистики и офисного программного обеспечения «Microsoft Office» с применением базы «Excel» («Microsoft», США) и программой «Statistica 10.0». Достоверными считали результаты: $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, $P \leq 0,001$.

Результаты исследований.

Оценка действия опытных добавок на концентрацию элементного состава микрофлоры рубцовой жидкости (РЖ) показала наличие достоверных изменений, в особенности для макроэлементов (рис. 1, 2).

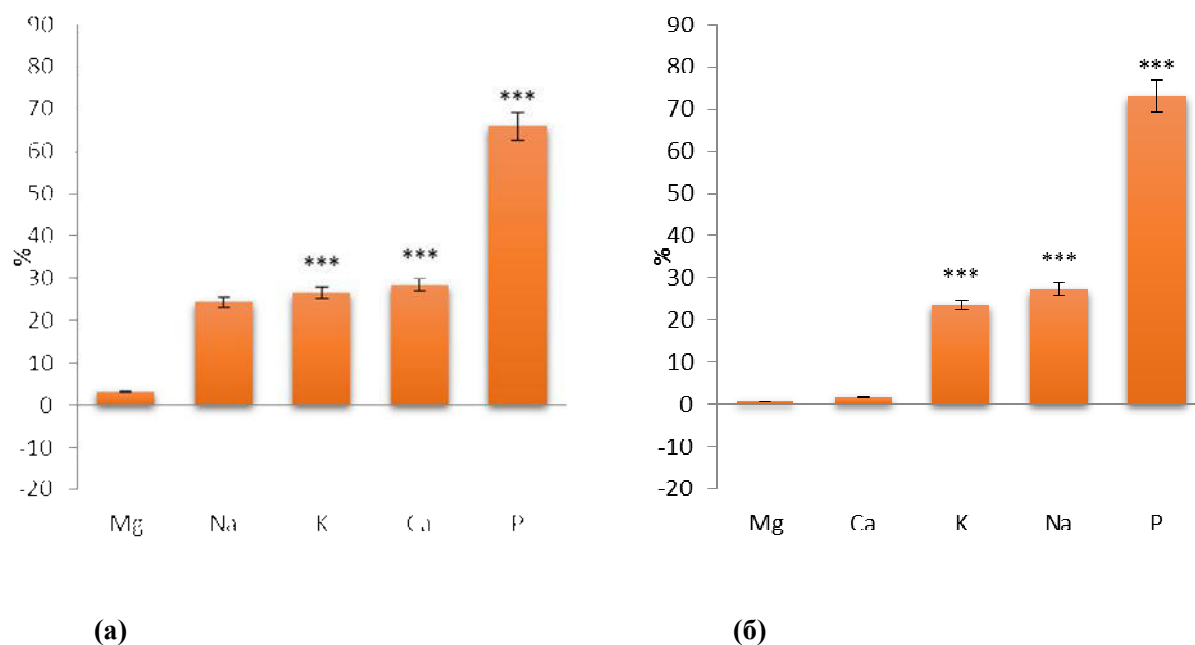


Рис. 1 – Разница концентраций макроэлементов в РЖ через 3 часа,

а) I опытная группа, б) II опытная группа, относительно контроля, %

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

Figure 1 – The difference in concentrations of macronutrients in ruminal fluid in 3 hours,

а) I experimental group, б) II experimental group, relative to control, %

Note: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

При введении в рацион опытных добавок макроэлементный состав значительно отличался, так, через три часа после кормления в I и II опытных группах по отношению к контролю увеличивается концентрация магния на 3,14 % и 0,63 %, в то время как в III опытной группе происходит его снижение на 0,64 %, вероятно, это связано со значительным содержанием его в коре дуба.

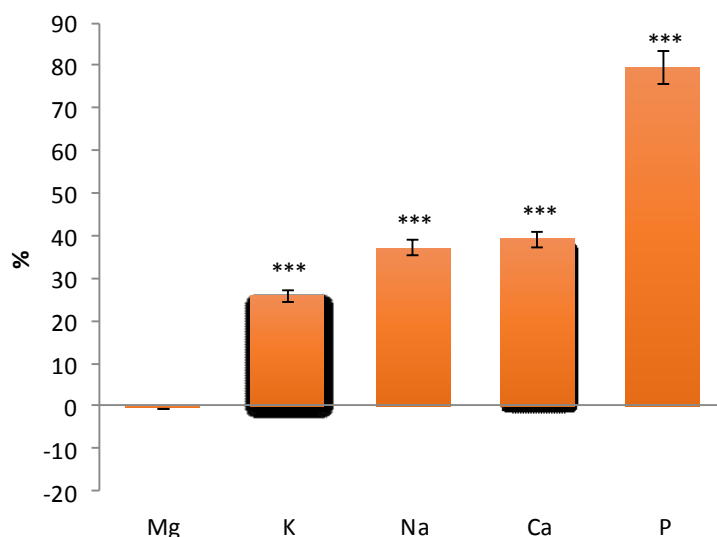


Рис. 2 – Разница концентраций макроэлементов в РЖ через 3 часа, III опытная группа относительно контрольной группы, %

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

Figure 2 – The difference in the concentrations of macronutrients in ruminal fluid in 3 hours, III experimental group relative to the control group, %

Note: * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$; *** – $P \leq 0.001$

В опытных группах возрастает концентрация остальных макроэлементов: натрий в I опытной группе увеличивается на 24,54 %, во II опытной группе он возрастает на 27,42 % ($P \leq 0,001$), а в III – на 39,07 % ($P \leq 0,001$) относительно контрольной. Достоверно повышается фосфор во всех опытных группах: в I опытной – на 65,81 % ($P \leq 0,001$), во II – на 72,93 % ($P \leq 0,001$), в III – на 79,48 % ($P \leq 0,001$) по отношению к контролю.

Согласно результатам исследований, количество микроэлементов в рубцовой жидкости экспериментальных животных существенно отличается от контрольных. Так, через 3 часа после введения экстракта коры дуба (I группа) концентрация As снизилось на 50 % ($P \leq 0,001$), Ni – на 26,92 % ($P \leq 0,001$), Fe – на 32,81 % ($P \leq 0,01$) от контроля. Во II опытной группе произошло достоверное повышение Cu на 114 % ($P \leq 0,001$), Mn – на 39,20 % ($P \leq 0,001$), Zn – на 33,75 % ($P \leq 0,05$) относительно контроля (рис. 3, 4).

В I и II опытных группах происходит достоверное снижение Cr на 47,37 % ($P \leq 0,001$) и на 42,11 % ($P \leq 0,001$); V – на 52,94 % ($P \leq 0,001$) и на 47,06 % ($P \leq 0,001$).

Через 3 часа после кормления комплекса экстракта коры дуба и ВДЧ Cu (III группа) (рис. 5).

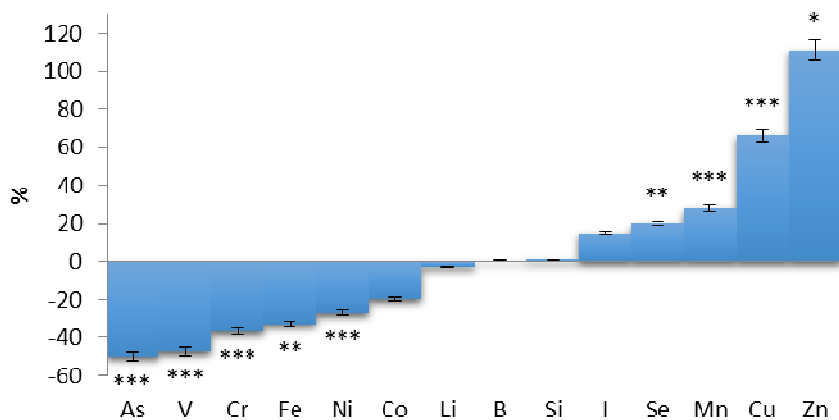


Рис. 3 – Разница концентраций микроэлементов в РЖ через 3 часа, I опытная группа относительно контрольной группы, %

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

Figure 3 – The difference in the concentration of trace elements in ruminal fluid in 3 hours, I experimental group relative to the control group, %

Note: * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$; *** – $P \leq 0.001$

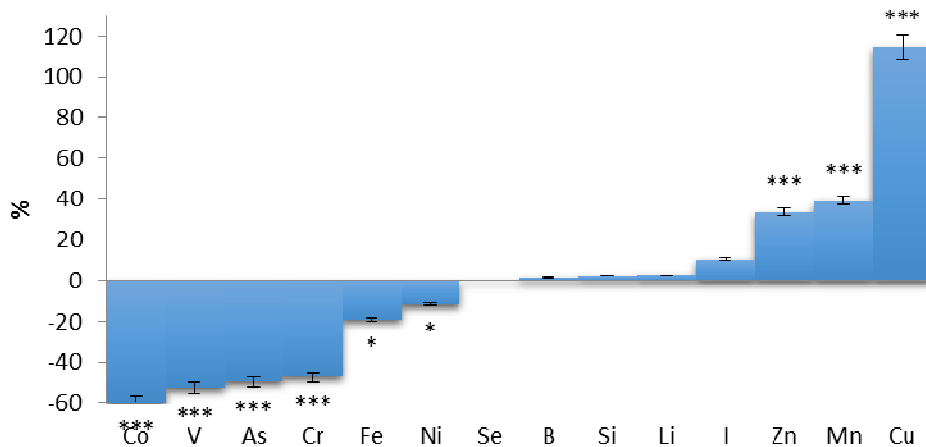


Рис. 4 – Разница концентраций микроэлементов в РЖ через 3 часа, II опытная группа относительно контрольной группы, %

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

Figure 4 – The difference in concentrations of trace elements in ruminal fluid in 3 hours, II experimental group relative to the control group, %

Note: * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$; *** – $P \leq 0.001$

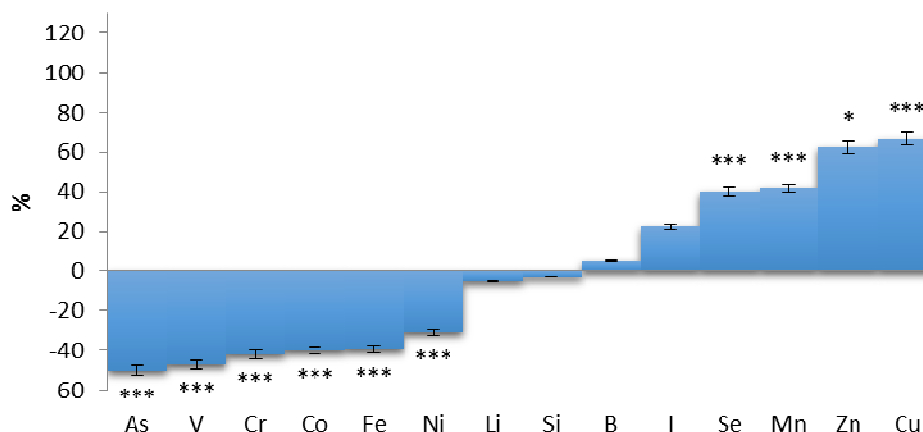


Рис. 5 – Разница концентраций микроэлементов в РЖ через 3 часа, II опытная группа относительно контрольной группы, %

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

Figure 5 – The difference in the concentrations of trace elements in ruminal fluid in 3 hours, II experimental group relative to the control group, %

Note: * - $P \leq 0.05$; ** - $P \leq 0.01$; *** - $P \leq 0.001$

В III группе происходит также, как и в первой и во второй группах достоверное снижение As на 50,0 % ($P \leq 0,001$), Fe – на 39,41 % ($P \leq 0,001$) по отношению к контролю. Достоверное повышение Cu на 66,67 % ($P \leq 0,001$), Mn – на 41,76 % ($P \leq 0,001$), и Zn – на 62,42 % ($P \leq 0,05$) относительно контрольной группы

Содержание элементов в рубцовой жидкости в опытных группах во многом различно с контролем. Более высокое значение элементов наблюдается в III опытной группе, это обусловлено совместным эффектом опытных добавок.

Обсуждение полученных результатов.

При включении в рацион крупного рогатого скота 50 г сухого вещества экстракта коры дуба происходило увеличение кальция и натрия в 2 раза; фосфора и магния – в 1,7 и 1,8 раз (Ушаков А.С. и др., 2018), что подтверждается нашими результатами.

Применение экстракта коры дуба в качестве кормовой добавки значительно увеличивает накопление Mg, вероятно, это связано с его высокой концентрацией в самом экстракте, а также со способностью формировать слабые комплексы с химическими элементами в желудочно-кишечном тракте и с более эффективной реабсорбцией (Багиров В.А. и др., 2018).

В опытах на птице, где помимо основного рациона добавляли ВДЧ меди, концентрация элемента в помёте была ниже, чем в контрольной группе. Благодаря малым размерам, ВДЧ быстрее всасываются из желудочно-кишечного тракта (Anjum NA et al., 2016) и, следовательно, быстрее трансформируется организмом (Дускаев Г.К. и др., 2017; Li M et al., 2017).

В опытных группах снижалось железо, что совпадает с сообщением о снижении содержания микроэлементов в печени моногастрических животных при скормливания им растительных продуктов, содержащих полифенольные вещества (Yang C. et al., 2019).

Утверждается, что растительные экстракты, связанные с высокодисперсными частицами, обладают преимуществами по сравнению с обычными формами (Muhammed AA et al., 2018). Вещества, связанные с ВДЧ, имеют увеличенный период выведения *in vivo*, длительное время циркуляции и кумулируются в органах-мишенях (Сизова Е.А. и др., 2011; Lawal OL et al., 2014; Deryabin DG et al., 2015).

Выводы.

Таким образом, введение опытных добавок в рацион крупного рогатого скота оказывает влияние на макро- и микроэлементный состав рубцовой жидкости. Полученные результаты указывают на перспективность подхода и требуют дальнейших исследований.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0526-2019-0002)

Литература

1. Включение экстракта *Quercus cortex* в рацион бройлеров изменяет их убойные показатели и биохимический состав мышечной ткани / В.А. Багиров, Г.К. Дускаев, Н.М. Казачкова, Ш.Г. Рахматуллин, Е.В. Яушева, Д.Б. Косян, Ш.А. Макаев, Х.Б. Дусаева // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 799-810. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.799eng [Bagirov VA, Duskaev GK, Kazachkova NM, Rakhmatullin ShG, Yausheva EV, Kosyan DB, Makaev ShA, Dusaeva KhB. Addition of *Quercus cortex* extract to broiler diet changes slaughter indicators and biochemical composition of muscle tissue. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2018;53(4):799-810. (In Russ)]. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.799eng
2. Влияние скармливания растительного экстракта в сочетании с ферментным препаратом на элементный статус микрофлоры рубца крупного рогатого скота / А.С. Ушаков, Г.И. Левахин, Б.С. Нуржанов, А.Ф. Рысаев, А.Г. Мещеряков // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 3(99). С. 120-127. [Ushakov AS, Levakhin GI, Nurzhanov BS, Rysayev AF, Mesheryakov AG. Effect of feeding with vegetative extract in combination with an enzymatic preparation on element status of ruminal microflora of cattle. Herald of Beef Cattle Breeding. 2017;3(99):120-127. (In Russ)].
3. Макаева А.М., Атландерова К.Н. Переваримость веществ корма при использовании биостимулятора экстракта коры дуба (*Quercus cortex*) в условиях *in vitro* // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 1. С. 147-153. [Makaeva AM, Atlanderova KN. Digestibility of feed nutrients after using bio-stimulant extract oak cortex (*Quercus cortex*) in vitro. Animal Husbandry and Fodder Production. 2018;101(1):147-153. (In Russ)].
4. Мирошников С.А., Сизова Е.А. Наноматериалы в животноводстве (обзор) // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 3(99). С. 7-22. [Miroshnikov SA, Sizova EA. Nanomaterials in animal husbandry (review). Herald of Beef Cattle Breeding. 2017;3(99):7-22. (In Russ)].
5. Оценка воздействия на кишечную микрофлору птицы веществ, обладающих антибиотическим, пробиотическим и анти-quorum sensing эффектами / Г.К. Дускаев, Е.А. Дроздова, Е.С. Алешина, А.С. Безрядина // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 11(211). С. 84-87. [Duskaev GK, Drozdova EA., Alyoshina ES, Bezryadina AS. Estimation of impact on the intestinal microflora of birds of substances with antibiotic, probiotic and anti-quorum sensing effects. Vestnik Orenburg State University. 2017;11(211):84-87. (In Russ)].
6. Сизова Е.А. Влияние включения в рацион наночастиц меди на уровень кадмия в организме цыплят-бройлеров // Вестник мясного скотоводства. 2017б. № 1(97). С. 13-20. [Sizova EA. Effect of copper nanoparticles introduced to the diet on cadmium level of broiler chickens. Herald of Beef Cattle Breeding. 2017b;1(97):13-20. (In Russ)].
7. Сизова Е.А. Сравнительная характеристика биологических эффектов разноразмерных наночастиц меди и железа // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017а. № 3. С. 13-17. [Sizova EA. Comparative analysis of the different-sized copper and iron nanoparticles biological effects. Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2017a;3:13-17. (In Russ)].
8. Сизова Е.А., Яушева Е.В. Сравнительная продуктивность цыплят бройлеров при инъекционном введении разноразмерных ультрадисперсных частиц железа // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 1. С. 6-21. [Sizova EA, Yausheva EV. Comparative productivity of broiler chickens injected with variously sized ultrafine iron particles. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(1):6-21. (In Russ)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-6

9. Элементный состав печени при многократном введении наночастиц меди / Е.А. Сизова, С.А. Мирошников, С.В. Лебедев, Н.Н. Глущенко // Микроэлементы в медицине. 2011. Т. 12. № 3-4. С. 67-69. [Sizova EA, Miroshnikov SA, Lebedev SV, Glushchenko NN. Elemental composition of liver at repeated administration of copper nanoparticles. Trace Elements in Medicine. 2011;12(3-4):67-69. (In Russ)].
10. Anjum NA, Rodrigo MAM, Moulik A, Heger Z, Kopel P, Zítka O, Adam V, Lukatkin AS, Duarte AC, Pereira E, Kizek R. Transport phenomena of nanoparticles in plants and animals/humans. *Environ Res.* 2016;151:233-243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.018>
11. Asfour HZ. Anti-quorum sensing natural compounds. *Journal of microscopy and ultrastructure.* 2018;6(1):1-10. doi: 10.4103/JMAU.JMAU_10_18
12. Chemmugil P, Lakshmi PTV, Annamalai A. A multidisciplinary study to evaluate the anti-quorum sensing ability of phyto-compounds in *Ruellia patula* Jacq. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology.* 2019;11(1):48-58.
13. Deryabin DG, Tolmacheva AA. Antibacterial and anti-quorum sensing molecular composition derived from *Quercus cortex* (Oak bark) Extract. *Molecules.* 2015;20(9):17093-17108. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules200917093>
14. Duskaev GK, Kazachkova NM, Ushakov AS, Nurzhanov BS, Rysaev AF. The effect of purified *Quercus cortex* extract on biochemical parameters of organism and productivity of healthy broiler chickens. *Vet World.* 2018;11(2):235-239. doi: 10.14202/vetworld.2018.235-239
15. Grabrucker AM, Ruozzi B, Belletti D, et al. Nanoparticle transport across the blood brain barrier. *Tissue Barriers.* 2016;4(1):e1153568. doi: 10.1080/21688370.2016.1153568
16. Huang CM, Lee TT. Immunomodulatory effects of phytochemicals in chickens and pigs – A review. *Asian-Australasian journal of animal sciences.* 2018;31(5):617-627. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0657>
17. Jordan SA, Cunningham DG, Marles RJ. Assessment of herbal medicinal products: challenges, and opportunities to increase the knowledge base for safety assessment. *Toxic Appl Pharmacol.* 2010;243(2):198-216. doi: <https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.12.005>
18. Kisała J, Hęclik KI, Pogocki K, Pogocki D. Essentials and perspectives of computational modelling assistance for CNS-oriented nanoparticle-based drug delivery systems. *Curr Med Chem.* 2018;25(42):5894-5913. doi: 10.2174/0929867325666180517095742.
19. Lawal OA, Ogunwande IA, Opoku AR, Kasali AA, Oyedeji AO. Chemical composition and antibacterial activities of essential oil of *Warburgia salutaris* (Bertol. F.) Chiov. from South Africa. *Journal of Biologically Active Products from Nature.* 2014;4(4):272-277. doi: <https://doi.org/10.1080/22311866.2014.936908>
20. Li M, Zou P, Tyner K, Lee S. Physiologically based pharmacokinetic (PBPK) modeling of pharmaceutical nanoparticles. *AAPS J.* 2017;19(1):26-42. doi: <https://doi.org/10.1208/s12248-016-0010-3>
21. Mihaylova D, Vrancheva R, Petkova N, Ognyanov M, Desseva I, Ivanov I, Popova M, Popova A. Carotenoids, tocopherols, organic acids, carbohydrate and mineral content in different medicinal plant extracts. *A Journal of Biosciences: Zeitschrift für Naturforschung C.* 2018;73(11-12):439-448. doi: <https://doi.org/10.1515/znc-2018-0057>
22. Muhammed AA, He J. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review. *Animal Nutrition.* 2018;4(3):241-249. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.010>
23. Pieszka M, Szczurek P, Bederska-Łojewska D, Migdał W, Pieszka M, Gogol P, Jagusiak W. The effect of dietary supplementation with dried fruit and vegetable pomaces on production parameters and meat quality in fattening pigs. *Meat Science.* 2017;126:1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.11.016>
24. Sheyda E, Sipaylova O, Kvan O, Notova S, Nesterov D, Rusakova E, Kosyan D, Duskaev G. Functional properties of antimicrobial peptides extracted from hens' platelets. *Life Science Journal.* 2014;11(9):180-184.

25. Tolmacheva AA, Rogozhin EA, Deryabin DG. Antibacterial and quorum sensing regulatory activities of some traditional Eastern-European medicinal plants. *Acta Pharmaceutica*. 2014;64(2):173-186. doi: <https://doi.org/10.2478/acph-2014-0019>
26. Wang S, Wang C, Peng Z, Chen S. A new technique for nanoparticle transport and its application in a novel nano-sieve. *Scientific Reports*. 2018;8(1):9682. doi: 10.1038/s41598-018-28033-5
27. Yang C, Zhang L, Cao G, Feng J, Yue M, Xu Y, Dai B, Han Q, Guo X. Effects of dietary supplementation with essential oils and organic acids on the growth performance, immune system, fecal volatile fatty acids, and microflora community in weaned piglets. *J Anim Sci*. 2019;97(1):133-143. doi: <https://doi.org/10.1093/jas/sky426>

References

1. Bagirov VA, Duskaev GK, Kazachkova NM, Rakhmatullin ShG, Yausheva EV, Kosyan DB, Makaev ShA, Dusaeva KhB. Addition of *Quercus cortex* extract to broiler diet changes slaughter indicators and biochemical composition of muscle tissue. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2018;53(4):799-810. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.799eng
2. Ushakov AS, Levakhin GI, Nurzhanov BS, Rysayev AF, Mesheryakov AG. Effect of feeding with vegetative extract in combination with an enzymatic preparation on element status of ruminal microflora of cattle. *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2017;3(99):120-127.
3. Makaeva AM, Atlanderova KN. Digestibility of feed nutrients after using bio-stimulant extract oak cortex (*Quercus cortex*) in vitro. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018;101(1):147-153.
4. Miroshnikov SA, Sizova EA. Nanomaterials in animal husbandry (review). *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2017;3(99):7-22.
5. Duskaev GK, Drozdova EA., Alyoshina ES, Bezryadina AS. Estimation of impact on the intestinal microflora of birds of substances with antibiotic, probiotic and anti-quorum sensing effects. *Vestnik Orenburg State University*. 2017;11(211):84-87.
6. Sizova EA. Effect of copper nanoparticles introduced to the diet on cadmium level of broiler chickens. *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2017b;1(97):13-20.
7. Sizova EA. Comparative analysis of the different-sized copper and iron nanoparticles biological effects. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2017a;3:13-17.
8. Sizova EA, Yausheva EV. Comparative productivity of broiler chickens injected with variously sized ultrafine iron particles. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(1):6-21. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-6
9. Sizova EA, Miroshnikov SA, Lebedev SV, Glushchenko NN. Elemental composition of liver at repeated administration of copper nanoparticles. *Trace Elements in Medicine*. 2011;12(3-4):67-69.
10. Anjum NA, Rodrigo MAM, Moulik A, Heger Z, Kopel P, Zitka O, Adam V, Lukatkin AS, Duarte AC, Pereira E, Kizek R. Transport phenomena of nanoparticles in plants and animals/humans. *Enviro Res*. 2016;151:233-243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.018>
11. Asfour HZ. Anti-quorum sensing natural compounds. *Journal of microscopy and ultrastructure*. 2018;6(1):1-10. doi: 10.4103/JMAU.JMAU_10_18
12. Chemmugil P, Lakshmi PTV, Annamalai A. A multidisciplinary study to evaluate the anti-quorum sensing ability of phyto-compounds in *Ruellia patula* Jacq. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*. 2019;11(1):48-58.
13. Deryabin DG, Tolmacheva AA. Antibacterial and anti-quorum sensing molecular composition derived from *Quercus cortex* (Oak bark) Extract. *Molecules*. 2015;20(9):17093-17108. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules200917093>
14. Duskaev GK, Kazachkova NM, Ushakov AS, Nurzhanov BS, Rysaev AF. The effect of purified *Quercus cortex* extract on biochemical parameters of organism and productivity of healthy broiler chickens. *Vet World*. 2018;11(2):235-239. doi: 10.14202/vetworld.2018.235-239
15. Grabrucker AM, Ruozi B, Belletti D, et al. Nanoparticle transport across the blood brain barrier. *Tissue Barriers*. 2016;4(1):e1153568. doi: 10.1080/21688370.2016.1153568

16. Huang CM, Lee TT. Immunomodulatory effects of phytochemicals in chickens and pigs – A review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 2018;31(5):617-627. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0657>
17. Jordan SA, Cunningham DG, Marles RJ. Assessment of herbal medicinal products: challenges, and opportunities to increase the knowledge base for safety assessment. *Toxic Appl Pharmacol*. 2010;243(2):198-216. doi: <https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.12.005>
18. Kisała J, Hęclik KI, Pogocki K, Pogocki D. Essentials and perspectives of computational modelling assistance for CNS-oriented nanoparticle-based drug delivery systems. *Curr Med Chem*. 2018;25(42):5894-5913. doi: 10.2174/0929867325666180517095742.
19. Lawal OA, Ogunwande IA, Opoku AR, Kasali AA, Oyedele AO. Chemical composition and antibacterial activities of essential oil of *Warburgia salutaris* (Bertol. F.) Chiov. from South Africa. *Journal of Biologically Active Products from Nature*. 2014;4(4):272-277. doi: <https://doi.org/10.1080/22311866.2014.936908>
20. Li M, Zou P, Tyner K, Lee S. Physiologically based pharmacokinetic (PBPK) modeling of pharmaceutical nanoparticles. *AAPS J*. 2017;19(1):26-42. doi: <https://doi.org/10.1208/s12248-016-0010-3>
21. Mihaylova D, Vrancheva R, Petkova N, Ognyanov M, Desseva I, Ivanov I, Popova M, Popova A. Carotenoids, tocopherols, organic acids, carbohydrate and mineral content in different medicinal plant extracts. *A Journal of Biosciences: Zeitschrift für Naturforschung C*. 2018;73(11-12):439-448. doi: <https://doi.org/10.1515/znc-2018-0057>
22. Muhammed AA, He J. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review. *Animal Nutrition*. 2018;4(3):241-249. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.010>
23. Pieszka M, Szczurek P, Bederska-Łojewska D, Migdał W, Pieszka M, Gogol P, Jagusiak W. The effect of dietary supplementation with dried fruit and vegetable pomaces on production parameters and meat quality in fattening pigs. *Meat Science*. 2017;126:1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.11.016>
24. Sheyda E, Sipaylova O, Kvan O, Notova S, Nesterov D, Rusakova E, Kosyan D, Duskaev G. Functional properties of antimicrobial peptides extracted from hens' platelets. *Life Science Journal*. 2014;11(9):180-184.
25. Tolmacheva AA, Rogozhin EA, Deryabin DG. Antibacterial and quorum sensing regulatory activities of some traditional Eastern-European medicinal plants. *Acta Pharmaceutica*. 2014;64(2):173-186. doi: <https://doi.org/10.2478/acph-2014-0019>
26. Wang S, Wang C, Peng Z, Chen S. A new technique for nanoparticle transport and its application in a novel nano-sieve. *Scientific Reports*. 2018;8(1):9682. doi: 10.1038/s41598-018-28033-5
27. Yang C, Zhang L, Cao G, Feng J, Yue M, Xu Y, Dai B, Han Q, Guo X. Effects of dietary supplementation with essential oils and organic acids on the growth performance, immune system, fecal volatile fatty acids, and microflora community in weaned piglets. *J Anim Sci*. 2019;97(1):133-143. doi: <https://doi.org/10.1093/jas/sky426>

Атландерова Ксения Николаевна, младший научный сотрудник, специалист Испытательного центра ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, e-mail: atlander-kn@mail.ru

Макаева Айна Маратовна, младший научный сотрудник центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-919-842-46-99, e-mail: ayna.makaeva@mail.ru

Мирошников Сергей Александрович, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)43-46-41, e-mail: vniiims.or@mail.ru; исполнительный директор Института биоэлементологии, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13

Сизова Елена Анатольевна, доктор биологических наук, руководитель центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)77-39-97; доцент кафедры биологии и почвоведения, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13, e-mail: Sizova.L78@yandex.ru

Поступила в редакцию 3 сентября 2019 г.; принята после решения редколлегии 16 сентября 2019 г.; опубликована 30 сентября 2019 г. / Received: 3 September 2019; Accepted: 16 September 2019; Published: 30 September 2019