

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 4(16), 2023

ISSN (Print): 2687-1246, ISSN (Online): 2687-1254

«СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ»

Научно-практический журнал по направлениям:

Агрономия, лесное и водное хозяйство.

Зоотехния и ветеринария.

ISSN (Print): 2687-1246,

ISSN (Online): 2687-1254

Основан в 2003 году. Выходит один раз в квартал

«Свободная цена»

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Кулинцев В. В.

Доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный работник сельского хозяйства РФ, директор ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (г. Ставрополь, Россия).

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Паржанов Ж. А.

Академик академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ВАК, профессор кафедры химии и биологии Шымкентского университета (г. Шымкент, Казахстан).

Газиев А.

Доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, зав. отделом разведения и племенного дела каракульских овец Узбекского научно-исследовательского института каракулеводства и экологии пустынь (г. Самарканд, Узбекистан).

Власенко А. Н.

Академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Национальной академии Монголии, главный научный сотрудник ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий» (г. Новосибирск, Россия).

Клименко А. И.

Академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, директор ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

(г. Ростов-на-Дону, Россия).

Мирошников С. А.

Член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор биологических наук, и.о. ректора ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет (г. Оренбург, Россия).

Халилов М. Б.

Кандидат технических наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ВАК, профессор кафедры технических систем и цифрового сервиса ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ (г. Махачкала, Россия).

AGRICULTURAL JOURNAL

Research and practice journal in the following fields of study:

Agronomy, forestry and water industry.

Zootechny and veterinary science.

ISSN (Print): 2687-1246,

ISSN (Online): 2687-1254

Founded in 2003. Published quarterly.

«Free price»

Founder:

Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus FARC”

CHIEF EDITOR:

Kulintsev V. V.

Doctor of Agricultural Sciences, Honoured Worker of Agriculture of the Russian Federation, Director of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center” (Stavropol, Russia).

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Parzhanov Zh. A.

Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Higher Attestation Commission, Professor of the Department of Chemistry and Biology of Shymkent University (Shymkent, Kazakhstan).

Gaziev A.

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of Department of Karakul Sheep Breeding and Pedigree Work of the Uzbek Research Institute of Karakul Sheep Breeding and Ecology of Deserts (Samarkand, Uzbekistan).

Vlasenko A. N.

Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Mongolia, Chief Researcher of FSBIS “Siberian Federal Scientific Center of Agro-Bio Technologies” (Novosibirsk, Russia).

Klimenko A. I.

Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Honoured Scientist of the Russian Federation, Director of the FSBSI “Federal Rostov Agricultural Research Center”

(Rostov-on-Don, Russia).

Miroshnikov S. A.

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Acting Rector of FSBEI HE Orenburg State University (Orenburg, Russia).

Khalilov M. B.

Candidate of Technical Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Higher Attestation Commission, Professor of the Department of Technical Systems and Digital Service of the FSBEI HE Dagestan State Agrarian University (Makhachkala, Russia).

Косилов В. И.

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор ВАК, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург, Россия).

Белобров В. П.

Доктор сельскохозяйственных наук, заведующий межинститутского отдела по изучению чернозёмных почв ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» (г. Москва, Россия).

Молчанов А. В.

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой технологии производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова (г. Саратов, Россия).

Есаулко А. Н.

Профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ (г. Ставрополь, Россия).

Оробец В. А.

Доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий кафедрой терапии и фармакологии ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет (г. Ставрополь, Россия).

Годунова Е. И.

Доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории экологии почв ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (г. Ставрополь, Россия).

Колесников В. И.

Доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории ветеринарной медицины ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (г. Ставрополь, Россия).

Дриггер В. К.

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (г. Ставрополь, Россия).

Ерошенко Ф. В.

Доктор биологических наук, заведующий отделом физиологии растений ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (г. Ставрополь, Россия).

Ковтун В. И.

Доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный работник сельского хозяйства РФ, главный научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (г. Ставрополь, Россия).

Kosilov V. I.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Higher Attestation Commission, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, FSBEI HE Orenburg State Agrarian University (Orenburg, Russia).

Belobrov V. P.

Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Inter- Institutional Department of the Study of Chernozem Soils of the FSBSI Federal Research Center “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute” (Moscow, Russia).

Molchanov A. V.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, FSBEI HE Saratov State Vavilov Agrarian University (Saratov, Russia).

Esaulko A. N.

Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, FSBEI HE Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russia).

Orobets V. A.

Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Internal Medicine and Pharmacology, FSBEI HE Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russia).

Godunova E. I.

Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Soil Ecology Laboratory of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center” (Stavropol, Russia).

Kolesnikov V. I.

Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Veterinary Medicine of All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – a branch of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center” (Stavropol, Russia).

Dridiger V. K.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Crop Growing of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center” (Stavropol, Russia).

Eroshenko F. V.

Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Plant Physiology, FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center” (Stavropol, Russia).

Kovtun V. I.

Doctor of Agricultural Sciences, Honoured Worker of Agriculture of the Russian Federation, Chief Researcher of the Laboratory of Selective Breeding and Primary Seed Breeding of Winter Wheat of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center” (Stavropol, Russia).

Айбазов А.-М. М.

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией воспроизводства и репродуктивных технологий ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (г. Ставрополь, Россия).

Кузыченко Ю. А.

Доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (г. Ставрополь, Россия).

Абдурасулов А. Х.

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой ветеринарной медицины и биотехнологии Ошского государственного университета, член МАНЭБ, член РАЕ (г. Ош, Киргизия)

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР:

Погодаев В. А.

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник лаборатории разведения и селекции сельскохозяйственных животных ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (г. Ставрополь, Россия).

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Бобрышова Г. Т.

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (г. Ставрополь, Россия)

Корректор Анисько И. В., **Переводчик** Шевякина С. В., **Технический редактор** Шевченко Г. Г.

Адрес издательства:

356241, Ставропольский край, Шпаковский район, г. Михайловск, ул. Никонова, 49 (Россия)

Тел: (8652)611-773, (86553)2-32-98,

факс: (86553)2-32-97, ret nec.canf@ofni

Информация о журнале и правила оформления статей размещены на <https://fnac.center>

Адрес редакции и типографии:

355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 15

Тел. 8(8652) 71-81-22 (Россия)

vniok@fnac.center

Регистрационный номер ПИ № ФС77-83012

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (от 31 марта 2022 года) (РОСКОМНАДЗОР)

Журнал включен в перечень ВАК для публикаций основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

Aibazov A.-M. M.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Reproduction and Reproductive Technologies of All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – a branch of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center” (Stavropol, Russia).

Kuzychenko Yu. A.

Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Crop Growing of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center” (Stavropol, Russia).

Abdurasulov A. K.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Veterinary Medicine and Biotechnology Osh State University, member of International Academy of Ecology and Life Protection Sciences, member of RANH (Osh, Kyrgyzstan)

SCIENTIFIC EDITOR:

Pogodaev V. A.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Honoured Scientist of the Russian Federation, Chief Researcher of the Laboratory of Breeding and Selection of Farm Animals of All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – a branch of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Center” (Stavropol, Russia).

EXECUTIVE SECRETARY:

Bobryshova G. T.

Candidate of Agricultural Sciences, associate professor (Stavropol, Russia)

Proofreader Anisko I.V., **Translator** Shevyakina S.V., **Technical editor** Shevchenko G.G.

Address of the publishing house:

356241, Stavropol Territory, Shpakovsky district, Mikhailovsk, 49 Nikonov Street (Russia)

Tel: (8652)611-773; (86553) 2-32-98;

fax: (86553) 2-32-97, ret nec.canf@ofni

Information on the journal and article submission guidelines are available at <https://fnac.center>

Address of the editorial office and

printing house:

355017, Stavropol, Zootekhnicheskii, 15

Tel: (8652) 71-81-22 (Russia) vniok@fnac.center

Registration number ПИ № ФС77-83012

It is registered by Federal Service for Supervision in Sphere of Communications, Information Technologies and Mass Communications (от 31 марта 2022 года) (ROSKOMNADZOR)

The journal is included in the list of the Higher Attestation Commission for the publication of the main scientific results of dissertations on the search for academic degrees of doctor and Candidate of Sciences. It is registered in the Russian Science Citation Index (RSCI).

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.4-11
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P.4-11

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Научная статья

УДК 634.7: 631.86: 631.535

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/001.4.16.2023

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ БИОГУМУСА В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Тимур Солтанович Айсанов, Елизавета Владимировна Бычкова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставропольский край, Ставрополь, Россия, e-mail: aysanov_timur@mail.ru

Аннотация. Исследования по намеченной теме проводились в 2022-2023 гг. в условиях Центра садоводства и питомниководства плодово-ягодных культур, расположенного в условиях учебно-опытного хозяйства Ставропольского государственного аграрного университета. Высокая степень актуальности выбранного направления исследований обусловлена значительным дефицитом качественного посадочного материала ягодных культур, образовавшимся в сложившихся сложных политико-экономических условиях. Отсутствие возможности импорта достаточного количества высококачественного посадочного материала ягодных культур привело к необходимости совершенствования существующих технологических подходов к выращиванию саженцев ягодных культур отечественного происхождения. С этой целью были поставлены опыты по определению эффективности различной концентрации нового водорастворимого биогумуса, разработанного сотрудниками кафедр агрохимии и физиологии растений, а также экологии и ландшафтного строительства Ставропольского ГАУ, в технологии зелёного черенкования малины. Объектом исследования являлись три сорта малины – Лячка, Октавия и Жёлтый гигант, предметом исследований – дозы прикорневого внесения биогумуса. В ходе проведения анализа было установлено, что применение обеих доз изучаемого органического удобрения в прикорневую подкормку в технологии производства посадочного материала малины вне зависимости от сортовых особенностей обеспечивало более интенсивное развитие растений, увеличивая укореняемость полуодревесневших черенков относительно контроля без удобрения на 10,7–15,8 %. Кроме того, внесение изучаемых доз биогумуса обеспечивало достоверное увеличение интенсивности ризогенеза у черенков, формируя достоверно большее (на 1,6–2,9 шт.) среднее количество корешков по сортам относительно контрольных показателей. Сравнительная оценка изучаемых доз удобрения показала существенное преимущество по всем рассмотренным показателям максимальной дозы удобрения – 4 л/га. Наиболее высокие показатели отмечались у сорта Октавия, показавшем преимущество в 3,6–9,1 % относительно остальных сортов в доле стандартных саженцев.

Ключевые слова: питомниководство, ягодные культуры, зелёное черенкование, биогумус, органическое удобрение, прикорневая подкормка, регуляция роста, ризогенез

Для цитирования: Айсанов Т. С., Бычкова Е. В. Эффективность применения различных доз биогумуса в технологии производства посадочного материала ягодных культур в условиях Центрального Предкавказья // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.4-11. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/001.4.16.2023

*Исследования выполнены в рамках программы поддержки развития научных коллективов Ставропольского государственного аграрного университета, реализуемой при финансовой поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет - 2030».

Agronomy, forestry and water industry

Original article

EFFECTIVENESS OF USING VARIOUS DOSES OF VERMICOMPOST IN THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF PLANTING MATERIAL OF BERRY CROPS IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL CISCAUCASIA

Timur S. Aisanov, Elizaveta V. Bychkova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Stavropol Territory, Stavropol, Russia, e-mail:aysanov_timur@mail.ru

Abstract. The research on the topic was carried out in the Center of Horticulture and Nursery Farming of Fruit and Berry Crops, located in the conditions of the educational and experimental farm of the Stavropol State Agrarian University in 2022-2023. The high degree of relevance of the chosen research area was due to a significant shortage of high-quality planting material of berry crops, which was formed in the current difficult political and economic conditions. The inability to import a sufficient amount of high-quality planting material of berry crops led to the need to improve existing technological approaches to growing seedlings of berry crops of domestic origin. For this purpose, experiments were carried out to determine the effectiveness of various concentrations of a new water-soluble vermicompost, which was developed by employees of the departments of agrochemistry and plant physiology, as well as ecology and landscape construction of the Stavropol State Agrarian University, in the technology of propagation by herbaceous cuttings of raspberry. The object of the study was three raspberry varieties – Liachka, Oktavia and Yellow Giant. The subject of the research was the dose of root application of vermicompost. During the research, it was found that the use of both doses of the studied organic fertilizer as root fertilizing in the technology of the production of raspberry planting material, regardless of varietal features, ensured more intensive plant development, increasing the rooting of semi-hardwood cuttings in regards to the control without fertilizer by 10,7–15,8 %. In addition, the application of the studied doses of vermicompost ensured a significant increase in the intensity of rhizogenesis in cuttings, forming a significantly larger average number of roots relative to the control parameters on average by 1,6–2,9 pcs. The comparative assessment of the studied fertilizer doses showed a significant advantage in all considered parameters of the maximum fertilizer dose of 4 L/ha.

The highest rates were observed in Oktavia variety, which showed an advantage over other varieties in the share of standard seedlings of 3,6–9,1%.

Key words: nursery farming, berry crops, propagation by herbaceous cuttings, vermicompost, organic fertilizer, root fertilizing, growth regulation, rhizogenesis.

For citation: Aisanov T. S., Bychkova E. V. Effectiveness of using various doses of vermicompost in the production technology of planting material of berry crops in the conditions of the Central Ciscaucasia // *Agricultural journal*. 2023; 16 (4). P.4-11.

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/001.4.16.2023

Введение. Питомниководство является одной из наиболее динамично развивающихся подотраслей сельского хозяйства. Однако, несмотря на значительные успехи в направлении увеличения объема отечественного посадочного материала, на рынке сохраняется значительный дефицит высококачественных саженцев, в особенности ягодных культур, что служит сдерживающим фактором в развитии подотрасли ягодоводства [1-2]. Одной из наиболее востребованных у потребителей ягодных культур в нашей стране считается малина [3]. Несмотря на то, что, согласно данным Министерства хозяйства России, площади ягодных насаждений в нашей стране показывают ежегодную положительную динамику, расширение насаждений отмечается преимущественно за счёт закладки земляники садовой. При этом всё больший интерес потребители проявляют к малине [4-5].

Современные тенденции развития питомниководства направлены на всё большую интеграцию в традиционные технологии биологически активных веществ, принцип действия которых различный [6-7]: некоторые из них направлены на улучшение процесса корнеобразования при применении вегетативных методов размножения, иные применяются в процессе вегетации саженцев и выполняют ростостимулирующие функции и повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам и патогенным объектам [8-9].

Сегодня активное распространение приобретают микробиологические составы, гуматы торфа и другие [10]. Особый интерес для производства из них представляет биогумус, существенным преимуществом которого перед другими органическими соединениями является повышенное содержание водорастворимых форм азота, фосфора, калия и микроэлементов в более подвижной форме [11].

В зависимости от способа производства на рынке агрохимикатов присутствует большое разнообразие видов биогумуса. Однако вне зависимости от происхождения многими исследователями установлено, что применение биогумуса способствует повышению показателей плодородия почвы, а также экологически безопасному росту продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур. При этом особое значение приобретают изучение и определение оптимальных сроков и дозировок применения биогумуса в технологии выращивания посадочного материала ягодных культур [12]. Данный факт обуславливает высокую степень актуальности выбранной темы исследований.

Цель исследований. Проведение оценки эффективности различных доз биогумуса в технологии выращивания саженцев ягодных культур в условиях Центрального Предкавказья.

Материал и методы исследований. Исследования по обозначенной теме проводили в 2022-2023 гг. в условиях Центра садоводства и питомниководства плодово-

ягодных культур, расположенного в учебно-опытном хозяйстве Ставропольского государственного аграрного университета.

В ходе проведения исследований для проведения определения эффективности различных доз нового водорастворимого биогумуса был заложен опыт по укоренению полуодревесневших черенков трёх промышленных районированных в нашей зоне сортов малины – Лячка, Октавия и Желтый гигант.

Согласно разработанной схеме опыта в ходе укоренения относительно контроля без применения удобрений изучалась эффективность 3-кратного прикорневого внесения биогумуса в концентрациях 2,0 и 4,0 л/га.

Для укоренения отбирались полуодревесневшие черенки длиной 30 см с 3–5 листьями. Укоренение черенков проводили в торфяном субстрате. Схема посадки черенков – 5 x 10 см (рисунок 1). Внесение удобрений проводили с поливом 3-кратно с интервалом в 7 дней (рисунок 2). Повторность опыта – 3-кратная, за опытный вариант принят 1 горшок площадью 0,1 м² (рисунок 1-2).

Согласно положениям ГОСТ Р 59653-2021 «Материал посадочный плодовых и ягодных культур. Технические условия», на основании учёта доли укоренившихся черенков, замеров среднего количества образовавшихся корешков и доли выхода стандартного посадочного материала в общем количестве произведенных саженцев был проведён анализ эффективности укоренения черенков.



Рисунок 1. Схема посадки черенков



Рисунок 2. Внесение биогумуса

Наблюдения и учёты проводились в соответствии с научно-методическими рекомендациями «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных, орехоплодных культур», Орел 1999 г.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ полученных данных показал, что применение изучаемого органического удобрения в корневую подкормку вне зависимости от сортовых особенностей укореняемых черенков способствовало повышению интенсивности укоренения относительно контроля. Результаты математической обработки полученных данных позволяют сделать вывод, что в среднем по рассматриваемым сортам малины на удобренных вариантах укореняемость черенков достоверно превосходила аналогичный показатель контроля на 10,7–15,8 % (таблица 1).

Таблица 1

Укореняемость черенков малины в зависимости от концентрации биогумуса, %

Вариант опыта, А	Сорт, В			А, НСР ₀₅ = 3,4
	Лячка	Октавия	Жёлтый гигант	
Контроль	62,3	64,5	61,3	62,7
2 л/га	74,4	77,5	68,3	73,4
4 л/га	80,0	82,4	73,1	78,5
В, НСР ₀₅ = 3,0	72,2	74,8	67,6	НСР ₀₅ = 7,2 Sx = 4,1 %

Сравнительная оценка изучаемых доз удобрения показала максимальную (в 5,1 %) эффективность дозы 4 л/га, применение которой обеспечивало существенное преимущество относительно аналогичного результата варианта с дозой внесения 2 л/га.

Сортовые особенности оказывали существенное влияние на укореняемость черенков. В среднем по фоновым питанием наиболее высокая интенсивность укоренения в опыте отмечалась у сорта Октавия, опережавшего показатели остальных сортов в опыте на 2,6–7,2 %, однако достоверное преимущество отмечалось лишь относительно результатов сорта Жёлтый гигант (7,2 %).

Максимальная укореняемость черенков в опыте наблюдалась у сорта Октавия при дозе внесения 4 л/га – 82,4 %, превосходящая результаты остальных вариантов на 2,4–21,1 %. Один из главных критериев эффективности процесса укоренения – среднее число корней, образовавшихся в технологии размножения.

Согласно данным математической обработки полученных данных по фактору А наибольшая интенсивность ризогенеза в опыте отмечалась на фоне внесения дозы удобрения 4 л/га, результат которой достоверно превысил показатели контроля и второй дозы удобрения на 1,3–2,9 шт. Проведённые учёты показали, что, наряду с максимальной дозой, применение дозы удобрения 2 л/га способствовало формированию достоверно большего (на 1,6 шт.) количества корней относительно показателей контроля.

Сортовые особенности оказывали значительное влияние на интенсивность ризогенеза укореняемых черенков. Наибольшее количество корешков в ходе учётов наблюдалось у сорта Октавия, опережавшего показатели остальных сортов на 1,0–2,3 шт. (таблица 2).

Таблица 2

Среднее число корней у черенков малины
в зависимости от концентрации биогумуса, шт.

Вариант опыта, А	Сорт, В			А, НСР ₀₅ = 1,1
	Лячка	Октавия	Жёлтый гигант	
Контроль	5,6	6,8	4,4	5,6
2 л/га	7,3	8,1	6,2	7,2
4 л/га	8,7	9,7	7,1	8,5
В, НСР ₀₅ = 1,0	7,2	8,2	5,9	НСР ₀₅ = 2,3 Sx = 4,0 %

Согласно критериям качества выращиваемого посадочного материала по ГОСТу был проведён анализ интенсивности развития саженцев из укоренённых черенков малины в зависимости от применяемой дозы удобрения. На основе проведённых учётов установлено, что стандартные саженцы малины в процессе выращивания формировали более 3–5 корней длиной не менее 10 см и не менее 1 надземного побега. В общем объёме произведённого посадочного материала, согласно контрольным критериям, осуществили отбраковку нестандартных саженцев и определили долю стандарта.

Результаты математической обработки полученных данных показали, что в среднем по рассматриваемым сортам малины применение обеих анализируемых доз удобрения способствовало достоверному на 16,2–19,1 % увеличению доли стандартных саженцев в общем объёме произведённого посадочного материала относительно контроля. Максимальный выход стандартных саженцев в опыте отмечался на фоне применения наиболее высокой дозы удобрения, превысив показатели контроля и второй дозы на 2,9–19,1 %.

Математическая оценка полученных результатов показала, что в среднем по фонам питания наибольшая доля стандартных саженцев из рассмотренных сортов малины наблюдалась у сорта Октавия, показатель которой был выше, чем у остальных сортов, на 3,6–9,1 %. Однако достоверное преимущество формировалось лишь относительно показателя сорта Жёлтый гигант (таблица 3).

Таблица 3

Выход стандартных (I и II сорта) саженцев малины
в зависимости от дозы биогумуса, %

Вариант опыта, А	Сорт, В			А, НСР ₀₅ = 10,4
	Лячка	Октавия	Жёлтый гигант	
Контроль	52,0	55,2	46,4	51,2
2 л/га	67,2	71,4	63,6	67,4
4 л/га	71,6	75,0	64,3	70,3
В, НСР ₀₅ = 3,9	63,6	67,2	58,1	НСР ₀₅ = 15,2 S _x = 4,0%

Анализ частных различий в опыте показал, что при изучении эффективности изучаемых доз внесения биогумуса в прикорневую подкормку черенков малины наибольший выход стандартных саженцев отмечался у сорта Октавия при внесении наиболее высокой дозы удобрения – 4 л/га, значительно опережая результаты остальных вариантов на 3,4–28,6 %.

Заключение. Таким образом, изучив полученные результаты, можно сделать вывод, что применение нового водорастворимого биогумуса, разработанного учёными Ставропольского ГАУ, в прикорневую подкормку в технологии зелёного черенкования ремонтантных и неремонтантных сортов малины вне зависимости от сортовых особенностей обеспечивало более интенсивное развитие растений, увеличивая на 10,7–15,8 % укореняемость полуодревесневших черенков относительно контроля без удобрения. Кроме того, внесение изучаемых доз биогумуса обеспечивало достоверное увеличение интенсивности ризогенеза у черенков, формируя достоверно большее (на 1,6–2,9 шт.) среднее количество корешков по сортам относительно контрольных показателей.

Сравнительная оценка изучаемых доз удобрения показала существенное преимущество по всем рассмотренным показателям максимальной дозы удобрения 4 л/га относительно аналогичных показателей дозы 2 л/га.

На основании полученных данных биометрических учётов установлено, что максимальный выход стандартного посадочного материала I и II сортов в опыте отмечался на фоне применения дозы удобрения 4 л/га, превысившем результаты контроля и 2-й дозы на 19,1 и 2,9 % соответственно.

Оценка отзывчивости рассмотренных в опыте сортов малины показала, что наиболее высокий выход стандартных саженцев отмечался у сорта Октавия, показавшем преимущество в 3,6–9,1 % относительно остальных сортов в среднем по изученным дозам удобрения.

Список источников

1. Анализ современного состояния плодового хозяйства Ставропольского края / Т. С. Айсанов, Е. С. Романенко, С. В. Тюльпанов, и др. // Вестник АПК Ставрополя, 2016, С. 113–116.
2. Деменко В. И., Лебедев В. Г., Шестибратов К. А. Укоренение – ключевой этап размножения растений *in vitro* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2010. № 1. С. 73–85.
3. Трухачев В. И., Есаулко А.Н., Айсанов Т. С. Анализ состояния отрасли питомниководства плодово-ягодных культур на юге России и перспективы ее развития // Проблемы развития АПК региона, 2019, с. 164–170.
4. Клименко Н. И., Клименко О. Е. Использование биопрепаратов при выращивании саженцев *Hybiscus syriacus* L // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 85. С. 77–82. DOI 10.21515/1999-1703-85-77-82. EDN ANWTGR.
5. Аладина О. Н. Оптимизация технологии зеленого черенкования садовых растений // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 5–22. EDN RCLYSR.
6. Роль внекорневых обработок физиологически активными веществами в зеленом черенковании садовых растений / О. Н. Аладина, С. В. Акимова, Н. П. Карсункина, и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2006. № 3. С. 46–55. EDN HVJGMT.
7. Зарипова В. М. Оценка влияния минеральных удобрений на урожайность малины // Вестник КрасГАУ. 2022. № 10 (187). С. 22–29. DOI 10.36718/1819-4036-2022-10-22-29. EDN UPUGUV.
8. The effect of plant growth regulators on the *in vitro* regeneration capacity in some horticultural crops and rare endangered plant species / I. V. Mitrofanova, N. P. Lesnikova-Sedoshenko, S. V. Chelombit [et al.] // Acta Horticulturae. 2022. Vol. 1339. P. 181-189. DOI 10.17660/ActaHortic.2022.1339.24. EDN LGTKNQ.
9. Аминова Е. В., Мережко О. Е. Оценка хозяйственно-биологических признаков малины ремонтантной в условиях Оренбургского Приуралья // Аграрный вестник Урала. 2023. № 8 (237). С. 37–47. DOI 10.32417/1997-4868-2023-237-37-47.
10. Яковенко, В. В., Лапшин В. И., Ушак Л. С. Сорта смородины и крыжовника в коллекции СКФНЦСВВ // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 94. С. 181–186. DOI 10.21515/1999-1703-94-181-186. EDN ZNKWFI.

References

1. Analysis of the current state of fruit growing in the Stavropol Territory / T. S. Aisanov, E. S. Romanenko, S. V. Tyulpanov, [et al.] // Agricultural Bulletin of Stavropol Region, 2016, pp. 113-116.
2. Demenko V. I., Lebedev V. G., Shestibratov K. A. Rooting is a key stage of plant reproduction *in vitro* // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2010. No. 1. pp. 73-85.
3. Trukhachev V.I., Esaulko A.N., Aisanov T.S. Analysis of the state of nursery farms of fruit and berry crops in the south of Russia and prospects for their development // Problems of development of the agro-industrial complex of the region, 2019, pp. 164-170.

4. Klimenko N. I., Klimenko O. E. Use of biological products in growing seedlings of *Hybiscus syriacus* L // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2020. No. 85. pp. 77-82. DOI 10.21515/1999-1703-85-77-82. EDN ANWTGR.
5. Aladina O. N. Optimization of technology for propagation by herbaceous cuttings of garden plants // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2013. No. 4. pp. 5-22. EDN RCLYSR.
6. The role of foliar treatments with physiologically active substances in propagation by herbaceous cuttings of garden plants / O. N. Aladina, S. V. Akimova, N. P. Karsunkina, [et al.] // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2006. No. 3. pp. 46-55. EDN HVJGMT.
7. Zaripova V. M. Assessment of the influence of mineral fertilizers on raspberry yield // Bulletin of KrasGAU. 2022. No. 10(187). pp. 22-29. DOI 10.36718/1819-4036-2022-10-22-29. EDN UPUGUV.
8. The effect of plant growth regulators on the in vitro regeneration capacity in some horticultural crops and rare endangered plant species / I. V. Mitrofanova, N. P. Lesnikova-Sedoshenko, S. V. Chelombit [et al.] // Acta Horticulturae. 2022. Vol. 1339. P. 181-189. DOI 10.17660/ActaHortic.2022.1339.24. EDN LGTKNQ.
9. Aminova E. V., Merezsko O. E. Assessment of economic and biological characteristics of remontant raspberry in the conditions of the Orenburg Cis-Urals region // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 8(237). pp. 37-47. DOI 10.32417/1997-4868-2023-237-37-47.
10. Yakovenko V.V., Lapshin V.I., Ushak L.S. Varieties of currant and gooseberry in the collection of North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2022. No. 94. pp. 181-186. DOI 10.21515/1999-1703-94-181-186. EDNZNKWFI.

Сведения об авторах

Тимур Солтанович Айсанов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садоводства и переработки растительного сырья им. проф. Н.М. Куренного ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», тел. 8-988-629-63-77, e-mail: aysanov_timur@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2525-7465.

Елизавета Владимировна Бычкова, студентка института агробиологии и природных ресурсов ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», e-mail: lizabychkova01@gmail.com; ORCID: 0009-0009-9634-6332.

Information about the authors

T.S. Aisanov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Horticulture and Processing of Plant Raw Material named after professor N.M. Kurennoi Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", tel. 8-988-629-63-77, e-mail: aysanov_timur@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2525-7465.

E.V. Bychkova, student of the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", e-mail: lizabychkova01@gmail.com; ORCID: 0009-0009-9634-6332.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 08.11.2023; одобрена после рецензирования 17.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 08.11.2023; approved after reviewing 17.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.12-22
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P.12-22

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Научная статья

УДК 633.11«324»:631.524.7/526.32(470.62/67)

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/002.4.16.2023

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА НОВЫХ СОРТОВ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФНАЦ»*

Наталья Алексеевна Галушко, Нина Ивановна Соколенко, Яна Сергеевна

Крайнева, Елена Алексеевна Батагова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, г. Михайловск,
e-mail:info@fnac.center

Аннотация. Целью исследований являлось выделение перспективных генотипов новых сортов мягкой озимой пшеницы питомника конкурсного сортоиспытания, обеспечивающих высокую урожайность высококачественной продукции в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Работу выполняли в 2020–2022 годах на опытном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», расположенном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края по чистому пару на чернозёме обыкновенном среднесуглинистом среднемощном слабогумусированном. Климат зоны умеренно-континентальный, лето жаркое и сухое, зима умеренно мягкая. Годовая сумма эффективных температур по многолетним данным (1981–2010) составляет 3177,2⁰С, среднемноголетнее количество осадков – 559,6 мм, ГТК – 1,06. Изучали 12 сортов мягкой озимой пшеницы (*Triticumaestivum*L.) селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», находящихся в конкурсном сортоиспытании. За годы исследований в среднем по сортам, по урожайности зерна стандарты достоверно уступали: Гром – на 0,1–11,9 %, Безостая 100 – на 14,8–24 %. Наибольшая урожайность получена у сортов 21733, 21521, 22791. Средняя изменчивость (CV) урожайности зерна по годам отмечена у сортов 21521, 21733, 22103 и 22791 (13,7–19,9 %). Остальные сорта, включая стандарты, проявили большую отзывчивость на улучшение условий произрастания (CV>20 %), что характеризует их как интенсивные генотипы. Выявлены формы с высокими показателями качества зерна – 21728, 21663 и 21503. По комплексу показателей качества выделены сорта 21521, 21663, 21728, 22791, в нестабильных условиях возделывания дававшие высокий урожай хорошего качества, что свидетельствует об их адаптивных возможностях.

Ключевые слова: мягкая озимая пшеница, селекция, сорт, конкурсное сортоиспытание, качество зерна, урожайность, клейковина, натурная масса, число падения, седиментация

Для цитирования: Галушко Н.А., Соколенко Н. И., Крайнева Я.С., Батагова Е.А. Урожайность и качество зерна новых сортов мягкой озимой пшеницы селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 12-22. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/002.4.16.2023

Agronomy, forestry and water industry

Original article

GRAIN YIELD AND QUALITY OF NEW SOFT WINTER WHEAT VARIETIES OF THE SELECTIVE BREEDING OF “NORTH CAUCASUS FEDERAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTRE”

Natalia A. Galushko, Nina I. Sokolenko, Yana S. Kraineva, Elena A. Batagova
FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, Russia, Mikhailovsk,
e-mail: info@fnac.center

Abstract. The purpose of the research was to identify promising genotypes of new varieties of soft winter wheat of the nursery of competitive variety trial, which were characterized by high and stable yield and product quality in conditions of instable humidity of the Stavropol Territory. The work was carried out in 2020-2022 on the experimental field of the “North Caucasus FARC”, which was located in the zone of instable humidity of the Stavropol Territory on complete fallow ordinary medium loamy moderately deep slightly humic chernozem. The climate of the zone is moderately continental, summers are hot and dry, winters are moderately mild. The annual sum of effective temperatures according to long-term data (1981-2010) is 3177,2 °C, the average annual precipitation is 559,6 mm, hydrothermal coefficient is 1,06. We studied 12 varieties of soft winter wheat (*Triticumaestivum* L.) of the selection of “North Caucasus FARC”, which were in competitive variety trial. Over the years of the research, on average by varieties, grain yield standards were significantly inferior: Grom by 0,1–11,9%, Bezostaiia 100 by 14,8–24%. The highest yield was obtained in varieties 21733, 21521, 22791. The coefficient of variation (CV) of grain yield over the years was noted in varieties 21521, 21733, 22103 and 22791 (13,7–19,9%). The remaining varieties, including standards, showed greater responsiveness to improving growing conditions (CV>20%), which characterized them as intensive genotypes. The forms with high grain quality characteristics were identified: 21728, 21663 and 21503. According to a set of quality characteristics, varieties were identified: 21521, 21663, 21728, 22791, which had a high yield of good quality in unstable cultivation conditions, which indicated their adaptive capacity.

Key words: soft winter wheat, selective breeding, variety, competitive variety trial, grain quality, yield, gluten, bushel weight, falling number, sedimentation

For citation: Galushko N. A., Sokolenko N. I., Kraineva Y. S., Batagova E. A. Grain yield and quality of new soft winter wheat varieties of the selective breeding of “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre” // Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 12-22. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/002.4.16.2023

Введение. Для обеспечения сельскохозяйственного производства семенами «Северо-Кавказский ФНАЦ» ежегодно производит около 3 тыс. тонн оригинальных семян зерновых, зернобобовых, кормовых, лекарственных и нетрадиционных культур. Всего за последние 20 лет учёными Центра создано более 470 сортов и гибридов, из которых

198 зарегистрированы в Госреестре и рекомендованы к возделыванию в разных регионах страны. Созданные сорта зерновых колосовых сочетают высокий потенциал урожайности (90–150 ц/га) с хозяйственноценными признаками и высоким качеством производимой продукции [1]

Среди всего разнообразия сельскохозяйственных культур, возделываемых в Ставропольском крае, ведущее место занимает пшеница как наиболее значимая, доля которой в общем производстве зерна постоянно возрастает [2, 3].

С 2018 года край ежегодно производит более 8 млн тонн зерна, но в структуре производства пшеницы по качественному составу практически отсутствуют 1-е и 2-е классы. За последние 5 лет, по данным Центра оценки качества зерна, большую часть товарного объёма пшеницы составляет пшеница 4 класса (50,3 %). Доля зерна хлебопекарных достоинств (3 класс) значительно меньше – 33,6 % [4]. Возделываемые высокопродуктивные сорта не всегда реализуют потенциал урожайности и качества зерна ввиду сложных агроклиматических условий выращивания [4, 5]. Это объясняется тем, что сорта пшеницы различно реагируют на изменение условий возделывания. Выявление особенностей формирования хозяйственно ценных признаков в различных условиях среды за годы исследований позволит увеличить эффективность отбора генотипов и более целенаправленно вести селекцию на адаптацию, а использование в производстве сортов пшеницы с высокими адаптивными возможностями даст возможность без дополнительных затрат повышать и стабилизировать урожайность, валовые сборы и качество продукции [6, 7]. Решение данной проблемы остаётся актуальным как для производителей, так и для практической селекции.

Продовольственное зерно должно в полной мере обладать свойствами и показателями, соответствующими потребительским требованиям. Так как качество зерна во многом зависит от наследственных особенностей сорта [8, 9], то приоритетным направлением стабилизации его производства является создание и внедрение новых сортов озимой пшеницы, сочетающих высокую потенциальную продуктивность с устойчивостью к неблагоприятным природным явлениям, гарантирующим рост урожайности высококачественного зерна [10, 11].

Цель исследований. Выделение перспективных генотипов новых сортов мягкой озимой пшеницы питомника конкурсного сортоиспытания, обеспечивающих высокую урожайность высококачественной продукции в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Для достижения цели исследований ставились и решались следующие задачи: 1) оценить генотипы, совмещающие высокий потенциал урожайности с адаптивными возможностями; 2) выделить сортообразцы с высокими показателями качества зерна; 3) определить лучшие сорта по комплексу ценных признаков.

Материал и методы исследований. Исследования по изучению сортов проводились в Шпаковском районе Ставропольского края на опытном поле лаборатории отдалённой гибридизации «Северо-Кавказского ФНАЦ», расположенном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края в 2020–2022 годах.

Опыт расположен в умеренно-континентальной климатической зоне: лето жаркое и сухое, зима умеренно мягкая. Годовая сумма эффективных температур по многолетним данным (1981–2010) составляет 3177,2⁰С, среднемноголетнее количество осадков – 559,6 мм [12]. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный среднесуглинистый – характеризуется слабощелочной реакцией среды (рН=7,2–7,3; ГОСТ 27753.3-88), содержит в пахотном слое 4,3–4,5 % гумуса (ГОСТ 26213-91). Содержание в почве общего азота – 0,22 % (ГОСТ 26107-84), подвижного

фосфора – 19–22 мг/кг, подвижного калия – 200–220 мг/кг (ГОСТ 26205-91), сумма обменных оснований – 35,2 мг-экв/100 г почвы (ГОСТ 27821-88).

Погодные условия в годы исследований были различны по температурному режиму, влагообеспеченности существенно отличались от средних многолетних показателей (рисунок 1, рисунок 2).

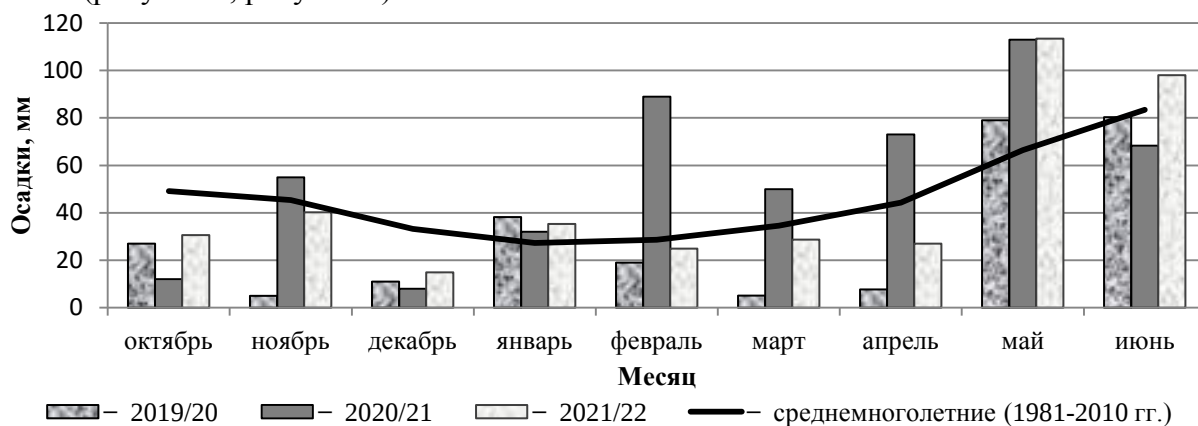


Рисунок 1. Количество осадков в годы проведения исследования

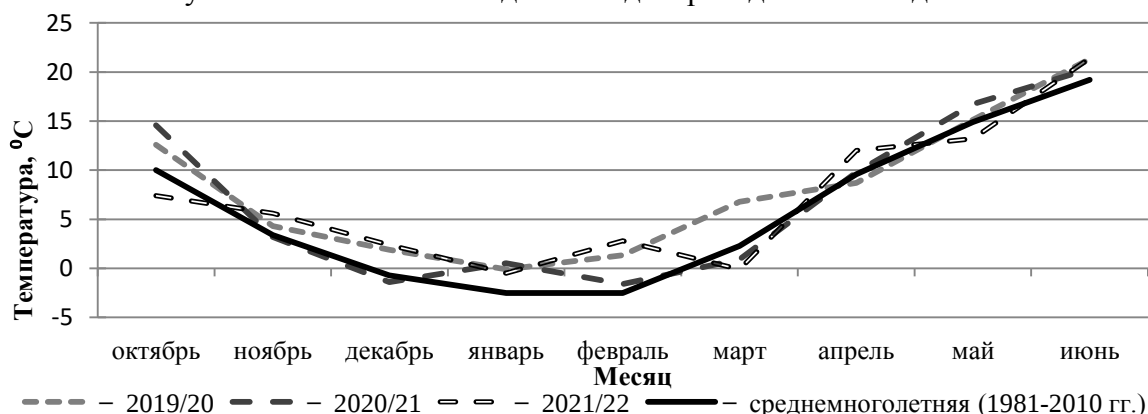


Рисунок 2. Среднемесячные температуры воздуха в годы вегетации озимой пшеницы

Сельскохозяйственный 2019/2020 год характеризуется как засушливый. Среднемесячная температура воздуха составила 11,3⁰С, превысив среднее многолетнее значение (1981–2010) на 1,75⁰С. Количество осадков в течение года составило 461,7 мм, что ниже климатической нормы на 97,7 мм. В летне-осенний период отмечалось недостаточное увлажнение почв в августе, октябре и ноябре, а в весенне-летний период – в марте, апреле и июне.

Сельскохозяйственный 2020/2021 год был теплее климатической нормы на 1,33⁰С, среднемесячная температура воздуха составила 10,88⁰С. Количество годовых осадков – 577,7 мм, что превысило средний многолетний показатель на 18,3 мм с неравномерным распределением в течение года. Летне-осенний период был засушливым: в августе, сентябре и октябре наблюдался значительный недостаток влаги, в связи с чем сложились сложные условия для проведения сева и получения дружных всходов. Весенне-летний период, напротив, выдался избыточно влажным: в марте, апреле, мае и июне выпало осадков выше месячной нормы на 110 мм.

В 2021/2022 сельскохозяйственном году среднемесячная температура воздуха превысила среднее многолетнее значение на 0,80⁰С. В течение года выпало 676,5 мм осадков, что выше климатической нормы на 117,1 мм. В летне-осенний период сложи-

лись благоприятные условия для проведения сева: почва была достаточно насыщена влагой. Весенне-летний период также отличался благоприятными погодными условиями для вегетации и налива зерна.

Материалом для исследований служили 12 перспективных сортов мягкой озимой пшеницы (*Triticumaestivum*L.) конкурсного сортоиспытания оригинальной селекции. В качестве стандартов использованы сорта Гром и Безостая 100.

Исследования проводились по методике государственного сортоиспытания[13] Посев культуры осуществляли по предшественнику чистый пар сеялкой «Клён» с нормой высева 500 всхожих семян на 1 м². Учёт проводили на делянках площадью 10 м². Комплексные минеральные удобрения вносили перед севом в дозе N₄₀P₆₀K₄₀, подкормку проводили весной в дозе 26 кг д.в/га аммиачной селитрой. Урожай убирали комбайном ZURN-150.

Испытания технологических свойств зерна и муки озимой мягкой пшеницы проводили в лаборатории качества зерна ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» согласно программе и методике исследований. Результаты статистически обрабатывали методами дисперсионного и корреляционного анализов[14], применяя надстройку AgCStat для MicrosoftOfficeExcel.

Результаты исследований и их обсуждение. Урожайность сортов в среднем за 3 года изучения варьировала от 8,45(21689) до 9,33 т/га (21728), превышая стандарты Гром и Безостая 100 на 2,1...12,7%. По сортам средняя урожайность находилась на уровне 8,79 т/га (таблица 1). У сорта 21728 выявлен наиболее высокий потенциал урожайности (9,33 т/га).

Способность сорта адаптироваться к условиям выращивания можно оценить и по величине значения коэффициента вариации (CV). Коэффициент вариации по урожайности составил в опыте 13,7...28,7 %. Средняя изменчивость урожайности зерна по годам отмечена у четырех сортов 21521, 21733, 22103, 22791 (CV=13,7–19,9 %), у остальных сортов, включая стандарты, – значительная (CV=20,2–28,7 %).

Таблица 1

Урожайность сортов конкурсного сортоиспытания, 2020–2022 гг.

№ п/п	Сорт	Урожайность зерна, т/га			$\bar{x}$ по годам	Коэффициент вариации по сортам (CV), %
		2020	2021	2022		
	StБезостая 100	6,51	7,74	11,21	8,49	28,7
	StГром	7,21	6,88	10,75	8,28	25,9
1	21373	7,48	7,53	10,96	8,66	23,0
2	21378	7,62	7,43	10,98	8,69	23,0
3	21410	7,72	7,55	11,26	8,84	23,7
4	21503	7,70	7,54	10,64	8,63	20,2
5	21521	7,84	8,09	11,06	9,00	19,9
6	21663	7,78	7,90	11,83	9,17	25,1
7	21688	7,47	7,80	11,66	8,98	25,9
8	21689	7,55	6,79	11,02	8,45	26,7
9	21728	7,71	8,39	11,90	9,33	24,1
10	21733	8,07	8,95	10,55	9,19	13,7
11	22103	7,55	7,64	10,29	8,49	18,3
12	22791	7,81	8,16	10,70	8,89	17,7
	$\bar{x}$ по сортам	7,57	7,74	11,06	8,79	22,4
	Коэффициент вариации по годам (CV), %	4,9	7,2	4,3		
	НСР ₀₅	0,25	0,37	0,30		

Разница между максимальными и минимальными значениями урожайности сортов определялась в пределах 2,48...4,7 т/га. Минимальный размах урожайности отмечен у сортов 21733, 22103, 22791 и составил 27,0; 32,3 и 32,5 % соответственно. Выделившиеся сорта оказались более стрессоустойчивыми и приспособленными к условиям среды. Максимальный размах урожайности наблюдался у стандартов и составил 36 и 42 %.

В среднем по годам 2022 год выдался наиболее благоприятным для реализации потенциала урожайности, о чем свидетельствует максимальный сбор зерна. Средняя урожайность составила 11,06 т/га. Сорта 21,688, 21663 и 21728 показали наибольшее значение урожайности достоверно ($HC_{05}=0,30$ т/га) – 11,66; 11,83 и 11,90 т/га соответственно. В засушливом 2020 и избыточно увлажненном 2021 годах снижение урожайности от максимальных показателей происходило из-за контрастных условий вегетации. Отзывчивость сортов на улучшение условий возделывания выражает адаптивные возможности генотипов. Коэффициент вариации урожайности по годам показывает, что все сорта соответственно реагировали на ухудшение условий произрастания ($CV < 10\%$). Норма реакции сортов выражает потенциал адаптации генотипа к условиям среды по годам [9, 10].

Анализ качества зерна сортов питомника конкурсного сортоиспытания выявил значительное варьирование показателей как по сортам, так и по годам.

За годы исследований все сорта питомника конкурсного сортоиспытания формировали зерно с натурной массой более 750 г/л (таблица 2). В среднем значения показателя варьировали от 764 г/л (21663) до 810 г/л (21378). Наиболее высокую натурную массу сформировал сорт 21378, превысив стандарт Гром на 2,4%.

Таблица 2

Показатели качества зерна в среднем за 2020–2022 гг.

№ п/п	Сорт	Натура, г/л	Общая стекловидность, %	Клейковина, %	ИДК	Группа качества	Число падения, с	Седиментация, мл
	St Безостая 100	809	41,5	24,5	73,5	I	286	44
	St Гром	791	39,5	27,2	87,9	II	276	40
1	21373	802	39,7	26,2	77,1	II	307	58
2	21378	810	41,0	22,3	77,1	II	310	42
3	21410	786	42,0	25,4	88,7	II	274	24
4	21503	773	49,5	29,0	86,4	II	246	45
5	21521	786	44,0	26,5	87,4	II	292	47
6	21663	764	42,0	29,4	84,7	II	278	69
7	21688	785	42,2	25,9	81,6	II	302	57
8	21689	779	41,7	27,3	85,1	II	310	55
9	21728	793	46,0	30,5	87,0	II	285	61
10	21733	793	46,3	25,9	89,3	II	304	39
11	22103	803	44,0	26,6	82,9	II	245	42
12	22791	805	46,0	25,1	84,5	II	291	49
	HC_{05}	15,8	1,2	0,6	3,2	–	8,6	2,0

Нами определена сопряжённость значения натурной массы с количеством и качеством клейковины при уровне критических значений по таблице Пирсона – 0,29, на 95% уровне значимости. Выявлена отрицательная значительная корреляция объёмной массы с количеством клейковины в зерне $r = -0,68 \pm 0,09$ и показателем ИДК $r = -0,56 \pm 0,08$.

Общая стекловидность – один из важнейших параметров качества [15], связанный со способностью зерна пропускать свет, и обусловлен структурными особенностями внутренних тканей. В стекловидном эндосперме отмечается прочная связь крахмальных зёрен с белком.

В наших исследованиях показатель стекловидности новых сортов имел значение от 39,5 до 49,5 %. Более высоким процентом стекловидности обладал сорт 21503 (49,5 %). Значение показателя на уровне стандартов проявили сорта 21689, 21378 (StБезостая 100), 21373 (StГром). Сорта 21503, 21688, 21733 превзошли стандарты Безостая 100 и Громна 8...10 %, 0,7...2,5 %, 4,8...6,8 %, 21410, 21663 – на 0,5...2,5 %, 21521, 22103 – на 2,5...4,5 %, 21728, 22791 – на 4,5...6,5 % соответственно.

Содержание и качество клейковины – важные показатели для оценки хлебопекарной ценности зерна – выражаются в процентах и условных единицах ИДК (индекс деформации клейковины). Клейковина представляет собой белковый комплекс, состоящий в основном из глютеина и глиаина [16].

Массовая доля клейковины в зерне изучаемых сортов за годы исследований изменялась в широких пределах – от 22,3 до 30,5 %. Более высокое содержание клейковины отмечено у сорта 21728. Все сорта образовывали клейковину II группы качества согласно ГОСТ 1358.1-2014. Максимальное количество клейковины формировали сорта 21503, 21663, 21728, превысив стандарты Гром и Безостая 100 на 1,8...4,5 %, 2,2...4,9 %, 3,3...6,0 % соответственно.

Условия окружающей среды, благоприятно влияющие на образование клейковины в зерне, также способствовали росту показателя прибора ИДК. По значению ИДК сорта, кроме стандарта Безостая 100, сформировали клейковину 2-го класса (>78 ед.). Отмечена положительная значительная корреляция массовой доли клейковины в зерне и её качества (показатель ИДК): $r = 0,51 \pm 0,08$.

При выделении генотипов с ценными признаками качества зерна неоднозначное отношение количества к качеству клейковины требуют использования иных информативных количественных характеристик, выражающих технологическую ценность образца, в частности оценка по величине седиментационного осадка.

Значение уровня седиментации отражает качество зерна. Он мало восприимчив к изменениям условий среды, имеет высокую степень наследования и коррелирует с количеством и качеством клейковинных белков. При набухании и оседании частиц дисперсной фазы в слабых растворах органических кислот на минимальных навесках селекционного материала раскрывается качественный потенциал сортообразцов. По величине седиментационного осадка пшеницы разделяют на сильные, ценные и слабые. Данный метод позволяет на ранних этапах селекции выделять высококачественные генотипы и результативно вести селекцию сильных сортов пшеницы [17–19].

Нами выявлена значительная корреляционная зависимость значений седиментации и количеством клейковины в зерне $r = 0,52 \pm 0,11$; при уровне критических значений по таблице Пирсона – 0,29, на 95% уровне значимости.

По результатам седиментационного анализа выявлено 5 сильных сортов озимой пшеницы, 6 – ценных. Для практической селекции наибольший интерес представляют сорта пшеницы 21373, 21663, 21688, 21728, 21689, формировавшие за годы исследова-

ний зерно с величиной седиментационного осадка более 55 мл.

Число падения – качественный показатель зерна, характеризующий состояние крахмала и активность амилолитических ферментов. Высокие значения числа падения свидетельствуют о низкой активности α -амилазы и об устойчивости сорта пшеницы к прорастанию зерна на корню [20]. По результатам проведённых исследований выявлено, что число падения у изучаемых сортов варьировало от 245 до 310 с. Оптимальные значения показателя числа падения (250–340 с) проявили все изучаемые сорта, кроме 22103, 21503. Линии 21373, 21378, 21521, 22791, 21689, 21733, 21688 превосходили стандарты Безостая 100 и Гром на 2,1...12,3 %.

В целом все сорта имеют высокое значение числа падения (более 200 с), то есть характеризуются низкой активностью α -амилазы, что свидетельствует об устойчивости сортов к прорастанию зерна на корню.

Таким образом, при изучении сортов мягкой озимой пшеницы питомника конкурсного сортоиспытания были выделены наиболее перспективные по совокупности хозяйственнозначимых признаков генотипы, которые могут использоваться в селекции как источники высокого качества зерна при создании новых высоко адаптированных форм для регионов с нестабильным режимом увлажнения.

Заключение. Все изученные сорта показали высокий уровень урожайности – 8,45–9,33 т/га. У стандартов Безостая 100 и Гром в этих же условиях получено соответственно 8,49 и 8,28 т/га зерна. Средняя изменчивость ($CV=13,7–19,9$ %) урожайности зерна по годам отмечена у сортов 21521, 21733, 22103, 22791. Потенциал адаптивности сортов к условиям выращивания по признаку урожайности различался, изменчивость (CV) составила в опыте 13,7...28,7 %.

Наибольшее количество клейковины II группы качества формировали сорта 21503, 21663, 21728 и сорт 21503, содержащий самый высокий процент стекловидных зёрен в опыте (общая стекловидность – 49,5 %). Седиментационный осадок, составивший 55–69 мл, на уровне сильной пшеницы отмечен у 5 сортов (21373, 21663, 21688, 21728, 21689). Выявлена значительная корреляционная зависимость значений седиментации и количеством клейковины в зерне $r=0,52\pm 0,11$.

Сорта 21521, 21663, 21728, 22791 позволяют получать высокий урожай качественного зерна в нестабильных условиях возделывания и могут быть рекомендованы для передачи на государственное сортоиспытание с целью использования в селекционных программах на адаптивность в условиях Юга России.

Список источников

1. Сорта и гибриды сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»: каталог / В.В. Кулинцев, В.В. Чумакова, А.Б. Володин и др. 12-е издание, доп. Ставрополь: ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». 2022. 203 с. ISBN 978-5-9909080-2-4.
2. Давидянц Э.С., Ерошенко Ф.В. Состояние, тенденции и пути оптимизации производства качественного зерна озимой пшеницы в Ставропольском крае // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 6. С. 21–26.
3. Антонов С.А., Каторгин И.Ю. Картографирование характеристик изменения климата в Ставропольском крае // «ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. Т. 27, Ч. 2». 2021. С. 171–182. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-171-182.
4. [Электронный ресурс]: Доля мягкой пшеницы 4 класса выросла до 60 % – ФГБУ «Центр оценки качества зерна». – <http://www.fczerma.ru/> (дата обращения 30.06.2023).
5. Антонов С.А. Тенденции изменения климата и их влияние на земледелие Ставро-

- польского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №4 (66).
6. Митрофанова О.П., Хакимова А.Г. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 4. С. 545–554. doi: 10.18699/VJ16177.
7. Новохатин В.В. Обоснование генетического потенциала у интенсивных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т.51 № 5. С. 627–635.
8. Сравнение статистических методов оценки стабильности урожайности озимой пшеницы/А. Ф.Чешкова, П. И.Стёпочкин, А. Ф.Алейников и др.// Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24. № 3. С. 267–275. DOI: 10.18699/VJ20.619.
9. Соколенко Н.И., Комаров Н.М., Галушко Н.А. Источники высокого качества зерна в селекции мягкой озимой пшеницы и тритикале // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 33–36. doi: 10.24411/0235-2451-2018-11108.
10. Галушко Н.А., Соколенко Н.И. Важнейшие критерии отбора на качество зерна в селекции озимой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 4(28). С. 50–57. DOI 10.33952/2542-0720-2021-4-28-50-57.
11. Соколенко Н.И., Галушко Н.А., Комаров Н.М. Источники высокого качества зерна в селекции озимой мягкой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3(27). С. 164–171. doi: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-164-171.
12. [Электронный ресурс]: Анализ отклонения температуры воздуха по отдельным годам или периодам. –http://climate.sniish.ru/analyze_t.php/ (дата обращения 09.08.2023).
13. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. Общая часть. М.: ФГБУ «Госсорткомиссия». 2019. 329 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
15. Симонов А.В., Пшеничникова Т.А. Технологические свойства зерна и муки у линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) – носителей локусов *Na* и *Na-Sp*, определяющих структуру эндосперма. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(1):91–98. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-91-98
16. Маслова Г.Я., Китлярова Н.И., Тоибова А.А. Фракционный состав белкового комплекса сортов озимой пшеницы конкурсного сортоиспытания // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2016, №3. С. 56–58.
17. Седиментационная оценка и показатели качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы / О.В. Некрасова, Н.С. Кравченко, Н.Г. Игнатьева и др. // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5 (77). С. 35–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-35-40.
18. Лещенко М.А. Взаимосвязь показателя SDS-седиментации с основными признаками качества зерна озимой твердой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2015. №1. С.20–23.
19. Особенности определения качества озимой мягкой пшеницы методом седиментационного анализа / Т. Б. Кулеватова, С. В. Лящева, Л. Н. Злобина, Л. В. Андреева // Зерновое хозяйство России 2021. №5(77). С. 51–56. DOI:10.31367/2079-8725-2021-77-51-56.
20. Реализация генетического потенциала сортов мягкой пшеницы под влиянием внешней среды: современные возможности улучшения качества зерна и хлебопекарной продукции / Е.К. Хлесткина, Е.В. Журавлёва, Н.И. Пшеничникова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. №3. С. 501–514. doi: 10.15389/agrobiology.2017.3.501rus.

References

1. Varieties and hybrids of agricultural crops of selection of "North Caucasus FARC": catalog / V. V. Kulintsev, V. V. Chumakova, A. B. Volodin et al. 12th edition, Stavropol: "North Caucasus FARC". 2022. 203 p. ISBN978-5-9909080-2-4.
2. Davidiants E. S., Eroshenko F. V. State, trends and ways of optimizing the production of high-quality winter wheat grain in the Stavropol Territory // Achievements of Science and Technology of AIC. 2017. Vol. 31, No. 6. pp. 21–26.
3. Antonov S. A., Katargin I. Yu. Mapping the characteristics of climate change in the Stavropol Territory // "INTERCARTO. INTERGIS. Vol. 27, Part 2". 2021. pp. 171–182. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-171-182.
4. [Electronic resource]: The share of soft wheat of class 4 increased to 60% – Federal State Budgetary Institution "Center of Grain Quality Assessment" <http://www.fczerma.ru> / (access date 30.06.2023).
5. Antonov S. A. Trends in climate change and their influence on the agriculture of the Stavropol Territory // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2017. No.4 (66).
6. Mitrofanova O. P., Khakimova A. G. New genetic resources in wheat breeding to increase the protein content in grain // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016. Vol. 20. No. 4. pp. 545–554. doi: 10.18699/VJ16177.
7. Novokhatin V. V. Substantiation of genetic potential in intensive varieties of soft wheat (*Triticumaestivum* L.). // Agricultural Biology. 2016. Vol. 51 No. 5. pp. 627–635.
8. Cheshkova A. F., Stepochkin P. I., Aleinikov A. F., et al. Comparison of statistical methods for assessing the stability of winter wheat yield // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020. Vol. 24. No. 3. pp. 267–275. DOI: 10.18699/VJ20.619.
9. Sokolenko N. I., Komarov N. M., Galushko N. A. Sources of high quality grain in the selection of soft winter wheat and triticale // Achievements of Science and Technology of AIC. 2018. Vol. 32. No. 11. pp. 33–36. doi: 10.24411/0235-2451-2018-11108.
10. Galushko N. A., Sokolenko N. I. The most important selection criteria for grain quality in winter wheat breeding // Taurida herald of the agrarian sciences. 2021. No. 4(28). pp. 50-57. DOI 10.33952/2542-0720-2021-4-28-50-57.
11. Sokolenko N. I., Galushko N. A., Komarov N. M. Sources of high grain quality in the selective breeding of winter soft wheat // Taurida herald of the agrarian sciences. 2021. No. 3(27). pp. 164-171. doi: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-164-171.
12. [Electronic resource]: Analysis of air temperature deviation by certain years or periods http://climate.sniish.ru/analyze_t.php / (access date 09.08.2023).
13. Methodology of state variety trial of agricultural crops. Issue 1. General part. Moscow: FSBI "Gossortkomissiya". 2019. 329 p.
14. Dospekhov B. A. Methodology of field experiment with the basics of statistical processing of research results / Fifth edition, revised and supplemented. M.: Alliance, 2014. 351 p.
15. Simonov A.V., Pshenichnikova T. A. Technological properties of grain and flour in the lines of soft wheat (*Triticumaestivum* L.) – carriers of the Ha and Ha-Sp loci that determine the structure of the endosperm. Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2021; 182(1):91-98. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-91-98
16. Maslova G.Ya., Kitliarova N.I., Toibova A.A. Fractional composition of the protein complex of winter wheat varieties of competitive variety trial // International scientific journal "Innovation science". 2016, No. 3. pp. 56-58.
17. Sedimentation assessment and grain quality traits of winter soft wheat varieties / O.V. Nekrasova, N.S. Kravchenko, N.G. Ignateva, et al. // Grain Economy of Russia. 2021. No. 5 (77). pp. 35-40. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-35-40.
18. Leshchenko M.A. The relationship of the SDS sedimentation index with the main traits of the quality of winter durum wheat grain // Achievements of Science and Technology of AIC. 2015. No.1. pp. 20-23.

19. Features of determining the quality of winter common wheat by sedimentation analysis / T.B. Kulevatova, S.V. Lyashcheva, L. N. Zlobina, L. V. Andreeva // Grain Economy of Russia. 2021. No. 5(77). pp. 51-56. DOI:10.31367/2079-8725-2021-77-51-56.
20. Khlestkina E.K., Zhuravleva E.V., Pshenichnikova T.A., et al. Modern opportunities for improving quality of bakery products via realizing the bread wheat genetic potential-by-environment interactions (review). Agricultural Biology. 2017; 52(3):501-14. doi: 10.15389/agrobiology. 2017.3.501.

Информация об авторах

Наталья Алексеевна Галушко, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории качества зерна ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Тел.: 8 (988)-0985148; e-mail: n.galushko@fnac.center. ORCID 0000-0002-2693-7024.

Соколенко Нина Ивановна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории отдалённой гибридизации ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Тел.: 8 (906)-4927468; e-mail: sokolenko-sniish@mail.ru. ORCID 0009-0001-6741-3403.

Крайнева Яна Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории качества зерна ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Тел.: 8 (918)-8680005; e-mail: petrina_yana@mail.ru. ORCID 0009-0009-8988-638.

Батагова Елена Алексеевна, аспирант, руководитель Селекционно-семеноводческого центра ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Тел.: 8 (962)-04503535; e-mail: batagova.stavgsk@mail.ru

Information about the authors

N. A. Galushko, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Grain Quality, FSBSI "North Caucasus Federal Agricultural Research Centre"; Tel.: 8 (988)-0985148; e-mail: n.galushko@fnac.center, ORCID 0000-0002-2693-7024

N. I. Sokolenko, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Distant Hybridization, FSBSI "North Caucasus Federal Agricultural Research Centre"; Tel.: 8 (906)-4927468; e-mail: sokolenko-sniish@mail.ru. ORCID 0009-0001-6741-3403

Y. S. Kraineva, Junior Researcher of the Laboratory of Grain Quality, FSBSI "North Caucasus Federal Agricultural Research Centre"; Tel.: 8 (918)-8680005; e-mail: petrina_yana@mail.ru. ORCID 0009-0009-8988-6381

E. A. Batagova, postgraduate student, Head of the Breeding and Seed-growing Center of the FSBSI "North Caucasus Federal Agricultural Research Centre"; Tel.: 8 (962)-04503535; e-mail: batagova.stavgsk@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 19.11.2023; одобрена после рецензирования 30.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 19.11.2023; approved after reviewing 30.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

© Галушко Н.А., Соколенко Н.И., Крайнева Я.С., Батагова Е.А., 2023

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.23-33
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P.23-33

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Научная статья
УДК 633.366:631.52
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/003.4.16.2023

**ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ДОННИКА БЕЛОГО
ОДНОЛЕТНЕГО КАК ИСТОЧНИКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА
ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ КОРМОВЫХ ТРАВ**

**Анна Сергеевна Голубь, Нина Стефановна Чухлебowa, Инна Анатольевна Донец,
Лолита Александровна Исикова**

Ставропольский государственный аграрный университет, пер. Зоотехнический, 12, Россия, Ставрополь, 355017, inf@stgau.ru

Аннотация. В статье приведены данные оценки исходного материала коллекционных образцов донника белого однолетнего в условиях Центрального Предкавказья. Целью исследования являлось изучение и подбор селекционного материала для создания новых сортов донника белого однолетнего для условий Центрального Предкавказья. В связи с отсутствием в Северо-Кавказском регионе однолетних сортов донника изучение и подбор перспективных новых генотипов для получения сортов актуальны для науки и практики. Исследования были проведены в 2019–2021 гг. Нами изучались 16 образцов донника коллекции ВИР и 2 дикорастущих образца местного происхождения. В качестве контроля использовался высокоурожайный сорт Бизон (Канада). Посев образцов гнездовой, по 5–7 штук семян в лунку, ширина междурядий – 70 см, расстояние между лунками – 30 см, с последующей прорывкой до одного растения в лунке. Площадь делянки – 4,2 м². Стандарт высевали через 6 образцов. Предшественник – озимая пшеница. За 3 года исследований самый короткий вегетационный период, в сравнении со стандартом, имели 2 местных дикорастущих образца – Местный 1 (-18 дней) и Местный 2 (-13 дней). В среднем за 3 года исследований наибольшая высота растений наблюдалась у образца 38051 из Ставропольского края, составившая 135,3 см, что на 20,6 см выше стандарта. В среднем за этот же период исследований прибавка по урожайности сена составила от 16,8 до 32,2 ц/га. Максимальную прибавку урожая сена имели образцы донника 38051 (+32,2 %), 33942 (+16,8 %), Местный 1 (+17,6 %). По изучаемым показателям выделены 3 образца: 38051 (Ставропольского края), 33942 (Рязанская область) из коллекции ВИР и дикорастущий образец Ставропольского края – Местный 1. Именно они показали лучшие результаты по длине вегетационного периода, высоте растений и урожайности сена, которые будут вовлечены в дальнейший селекционный процесс.

Ключевые слова: исходный материал, донник белый однолетний, образцы, коллекция ВИР, вегетационный период, высота, урожайность

Для цитирования: Голубь А.С., Чухлебова Н.С., Донец И.А., Искова Л.А. Изучение коллекционных образцов донника белого однолетнего, как источника исходного материала для селекции кормовых трав // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 23-33. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/003.4.16.2023

Agronomy, forestry and water industry

Original article

STUDY OF COLLECTION SAMPLES OF ANNUAL WHITE SWEET CLOVER AS A SOURCE OF PARENT MATERIAL FOR BREEDING FORAGE GRASSES

Anna S. Golub, Nina S. Chukhlebova, Inna A. Donets, Lolita A. Isikova

Stavropol State Agrarian University, per. Zootekhnicheskii, 12, Russia, Stavropol, 355017, inf@stgau.ru

Abstract. The article presents data on the evaluation of the parent material of the collection samples of annual white sweet clover in the conditions of the Central Fore-Caucasus. The purpose of the research was to study and select breeding material for the development of new varieties of annual white sweet clover for the conditions of the Central Fore-Caucasus. Due to the absence of annual varieties of sweet clover in the North Caucasus, the study and selection of promising new genotypes for obtaining varieties was relevant for science and practice. The studies were conducted in 2019-2021. We studied 16 samples of sweet clover from the collection of All-Russian Research Institute of Plant Industry and two wild samples of regional origin. A high-yielding Bison variety (Canada) was used as a control sample. The method of sample sowing was hill dropping, 5-7 pieces of seeds per hole; row spacing was 70 cm; the distance between the holes was 30 cm, followed by a thinning out to one plant in the hole. The plot area was 4,2 m². The standard was sown after 6 samples. The preceding crop was winter wheat. During three years of the research, two local wild samples, Local 1 (-18 days) and Local 2 (-13 days) had the shortest growing season in comparison with the standard. On average, over 3 years of the research, the highest plant height was observed in sample 38051 from the Stavropol Territory and amounted to 135,3 cm, which was 20,6 centimeters higher than the standard. On average, during the same period of the research, the increase in hay yield ranged from 16,8 to 32,2 c/ha. The maximum increase in the hay yield was achieved by the samples of the sweet clover 38051 (+32,2%), 33942 (+16,8%), Local 1 (+17,6%). According to the studied parameters, three samples were singled out: 38051 (Stavropol Territory), 33942 (Ryazan Region) from the collection of All-Russian Research Institute of Plant Industry and a wild sample of the Stavropol Territory – Local 1. They showed the best results in the length of the growing season, plant height and hay yield, which would be involved in the further breeding process.

Keywords: parent material, annual white sweet clover, samples, collection of All-Russian Research Institute of Plant Industry, growing season, height, yield

For citation: Golub A.S., Chukhlebova N.S., Donets I.A., Isikova L.A. Study of collection samples of annual white sweet clover as a source of parent material for breeding forage grasses // Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 23-33. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/003.4.16.2023

Введение. В поставленных Правительством РФ стратегических задачах по импортозамещению большое внимание уделяется созданию новых сортов отечественной селекции, обеспечивающих продовольственную безопасность, в том числе созданию прочной кормовой базы для развития животноводческой отрасли (Стратегия развития агропромышленного комплекса РФ на период до 2030 года, распоряжение правительства РФ от 8.09.2022).

Поиск засухоустойчивой и высокобелковой бобовой культуры, которая занимала бы поле 1 год и по плодородию не уступала чистому пару, в условиях засушливых зон Ставропольского края является актуальным. Для условий данного региона, особенно на засоленных почвах, большую перспективу представляет кормовая бобовая культура донника (*Melilotus Desr.*).

По питательной ценности зелёная масса донника равна люцерне, клеверу, эспарцету: в 100 кг донникового силоса содержится 21,0 кормовая единица, 2,8 кг переваримого протеина и 6 г каротина – провитамина А [1, 2, 3]. В растениях донника содержится ароматическое вещество – кумарин, придающий приятный запах зелёной массе и заготавливаемым из неё кормам. Все виды кормов из донника охотно поедаются крупнорогатым скотом [4]. Учёные-ветеринары доказали, что кумарин «стимулирует работу желудочно-кишечного тракта жвачных животных и способствует лучшему перевариванию и освоению питательных веществ поедаемого корма». Донниковая солома – неплохой корм: в 100 кг её содержится 2,2 кг протеина, а овсяной – 1,7. В измельченном и запаренном виде её отлично поедают все виды животных, а овцы и лошади отлично употребляют её без какой-либо предварительной подготовки [5].

Донник характеризуется высокой продуктивностью и может широко использоваться для приготовления кормов [6, 7]. При закладке донника на сенаж листья сохраняются почти полностью, протеин и каротин разрушается значительно меньше, чем при силосовании – всё это делает закладку донника на сенаж перспективным способом использования на корм.

В настоящее время в решении задач повышения и стабилизации кормопроизводства важную роль играет обеспеченность семенами отечественных сортов. Негативные тенденции в использовании многолетних бобовых трав для производства качественных кормов выявлены, а производство семян на основе современных методов и технологий в наиболее благоприятных для их выращивания климатических зонах позволит решить проблему обеспеченности хозяйств посевным материалом [8].

Одним из принципов производства органической продукции в соответствии с законом об органическом сельском хозяйстве от 3 августа 2018 года № 280 ФЗ «Об органической продукции и внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» служит применение биологизированного земледелия, включающего использование бобовых культур, обладающих фитомелиоративными свойствами. Среди бобовых трав донник занимает особое место, так как одновременно сочетает ценнейшие качества агромелиоративной и кормовой культур [9].

Однолетний жизненный цикл донника хорошо вписывается в севообороты с короткой ротацией, что позволяет использовать его в почвозащитных и ресурсосберегающих технологиях. Посевные площади однолетних кормовых культур в хозяйствах Ставропольского края в 2022 году, в сравнении с 2021 годом, снизились на 7 тыс. га, поэтому использование белковой культуры донника белого в однолетних посевах становятся незаменимыми, так как снижение питательности кормов считается серьёзной проблемой в животноводстве.

Широкое внедрение донника в полевых и кормовых севооборотах сдерживается отсутствием районированных сортов, недостатком семенного материала и научно обоснованных элементов возделывания. Получение сложногибридных популяций донника путём энтомофильного спонтанного скрещивания является перспективным в селекционной работе. Донник белый однолетний как бобовая кормовая высокобелковая культура перспективна для возделывания в засушливых зонах края и засоленных почвах [10, 11, 12], является одним из лучших предшественников для зерновых культур, так как накапливает в почве экологически чистый азот [13, 14, 15]. Однолетний донник, как предшественник, занимает поле 1 год. В отличие от донника двулетних жизненных форм, его легко встраивать в любой севооборот.

В связи с отсутствием в Северо-Кавказском регионе однолетних сортов донника изучение и подбор перспективных новых генотипов для получения сортов актуально для науки и практики. Впервые в регионе изучен коллекционный материал Всесоюзного института растениеводства различного эколого-географического происхождения и местных популяций донника. В процессе изучения селекционного материала будут выделены перспективные генотипы с ценными хозяйственно полезными признаками в условиях Северо-Кавказского региона для получения нового сорта донника белого однолетнего.

Таким образом, донник белый однолетней жизненной формы представляет научный интерес при изучении исходного материала кормовых трав коллекции ФГБНУ «ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова» и дикорастущих местных популяций для получения новых однолетних сортов.

Цель исследования – оценка, изучение и подбор селекционного материала для создания новых сортов донника белого однолетнего для условий Центрального Предкавказья.

Материал и методы исследований. Исследования проходили с 2019 по 2021 год в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края на территории учебно-опытного хозяйства Ставропольского государственного аграрного университета. Исследования выполнены в рамках программы поддержки развития научных коллективов Ставропольского государственного аграрного университета, реализуемой при финансовой поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030».

Почвы опытного участка – чернозёмы выщелоченные, характеризующиеся высоким плодородием. Почвы отличаются высокой ёмкостью поглощения, обусловленной высоким содержанием высокодисперсных илистых частиц. Ёмкость поглощения пахотного слоя – 40 мг экв/100 г почвы. Выщелоченные чернозёмы характеризуются довольно высоким уровнем обеспеченности микроэлементами, из которых такие биологически активные элементы, как кобальт, медь, молибден и марганец, накапливаются примерно в одинаковых количествах по горизонтам почвенного профиля. По строению профиля выщелоченные чернозёмы близки к типичным чернозёмам [16]. Среднее содержание гумуса по Тюрину составляет 5,2–5,9 %, мощность гумусовых горизонтов – до 116 см. В метровом слое общие запасы гумуса достигают 424 т/га и более. Средняя нитрификационная способность – 16–30 мг/кг, среднее содержание подвижного фосфора по Мачигину – 18–28 мг/кг и повышенное содержание обменного калия по Масловой – 240–290 мг/кг.

Объектом исследований стали 16 сортообразцов донника белого однолетнего, отобранные из мировой коллекции ВИР: 11621 (Россия, Самарская обл.), 27414 (Ав-

стрия), 32687 (Китай), 33253 (Индия), 33254 (Индия), 33942 (Россия, Рязанская обл.), 34586 (Украина, Винницкая обл.), 35420 (Германия), 38051 (Россия, Ставропольский край), 38055 (Молдова), 40969 (Кыргызстан), 42978 (Россия, Новосибирская обл.), 44068 (Россия, Краснодарский край), 44136 (Аргентина), 46822 (Украина, Луганская обл.), а также 2 местных дикорастущих образца – Местный 1 и Местный 2. Закладка полевых опытов, учёты и наблюдения осуществлялись в соответствии с методическими указаниями [17, 18, 19, 20]. В фазе начала цветения зелёную массу образцов донника скашивали, высушивали до воздушно-сухой массы, затем взвешивали.

Статистическая обработка данных исследований выполнялась методом дисперсионного анализа для однофакторного опыта [21]. Посев образцов гнездовой, по 5–7 штук семян в лунку, с последующей прорывкой до одного растения в лунке, ширина междурядий – 70 см, расстояние между лунками – 30 см. Площадь делянки – 4,2 м². Стандарт высевали через 6 образцов. В качестве стандарта (контроль) использовали высокоурожайный сорт Бизон (Канада), предоставленный Кубанским генетическим банком семян. Предшественник – озимая пшеница.

Результаты исследований и их обсуждение. В 2019 году температурный режим в мае и июне превышал норму на 2,2 и 4,6 °С, в июле находился на уровне многолетних данных (таблица 1).

Количество осадков в мае составило 44 мм и июне – 28 мм, что на 19,1 и 58,1 мм ниже нормы. В июле показатель равнялся 73 мм, превысив норму на 18,4 мм. В сентябре осадков выпало 106 мм, опередив среднемноголетние данные на 64,0 мм, что способствовало накоплению запаса влаги в почве.

Таблица 1

Месячная температура воздуха за период проведения исследований, °С

Месяц	Год			Среднемноголетняя
	2019	2020	2021	
Апрель	9,5	8,6	9,7	8,6
Май	17,1	15,0	16,8	15,1
Июнь	23,9	21,3	20,3	19,0
Июль	21,8	24,9	25,0	21,9
Август	22,6	22,8	24,1	23,2
Сентябрь	16,4	19,7	14,3	16,0

ГТК вегетационного периода 2019 года был равен 0,7, в 2020 году июне – сентябре температура воздуха превышала норму на 1,9–3,1 °С. Количество осадков в мае (81 мм) и июле (62 мм) превысило нормативные показатели соответственно на 17,9 и 7,4 мм. ГТК вегетационного периода 2020 года составил 0,6. В 2021 году количество осадков в апреле (72 мм) и мае (112 мм) опередило среднемноголетние данные в 1,6 и 1,8 раза, в июле (75 мм) и сентябре (97 мм) на 20,4–55,0 мм превысило норму. Температурный режим с мая по август был выше среднемноголетние данные на 1,9–3,2 °С. ГТК вегетационного периода 2021 года составил 1,5 (таблица 2).

Таблица 2

Месячная сумма осадков за период проведения исследований, мм

Месяц	Год			Среднемноголетняя
	2019	2020	2021	
Апрель	22	8	72	53
Май	44	81	112	70
Июнь	28	80	68	90
Июль	73	62	75	53
Август	20	5	94	61
Сентябрь	106	3	97	54

Вегетационный период образцов донника белого за период исследования имел различия, так в условиях 2019 года максимальным он был у образцов 40969 (Кыргызстан) и 42978 (Новосибирская обл.) и составил 170 и 172 дня соответственно. Минимальный вегетационный период (148 и 150 дней) имели местные Ставропольские образцы донника белого однолетнего, существенной прибавкой (+17 дней) обладал образец Местный 1 (таблица 3.).

Таблица 3

Вегетационный период
коллекционных образцов донника белого однолетнего, дней

Сортообразцы	Год			Среднее
	2019	2020	2021	
Бизон, st	165	158	169	164
11621	163	159	164	162
27414	169	160	171	167
32687	153	144	156	152
33253	160	152	162	158
33254	157	150	160	156
33942	165	161	170	165
34586	167	160	172	166
35420	166	159	169	165
38051	158	151	163	157
38055	167	160	170	166
40969	170	163	174	169
42978	172	163	176	170
44068	161	152	163	159
44136	154	145	161	153
46822	162	153	166	160
Местный 1	148	140	151	146
Местный 2	150	146	157	151
НСР ₀₅	16,2	15,4	17,5	16,4

В крайне засушливом 2020 году, в сравнении с 2019 годом, вегетационный период образцов донника белого однолетнего оказался короче на 7-8 дней. Наименьшее значение по длине вегетативного периода имели образцы Местный 1 (140 дней) и 32687 (Китай) (144 дня), лишь Местный образец имел существенную прибавку (+18).

При избыточно-влажных условиях 2021 года вегетационный период образцов был более продолжительным и увеличился, в сравнении с 2020 годом, на 5–11 дней. Таким образом, ни один из изучаемых образцов не имел существенных различий. За 3 года исследований самым коротким вегетационным периодом обладали 2 местных образца.

Высота растений донника имеет большое значение для формирования надземной вегетативной кормовой массы. В наших опытах высота изучаемых образцов варьировала в 2019 году в пределах от 61,6 до 138,6 см. Существенную прибавку по величине данного показателя имели образцы 38051 (Россия, Ставропольский край) – 138,6 см и 33942 (Россия, Рязанская обл.) – 131,5 см, у которых прибавка, в сравнении с сортом Бизон – 118,4 см, была достоверной и составила 20,2 и 12,9 см соответственно (таблица 4).

Во 2-й год исследований максимальную высоту растений показали те же образцы российского происхождения, у которых линейный рост был существенно выше стандарта. В 2021 году высота растений изучаемых образцов сформировалась максимальной за все годы исследований. Так, в этом году самыми высокорослыми оказались растения образца 38051 из Ставропольского края, прибавка которого, по сравнению со стандартом, была математически доказуемой и составила 19,4 см.

В среднем за 3 года исследований наибольшей высота растений прослеживалась у образца 38051 из Ставропольского края, составив 135,3 см, что на 20,6 см выше показателя стандартного сорта.

Таблица 4

Высота растений коллекционных образцов донника белого однолетнего

Сортообразцы	Год			Среднее за 3 года
	2019	2020	2021	
Бизон, st	118,4	96,0	129,7	114,7
11621	120,9	98,5	132,2	117,2
27414	83,2	79,2	92,7	85,0
32687	76,0	60,1	84,1	73,4
33253	72,4	58,3	77,1	69,3
33254	73,5	55,8	82,2	70,5
33942	131,5	114,8	139,5	128,6
34586	86,2	65,8	97,9	83,3
35420	118,3	94,4	131,8	114,8
38051	138,6	118,3	149,1	135,3
38055	89,2	69,0	101,0	86,4
40969	72,4	56,0	85,3	71,2
42978	88,7	65,2	96,8	83,6
44068	93,3	75,0	106,2	91,5
44136	61,6	48,0	80,0	63,2
46822	87,3	64,2	98,4	83,3
Местный 1	125,2	102,7	136,8	121,6
Местный 2	117,5	98,7	131,5	115,9
НСР05	9,8	7,9	9,8	9,2

За годы исследований по урожайности сена выделились образцы Российского эколого-географического происхождения: 38051 (Ставропольского края), 33942 (Рязанская область) из коллекции ВИР и дикорастущий образец Ставропольского края – Местный 1. В среднем за 3 года исследований прибавка по урожайности сена была математически доказуемой составила от 16,8 до 32,2 ц/га. Максимальной прибавкой урожая обладали образцы донника 38051 (+32,2 %), 33942 (+16,8 %), Местный 1 (+17,6 %). Менее урожайными были остальные 13 образцов из изучаемой коллекции: их отставание по величине показателя находилось в пределах от 2,4 % до 45,1% (таблица 5).

Таблица 5

Урожайность сена образцов донника белого однолетнего, ц/га

Сортообразцы	Год			Среднее за 3 года	Прибавка, ± к контролю	
	2019	2020	2021		ц/га	%
Бизон, st	54,8	38,2	59,4	50,80	–	–
11621	55,7	40,3	60,5	52,15	+1,3	+2,66
27414	44,2	30,2	47,4	40,63	-10,2	-20,0
32687	38,5	25,0	40,6	34,74	-16,1	-31,6
33253	35,3	21,7	38,7	31,92	-18,9	-37,2
33254	36,5	20,6	40,9	32,71	-19,1	-35,6
33942	63,0	46,3	68,7	59,34	+8,5	+16,8
34586	41,6	25,2	47,3	38,02	-12,8	-24,8
35420	53,1	36,4	59,2	49,58	-1,22	-2,4
38051	70,9	55,8	74,8	67,17	+16,5	+32,2
38055	42,6	26,5	47,2	38,83	-12,0	-23,6
40969	35,0	19,0	39,1	30,99	-19,8	-39,0
42978	35,7	19,8	39,9	31,75	-19,1	-37,5
44068	45,8	32,1	50,7	42,88	-7,9	-15,6
44136	30,7	17,5	35,5	27,91	-22,9	-45,1
46822	40,2	23,8	44,7	36,17	-14,63	-28,8
Местный 1	63,4	48,2	67,5	59,73	+8,93	+17,6
Местный 2	52,6	36,5	56,6	48,55	-2,25	-4,4
НСР ₀₅	3,01	2,03	3,3	2,8	–	–

Закключение. Таким образом, при изучении исходного материала образцов донника белого однолетнего по хозяйственно ценным признакам (высота, длина вегетационного периода и урожайность сена) выделены 3 образца: 38051 (Ставропольского края), 33942 (Рязанская область) из коллекции ВИР и дикорастущий образец Ставропольского края – Местный 1. По длине вегетационного периода наиболее скороспелым является дикорастущий образец Ставропольского края – Местный 1 (146 дней). Самыми высокорослыми стали растения образца 38051 (Ставропольский края) – 135,3 см. Вышеназванные образцы имели высокую урожайности сена – 67,2; 59,3 и 59,7 ц/га соответственно. Именно они будут использованы в дальнейшей селекционной работе с целью получения нового сорта донника белого однолетнего для условий региона.

Список источников

1. Казарина А.В., Марунова Л.К., Абраменко И.С. Достоинства нового сорта донника белого однолетнего «Заволжский» // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 11-1 (38), 2019. doi: 10.24411/2500-1000-2019-11695.
2. Чумакова В.В., Чумаков В.Ф., Деревянникова М.В./Сорта кормовых трав как фактор и ресурс инновационного развития регионального кормопроизводства / В.В. Чумакова, В.Ф. Чумаков, М.В. Деревянникова, Н.С. Лебедева, Т.М. Миронова, С.А. Сухарев, Е.А. Годин // Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 4 (15). С. 38–48. doi:10.25930/2687-1254/004.4.15.2022.
3. Казарина А.В., Марунова Л.К., Абраменко И.С. Оценка сортов донника белого однолетнего (*Melilotus albus medik.*) на устойчивость к хлоридному засолению / А.В. Казарина, Л.К. Марунова, И.С.Абраменко, Е.А. Атакова // Земледелие. 2021. № 8. С. 37–40. doi:10.24412/0044-3913-2021-8-37-40.
4. Дридигер В.К. Донник: монография // Ставрополь: Изд-во Ставропольского гос. аграрного ун-та АГРУС, 2014. 256 с. ISBN 978-5-9596-0997-9.
5. Nair R. M. et al. Variation in coumarin content of *Melilotus* species grown in South Australia [Текст] / R.M. Nair // New Zealand Journal of Agricultural Research. – 2010 – №. 3 – pp. 201-213. doi:10.1080/00288233.2010.495743
6. Комахин П. И., Анисимов А. А., Золотарев В. Н. Основные результаты селекции, семеноводства и лугового кормопроизводства на племенном заводе «Пойма» – филиале ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» // Кормопроизводство, 2022. № 9, стр. 3-11. doi:10.25685/KRM.2022.32.32.001. ISSN 1562-0417.
7. Влияние элементов технологии возделывания на продуктивность нового сорта донника желтого в условиях Ставропольского края / Н.С. Чухлебова, И.А. Донец, А.С. Голубь и др. // Земледелие. 2022. № 8. С. 22–25. doi: 10.24412/0044-3913-2022-8-22-25.
8. Золотарев В. Н., Трухан О. В., Комахин П. И., Козлова Т. В. Исторические аспекты, состояние и перспективы развития семеноводства кормовых трав в России – Кормопроизводство № 7, 2022, стр. 3–9. ISSN 0235-2540.
9. Подласова Е.Ю., Лебедев С.В., Поберухин М.М. Эффективность предпосевной обработки семян однолетних культур при производстве зелёных кормов // Животноводство и кормопроизводство, 2021, Том 104. №1, стр. 149–153. doi: 10.33284/2658-3135-104-1-149.
10. Азотфиксирующая способность и роль бобовых трав в биологизации земледелия / А.Ф. Степанов, С.П. Чибис, В.В. Христич и др. // Земледелие. 2023. № 1. С. 18–22. doi: 10.24412/0044-3913-2023-1-18-22.
11. Чухлебова Н.С., Дридигер В.К., Голубь А.С. Посевные качества и полевая всхожесть семян донника на черноземе выщелоченном. Вестник АПК, 2014. № 4 (16). С. 207–212.
12. Гуляев Г.В., Гужов Ю. Л. Селекция и семеноводство полевых культур. 3-е издание. М.: Агропромиздат, 1987. С. 447.
13. Казарина А.В., Марунова Л.К., Атакова Е.А. Изучение перспективных сортов донника белого однолетнего (*Melilotus albus Medik.*) в условиях Среднего Поволжья // Земледелие. 2022. № 8. С. 39–43. doi: 10.24412/0044-3913-2022-8-39-43.
14. Elements cultivation technology optimization of *Melilotus albus medik.* in the middle volga region Kazarin V.F., Kazarina A.V. В сборнике: Biological Systems, Biodiversity and Stability Of Plant Communities. New York, 2015. С. 333-342.
15. Chukhlebova N.S., Donets I.A., Golub A.S. Studying the source material for yellow melilot selection Chukhlebova N.S., Donets I.A., Golub A.S., Mukhina O.V. В сборнике: E3S WEB OF CONFERENCES. International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2021). 2021. С. 02019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128502019>.
16. Цховребов В.С., Новиков А.А., Калугин Д.В. Основные экологические проблемы почв Ставропольского края. Наука. Инновации. Технологии. 2014. №4. С.167–177. ISSN 2308-4758 (Print).
17. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1.2019.384с.

18. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Россельхозакадемия, 1997. 156 с.
19. Методические указания по изучению коллекции многолетних кормовых трав / ВИР имени Н.И. Вавилова. Л., 1979.- 39 с.
20. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / РАСХН; ВНИИ кормов. – М., 1997. – 155 с.
21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. 6-е изд. М.: Альянс, 2011. 351 с. ISBN 978-5-903034-96-3 (в пер.).

References

1. Kazarina A.V., Marunova L.K., Abramenko I.S. Advantages of a new variety of annual white sweet clover “Zavolzhskii” International Journal of Humanities and Natural Sciences. 11-1 (38), 2019. doi: 10.24411/2500-1000-2019-11695.
2. Chumakova V.V., Chumakov V.F., Derevyannikova M.V./Varieties of fodder grasses as a factor and resource of innovative development of regional fodder production / V.V. Chumakova, V.F. Chumakov, M.V. Derevyannikova, N.S. Lebedeva, T.M. Mironova, S.A. Sukharev, E.A. Godin // Agricultural Journal. 2022. No. 4 (15). pp. 38-48. doi:10.25930/2687-1254/004.4.15.2022.
3. Kazarina A.V., Marunova L.K., Abramenko I.S. Evaluation of varieties of annual white sweet clover (*Melilotus albus medik.*) on resistance to chloride salinity /A.V. Kazarina, L.K. Marunova, I.S. Abramenko, E.A. Atakov //Zemledelie. 2021. No. 8. pp. 37-40. doi:10.24412/0044-3913-2021-8-37-40.
4. Dridiger V.K. Sweet clover: monograph // Stavropol: Publishing House of the Stavropol State Agrarian University AGRUS, 2014. 256 p.
5. Nair R. M. et al. Variation in coumarin content of *Melilotus* species grown in South Australia / R.M. Nair // New Zealand Journal of Agricultural Research. – 2010 – No. 3 – pp. 201-213. doi:10.1080/00288233.2010.495743.
6. Komakhin P. I., Anisimov A. A., Zolotarev V. N. Main results of breeding, seed production and meadow forage production at the breeding farm “Poima” – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology // Fodder production, 2022. No. 9, pp. 3-11. doi:10.25685/KRM.2022.32.32.001. ISSN 1562-0417.
7. Influence of elements of cultivation technology on the productivity of a new variety of yellow sweet clover in the conditions of the Stavropol Territory / N.S. Chukhlebova, I.A. Donets, A.S. Golub et al. // Zemledelie. 2022. No.8. pp. 22-25. doi: 10.24412/0044-3913-2022-8-22-25.
8. Zolotarev V. N., Trukhan O. V., Komakhin P. I., Kozlova T. V. Historical aspects, state and prospects of development of seed production of fodder grasses in Russia – Fodder production No. 7, 2022, pp. 3-9. ISSN 0235-2540
9. Podlasova E.Yu., Lebedev S.V., Poberukhin M.M. Efficiency of pre-sowing treatment of seeds of annual crops in the production of green fodder // Animal husbandry and fodder production, 2021, Volume 104. No. 1, pp. 149-153. doi: 10.33284/2658-3135-104-1-149.
10. Nitrogen-fixing ability and the role of legume grasses in the biologization of agriculture / A.F. Stepanov, S.P. Chibis, V.V. Khristich et al. // Zemledelie. 2023. No. 1. pp. 18-22. doi: 10.24412/0044-3913-2023-1-18-22.
11. Chukhlebova N.S., Dridiger V.K., Golub A.S. Sowing qualities and field germination of sweet clover seeds on leached chernozem. Bulletin of the Agro-industrial Complex, 2014. No.4(16). pp. 207-212.
12. Guliaev G.V., Guzhov Yu. L. Breeding and seed production of field crops. 3rd edition. Moscow: Agropromizdat, 1987. p. 447.
13. Kazarina A.V., Marunova L.K., Atakova E.A. Study of promising varieties of annual white sweet clover (*Melilotus albus Medik*) in the conditions of the Middle Volga region // Zemledelie. 2022. No.8. pp. 39–43. doi: 10.24412/0044-3913-2022-8-39-43.
14. Elements cultivation technology optimization of *Melilotus albus medik.* in the middle volga region

- Kazarin V.F., Kazarina A.V. In the collection: Biological Systems, Biodiversity and Stability Of Plant Communities. New York, 2015. pp. 333-342.
15. Chukhlebova N.S., Donets I.A., Golub A.S. Studying the source material for yellow melilot selection Chukhlebova N.S., Donets I.A., Golub A.S., Mukhina O.V. In the collection: E3S WEB OF CONFERENCES. International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2021). 2021. P. 02019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128502019>.
16. Tskhovrebov V.S., Novikov A.A., Kalugin D.V. Main ecological problems of soils of the Stavropol Territory. Science. Innovation. Technologies. 2014. No. 4. pp. 167–177. ISSN 2308-4758 (Print).
17. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue 1.2019. 384 p.
18. Guidelines for conducting field experiments with forage crops. Moscow: Russian Agricultural Academy, 1997. 156 p.
19. Guidelines for the study of the collection of perennial forage grasses / Vavilov All-Russian Scientific Research Institute of Plant Industry L., 1979. - 39 p.
20. Guidelines for conducting field experiments with fodder crops / Russian Academy of Agricultural Sciences; All-Russian Scientific Research Institute of Fodder. – M., 1997. – 155 p.
21. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment with the basics of statistical processing of research results. 6th ed. Moscow: Alians, 2011. 351 p. ISBN 978-5-903034-96-3.

Информация об авторах

Анна Сергеевна Голубь, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, 8-905-411-41-21; annagolub26rus@mail.ru

Нина Стефановна Чухлебова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, 8-988-701-56-95stefanovna@yandex.ru

Инна Анатольевна Донец, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, 8-905-465-57-57; donets.inna.stav@mail.ru

Лолита Александровна Искова, аспирант 2-го года обучения, 8-961-484-04-73; ms.dawnpaw@mail.ru

Information about the authors

A.S. Golub, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, 8-905-411-41-21; annagolub26rus@mail.ru

N.S. Chukhlebova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, 8-988-701-56-95; stefanovna@yandex.ru

I.A. Donets, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, 8-905-465-57-57; donets.inna.stav@mail.ru

L.A. Isikova, postgraduate student of the 2nd year of study, 8-961-484-04-73, ms.dawnpaw@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.10.2023; одобрена после рецензирования 24.10.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 10.10.2023; approved after reviewing 24.10.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.34-43
Agricultura ljournal. 2023; 16 (4). P.34-43

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Научная статья

УДК633.1163249:631.895:631.16

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/004.4.16.2023

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ

**Калашникова Анастасия Александровна, Симатин Тихон Викторович,
Оганян Лусине Робертовна, Ерошенко Федор Владимирович,
Сторчак Ирина Геннадьевна**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, г. Михайловск,
E-mail: info@fnac.center

Аннотация. В последние годы в России наблюдается увеличение интереса к полифункциональным препаратам – их активно стали использовать в сельском хозяйстве. Эти препараты представляют собой новое поколение регулирующих рост веществ, обладающих не только высокой эффективностью, но и способностью справиться с несколькими проблемами одновременно. Современные препараты становятся незаменимым инструментом для обеспечения высокой продуктивности и устойчивого развития сельского хозяйства в нашей стране, поэтому целью наших исследований стало проведение анализа экономической эффективности при использовании полифункциональных препаратов для предпосевной обработки семян. Исследования проводили в 2019–2022 гг. на опытном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр», расположенного в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Объект исследования – среднерослый сорта озимой пшеницы Ставка (разновидность лютеценс) и низкорослый Виктория 11 (разновидность эритроспермум). Предшественник – озимая пшеница. Фон минерального питания – $N_{120}P_{60}K_{60}$. Наибольшая прибавка урожайности – на 9,4% относительно контрольного варианта – у сорта Виктория 11 была получена при применении препаратов Альфастим и Икар ФостоСидс. У сорта Ставка использование полифункционального препарата Альфастим позволило получить урожайность 4,77 т/га, что выше контрольного варианта на 9,2%. Количество сырой клейковины в среднем за годы исследований у сорта Ставка составило 28,2%, у сорта Виктория 11 – 28,7%. Показатель ИДК у сорта Ставка находился в пределах от 83,7 ед. (Спринталга) до 90 ед. (Биодукс), у сорта Виктория 11 – от 87,3 до 93,0 ед. (Икар ФостоСидс и Биодукс). Анализ экономической эффективности применения полифункциональных препаратов на озимой пшенице показал, что средняя рентабельность у низкорослого сорта Виктория 11 составила 67,9 %, что на 12,4 % больше, чем рентабельность у среднерослого сорта Ставка. Наибольшая прибыль с 1 га получена при обработке семян полифункциональным препаратом Альфастим как у сорта Ставка, так и у сорта Виктория 11.

Ключевые слова: озимая пшеница, полифункциональные препараты, урожайность, экономическая эффективность

Для цитирования: Экономическая эффективность предпосевной обработки семян озимой пшеницы полифункциональными препаратами / А.А. Калашникова, Т.В. Симатин, Л.Р. Оганян, Ф.В. Ерошенко, И.Г. Сторчак // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 34-43. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/004.4.16.2023

Agronomy, forestry and water industry

Original article

ECONOMICAL EFFECTIVENESS OF THE PRE-SOWING SEED TREATMENT OF WINTER WHEAT WITH POLYFUNCTIONAL AGENTS

Anastasia A. Kalashnikova¹, Tikhon V. Simatin¹, Lusine R. Oganian¹, Fedor V. Eroshenko¹, Irina G. Storchak¹

¹ FSBSI "North Caucasus Federal Agricultural Research Centre", Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk, E-mail: info@fnac.center

Abstract. In recent years, there has been growing interest in polyfunctional agents in Russia. They have been actively used in agriculture. These agents represent a new generation of growth regulating substances that are not only highly effective, but also have the ability to cope with several problems at the same time. Modern agents are becoming an indispensable tool for ensuring high productivity and sustainable development of agriculture in our country. Therefore, the purpose of our research was to analyze the economical effectiveness of using polyfunctional agents for the pre-sowing seed treatment. The research was carried out in 2019-2022 on the experimental field of the FSBSI "North Caucasus Federal Agricultural Research Centre", which was located in the instable humidity zone of the Stavropol Territory. The object of the study was the medium-sized winter wheat variety Stavka (*Lutescens* variety) and the flat-growing Viktoriia 11 variety (*Erythrospermum* variety). The predecessor was winter wheat. Mineral nutrition background was N₁₂₀P₆₀K₆₀. The greatest increase in yield, by 9,4% relative to the control variant, in Viktoriia 11 variety was obtained with the use of Alfastim and Ikar Fosto Seeds. The use of the polyfunctional agent Alfastim in Stavka variety made it possible to obtain a yield of 4,77 t/ha, which was 9,2% higher than the control variant. The average amount of crude gluten over the years of the research in Stavka variety was 28,2%, in Viktoriia 11 variety – 28,7%. The FDM parameter for Stavka variety ranged from 83,7 units (Sprintalga) up to 90 units (Biodux), in Viktoriia 11 variety – from 87,3 to 93,0 units (Ikar Fosto Seeds and Biodux). An analysis of the economical effectiveness of using polyfunctional agents on winter wheat showed that the average profitability of the flat-growing variety Viktoriia 11 was 67,9%, which was 12,4% more than the profitability of the medium-sized variety Stavka. The greatest profit per 1 hectare was obtained when treating seeds with the polyfunctional agent Alfastim for both Stavka and Viktoriia 11 varieties.

Key words: winter wheat, polyfunctional agents, yield, economical effectiveness

For citation: Economical effectiveness of the pre-sowing seed treatment of winter wheat with polyfunctional agents / A.A. Kalashnikova, T.V. Simatin, L.R. Oganian, F.V. Eroshenko, I.G. Storchak // Agricultural journal. 2023; 16 (4). P.34-43. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/004.4.16.2023

Введение. В последние годы в России наблюдается увеличение интереса к полифункциональным препаратам – их активно стали использовать в сельском хозяйстве. Эти препараты представляют собой новое поколение средств, обладающих не только высокой эффективностью, но и способностью активизировать многие обменные процессы. Одной из ключевых областей применения полифункциональных препаратов является растениеводство. Они способны одновременно выполнять функции защиты растений от вредителей и болезней, стимуляции их роста и развития, а также повышения урожайности[1]. Благодаря этому сельскохозяйственные предприятия получают возможность сократить затраты на приобретение и применение различных химических и биологических средств защиты растений[2-3].

Кроме того, использование полифункциональных препаратов позволяет сократить воздействие негативных факторов окружающей среды. Вместо применения нескольких различных препаратов, которые могут содержать опасные химические вещества, фермеры и сельхозпредприятия могут обойтись одним препаратом, выполняющим все необходимые функции. Это способствует уменьшению загрязнения почвы, воды и воздуха, а также снижению риска для биоразнообразия [4].

Одно из важных преимуществ полифункциональных препаратов – их экономическая эффективность. За счёт сокращения числа применяемых препаратов и упрощения технологий обработки растений товаропроизводитель существенно снижает затраты на защиту и уход за культурами. Это особенно актуально для малых и средних производств, которые не всегда могут себе позволить использовать большое количество различных химических препаратов [5-6].

Однако, несмотря на все преимущества полифункциональных препаратов, их использование требует ответственного и грамотного подхода. Сельскохозяйственные предприятия должны точно соблюдать инструкции по применению, правила технологии обработки, а также проводить тщательный контроль за использованием препаратов, чтобы избежать возможных негативных последствий для окружающей среды и здоровья человека [7].

На данный момент известно более 8000 соединений (химических, микробных и растительного происхождения), оказывающих влияние на рост и развитие растений. Однако лишь мизерное количество из них – всего 5% – широко применяется на практике[8-9].

Широкое использование многофункциональных препаратов в основном осуществляется в соответствии с рекомендациями производителей, без учёта особенностей технологий возделывания, сортового разнообразия и условий почвы и климата региона.

Цель исследований – проведение анализа экономической эффективности при использовании полифункциональных препаратов для предпосевной обработки семян.

Материал и методы исследований. Исследования проводили в 2019–2022 гг. на опытном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр», расположенного в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Объект исследования – сорта озимой пшеницы: среднерослый Ставка (разновидность лютеценс) и низкорослый Виктория 11 (разновидность эритроспермум). Предшественник – озимая пшеница. Фон минерального питания – $N_{60}P_{60}K_{60}$ (нитроаммофоска) перед посевом и N_{60} (аммиачная селитра) ранней весной (рекомендованный для зоны возделывания). Обработка семян проводилась препаратами: Альфастим в дозировке 0,05 л/т, Икар ФостоСидс– 0,5 л/т, Спринталга– 0,5 л/т и Биодукс– 3 мл/т. Учёт биологического урожая и изучение его структуры проводили путём анализа снопового материала, отби-

раемого в фазу полной спелости культуры с площади 0,25 м² по вариантам опыта в 3-кратной повторности. Технологическое качество зерна изучали в соответствии с требованиями ГОСТ 9353-2016. Результаты обрабатывались статистически по Доспехову Б.А. [10]. Экономическую эффективность определяли по методике, утвержденной ВНИИЭСХ [11].

Сложившиеся агроклиматические условия 2019/2020 сельскохозяйственного года отрицательно отразились на росте и развитии растений озимой пшеницы. Так, в осенний период температура воздуха была близка к климатической норме, а недобор осадков составил 5%. В зимний период осадков выпало меньше среднемноголетних значений на 28%, а температура воздуха превышала климатическую норму на 2,8 °С. В весенне-летний период осадков наблюдалось на 16,2% меньше климатической нормы, что привело к почвенной засухе. ГТК за период июль – октябрь равнялся 0,65. Условия 2020/2021 сельскохозяйственного года в целом складывались благоприятно для развития посевов озимой пшеницы: температура воздуха превышала климатическую норму всего на 1,3 °С, количество выпавших осадков составило 563,2 мм при норме 562,5 мм. ГТК за период июль – октябрь равнялся 0,8. Метеорологические условия 2021/2022 сельскохозяйственного года были лучше климатической нормы как по температуре, так и по осадкам: среднегодовая температура воздуха была выше на 12%, количество осадков – на 20,7%. ГТК за период июль – октябрь был равен 1,09 (таблица 1).

Таблица 1

Метеорологические условия в годы проведения исследований
(по данным метеостанции г. Ставрополя)

Месяц	2019-2020 гг.		2020-2021 гг.		2021-2022 гг.		Климатическая норма (1981–2011 гг.)	
	Температура	Осадки	Температура	Осадки	Температура	Осадки	Температура	Осадки
VII	21,5	73,3	24,9	61,6	24,8	75,5	22,3	56,9
VIII	22,5	19,6	22,8	5,0	24,1	94,3	21,8	42,5
IX	16,3	106,0	19,7	2,9	14,3	97,0	16,4	46,8
X	12,8	27,3	14,6	8,3	8,4	30,6	10,0	49,1
XI	4,3	1,9	3,2	52,7	5,6	39,8	3,2	45,0
XII	1,8	6,8	-1,4	6,9	2,3	14,9	-0,6	36,2
I	-0,1	32,6	0,4	32,1	-0,5	35,1	-2,4	27,0
II	1,2	26,5	-1,6	90,9	2,8	25,2	-2,4	28,2
III	6,7	12,8	0,8	50,3	-0,2	28,4	2,3	35,0
IV	8,6	7,7	9,8	72,4	12,0	26,6	9,5	44,5
V	15,1	78,9	16,7	112,4	13,0	113,3	14,9	67,1
VI	21,3	80,2	20,3	67,7	21,4	98,0	19,2	84,2
Среднее	11,0	473,6	10,9	563,2	10,7	678,7	9,5	562,5

Результаты исследований и их обсуждение. За период проведения исследований наибольшую урожайность получили сорта Виктория 11 – 4,87 т/га, что выше показателей сорта Ставка на 4,6%. На варианте без обработки семян урожайность сорта Виктория 11 также была выше на 4,2 % сорта Ставка. Наибольшая прибавка урожайности – на 9,4% относительно контрольного варианта – отмечена у сорта Виктория 11 на вариантах с применением препаратов Альфастим и Икар ФостоСидс. Использование препаратов Биодукс и Спринталга позволили получить прибавку урожайности относительно варианта без применения полифункциональных препаратов на 7,0% и 6,9% соответственно.

У сорта Ставка обработка семян полифункциональным препаратом Альфастим способствовала получению урожайности в 4,77 т/га, что выше контрольного варианта на 9,2%. При применении препаратов Икар ФостоСидс, Биодукс и Спринталга получили прибавку урожайности 8,2%, 7,0% и 6,7% соответственно (таблица 2).

Таблица 2

Урожайность озимой пшеницы сорта Ставка (среднее за 2019–2022 гг.)

Наименование	Ставка		Виктория 11	
	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га
Контроль	4,37	–	4,56	–
Альфастим	4,77	0,40	5,00	0,43
Икар ФостоСидс	4,73	0,36	4,99	0,43
Спринталга	4,68	0,32	4,90	0,34
Биодукс	4,70	0,34	4,92	0,35
Среднее	4,65	0,36	4,87	0,39

В среднем за годы исследований количество сырой клейковины в зерне у сорта Ставка составило 28,2%, а у сорта Виктория 11 – 28,7 % (таблица 3). Наибольшее значение данного показателя у среднерослого сорта получено на варианте без применения полифункциональных препаратов. У низкорослого сорта максимальное значение сырой клейковины (29,7%) отмечено при предпосевной обработке семян препаратом Биодукс. Применение препарата Альфастим позволило увеличить значение результата на 0,9% относительно контрольного варианта.

В среднем за 2019–2022 годы показатель ИДК у сорта Ставка находился в пределах от 83,7 ед. (Спринталга) до 90 ед. (Биодукс), а у сорта Виктория 11 – от 87,3 ед. на варианте с применением препарата Икар ФостоСидс до 93,0 ед. при обработке семян препаратом Биодукс.

Известно, что важным показателем качества зерна является стекловидность, зависящая от сортовых особенностей и условий возделывания [12–15]. Наши исследования показали, что у среднерослого сорта значения данного показателя находятся в пределах от 34,7% при применении препарата Альфастим до 42,2% при использовании Биодукса. У низкорослого сорта максимальное значение общей стекловидности (36,7 %) получено при предпосевной обработке семян препаратом Биодукс, минимальное (34,0%) – при применении полифункционального препарата Икар ФостоСидс.

Таблица 3

Показатели качества зерна озимой пшеницы в среднем за 2019–2022 гг.

Наименование	Сырая клейковина, %	Показатель ИДК	Группа ИДК	Общая стекловидность, %
Ставка				
Контроль	28,8	90,0	II	37,3
Альфастим	28,5	87,7	II	34,7
Икар ФостоСидс	27,9	92,7	II	39,5
Спринталга	27,4	83,7	II	36,7
Биодукс	28,2	90,0	II	42,2
Среднее значение	28,2	88,8	II	38,1
Виктория 11				
Контроль	28,4	93,3	II	31,8
Альфастим	29,3	89,7	II	36,5
Икар ФостоСидс	27,9	87,3	II	34,0
Спринталга	28,2	88,3	II	34,5
Биодукс	29,7	93,0	II	36,7
Среднее значение	28,7	90,33	II	34,7

Применение исследуемых препаратов на посевах озимой пшеницы у сорта Виктория 11 способствовало увеличению прибыли в расчете на 1 га посевной площади от 28634,5 руб. (Биодукс) до 30597,8руб. (Альфастим), или на18,2–26,3%, по сравнению с контролем, у сорта Ставка – на 19,6–27,0% (25683,9 руб. – Спринталга и 27262,8 руб. – Альфастим) (таблица 4).

Таблица 4

Экономическая эффективность применения полифункциональных препаратов на озимой пшенице

Наименование препарата	Валовый доход с 1 га, руб.	Себестоимость с 1 га, руб.	Себестоимость с 1 т, руб.	Прибыль с 1 га, руб.	Прибыль с 1 т, руб.	Уровень рентабельности, %
Сорт Ставка						
Контроль	63565,0	41897,1	9587,4	21467,9	4912,6	51,2
Альфастим	69165,0	41902,2	8784,5	27262,8	5715,5	65,1
Икар ФостоСидс	68585,0	42160,4	8913,4	26424,6	5586,6	62,7
Спринталга	67860,0	42176,1	9012,0	25683,9	5488,0	60,9
Биодукс	68150,0	41980,5	8932,0	26169,5	5568,0	62,3
Сорт Виктория 11						
Контроль	66150,0	41897,1	9188,0	24222,9	5312,0	57,8
Альфастим	66120,0	41902,2	8380,4	30597,8	6119,6	73,0
Икар ФостоСидс	72500,0	42160,4	8449,0	30194,6	6051,0	71,6
Спринталга	72500,0	42176,1	8572,4	29163,9	5927,6	69,1
Биодукс	72355,0	41980,5	8620,2	28634,5	5879,8	68,2

*Цена реализации 1 т/га – 14500 руб.

Наибольшая рентабельность у изученных сортов получена при обработке семян препаратом Альфастим у сорта Ставка значение данного показателя составило 65,1%, а у сорта Виктория 11 – 73,0%. Использование таких препаратов, как Икар ФостоСидс и Биодукс, на высокорослом сорте позволило увеличить уровень рентабельности относительно контрольного варианта на 11,5% и 11,1% соответственно. При предпосевной обработке семян полифункциональным препаратом Спринталга уровень рентабельности относительно контроля вырос на 9,7%.

У низкорослого сорта Виктория 11 применение препарата Икар ФостоСидс позволило получить рентабельность 71,6%, что превысило контрольный вариант на 13,8%. Препараты Спринталга и Биодукс увеличили этот показатель на 11,3% и 10,4% соответственно.

Следует отметить, что для низкорослого сорта применение всех полифункциональных препаратов – высокоэффективный приём технологии возделывания.

Заключение. В среднем за годы исследований наибольшую урожайность получили от сорта Виктория 11 (4,87 т/га), что выше результата сорта Ставка (4,65 т/га) на 4,6%. Наибольшая прибавка урожайности – на 9,4% относительно контрольного варианта – у сорта Виктория 11 получена при применении препаратов Альфастим и Икар ФостоСидс. У сорта Ставка обработка семян полифункциональным препаратом Альфастим позволила добиться урожайности 4,77 т/га, что выше контрольного варианта на 9,2%. В среднем за годы исследований количество сырой клейковины у сорта Ставка составило 28,2%, у сорта Виктория 11 – 28,7 %. Показатель ИДК у сорта Ставка находился в пределах от 83,7 ед. (Спринталга) до 90 ед. (Биодукс), у сорта Виктория 11 – от 87,3 ед. (Икар ФостоСидс) до 93,0 ед. (Биодукс). У среднерослого сорта общая стекловидность находилась в пределах от 34,7% при применении препарата Альфастим до 42,2 % с использованием Биодукс. У низкорослого сорта максимальное значение данного показателя (36,7 %) получено при предпосевной обработке семян препаратом Биодукс, минимальное значение (34,0%) – при применении препарата Икар ФостоСидс. Анализ экономической эффективности применения полифункциональных препаратов на озимой пшенице показал, что средняя рентабельность у низкорослого сорта Виктория 11 составила 67,9 %, что на 12,4 % больше, чем рентабельность среднерослого сорта Ставка. Наибольшая прибыль с 1 га получена при обработке семян полифункциональным препаратом Альфастим как у сорта Ставка, так и у сорта Виктория 11.

Список источников

1. Влияние полифункциональных препаратов на урожай и качество зерна озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А.А. Калашникова, Т.В. Симатин, Ф.В. Ерошенко, И.Г. Сторчак // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 2(16). С. 27–36. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/003.2.16.2023.
2. Эффективность органоминеральных удобрений на основе морских водорослей /А.В. Ермилов, Р.А. Каменев, В.В. Турчин, В.К. Каменева // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2022. № 3(45). С. 33–39.
3. Иванченко Т.В., Игольников И.С. Влияние регуляторов роста на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2018. №1(49). С. 101–108. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-02-101-108.
4. Эффективность предпосевной обработки семян новых сортов яровой пшеницы биологическими препаратами и химическими протравителями / Ф. С. Султанов, А. А. Разина, О. Б. Габдрахимов, О. Г. Дятлова // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 3. С.

33–38. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10306.

5. Семенюк О.В., Оганян Л.Р., Суркова Е.В. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы с применением жидких комплексных органоминеральных удобрений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 76. С. 85–90. DOI: 10.21515/1999-1703-76-85-90.

6. Смольский Е. В., Чирков Е. П., Шаповалов В. Ф. Экономическая эффективность систем удобрения при выращивании озимой пшеницы в условиях радиоактивного загрязнения территории // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2(90). С. 8–13. DOI 10.52691/2500-2651-2022-90-2-8-13.

7. Зеленев А.В., Игольникова Л.В., Смутнев П.А. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы в Нижнем Поволжье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 64–74. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-06.

8. Формирование продукционного процесса суданской травы в зависимости от удобрений и стимулятора роста на орошаемых землях Нижнего Поволжья / Ю.Н. Плескачев, Ю.А. Лаптина, Н.А. Куликова, О.Г. Гиченкова // Проблемы развития АПК региона. 2021. № 2 (46). С. 90–97. DOI: 10.52671/20790996_2021_2_90.

9. Давидянц Э.С. Влияние регуляторов роста растений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на фоне ранневесенней азотной подкормки. Агрохимия. 2022. № 6. С. 45–50. DOI: 10.31857/S0002188122060047.

10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований): учебник. 6-е изд. – М: Альянс, 2011. 352 с.

11. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / А.В. Шпилько, В.И. Драгайцев, П.Ф. Тулапин, Ю.И. Бершицкий и др.; МСХ и П., ВНИИЭСХ. – М.: ГП УСЗ Минсельхозпрома России, Аграрная наука, 1998. Ч.1. 220 с.

12. Соколенко Н. И., Галушко Н. А., Комаров Н. М. Источники высокого качества зерна в селекции озимой мягкой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3(27). С. 164–171. DOI 10.33952/2542-0720-2021-3-27-164-171.

13. Dilmurodovich D. S., Bekmurodovich B. N., Shakirjonovich K. N. Winter bread wheat grain quality depends on different soil-climate conditions // International journal of discourse on innovation, integration and education. 2020. - Vol. 1. - №. 5. - P. 377-380.

14. Effect of Electromagnetic Irradiation of Emmer Wheat Grain on the Yield of Flattened Wholegrain Cereal / N. Osokina, V. Liubych, V. Novikov [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6, No. 11-108. P. 17-26. DOI 10.15587/1729-4061.2020.217018.

15. Increased grain protein and gluten contents of bread wheat caused by introgression of a T. timopheevii segment into chromosome 2A / L. V. Shchukina, A. V. Simonov, M. A. Demenkova [et al.] // Euphytica. 2022. Vol. 218, No. 12. DOI 10.1007/s10681-022-03121-w.

References

1. The influence of multifunctional preparations on the yield and quality of winter wheat grain in the zone of unstable moisture in the Stavropol Territory / A.A. Kalashnikova, T. V. Simatin, F.V. Eroshenko, I.G. Storchak // Agricultural Journal. – 2023. No. 2(16). pp. 27-36. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/003.2.16.2023.

2. Efficiency of organomineral fertilizers based on seaweed in the cultivation of winter wheat in the conditions of the Rostov region / A.V. Ermilov, R.A. Kamenev, V.V. Turchin, V.K.

Kameneva // Bulletin of Don State Agrarian University. 2022. No. 3(45). pp. 33-39.

3. Ivanchenko T.V., Igolnikova I.S. Influence of growth regulators on the productivity and grain quality of winter wheat in the conditions of the Lower Volga region // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2018. No. 1(49). pp. 101-108. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-02-101-108.
4. Sultanov F.S., Razina A.A., Gabdrakhimov O.B., Diatlova O.G. Effectiveness of presowing seed treatment of new varieties of spring wheat with biological preparations and chemical disinfectants // Achievements of Science and Technology of AIC. 2021. V. 35, No. 3. pp. 33–38. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10306.
5. Semeniuk O.V., Oganian L.R., Surkova E.V. Economic efficiency of winter wheat cultivation with the use of liquid complex organomineral fertilizers // Works of the Kuban state agrarian university. 2019. No. 76. pp. 85-90. DOI: 10.21515/1999-1703-76-85-90.
6. Smolskii E. V., Chirkov E. P., Shapovalov V. F. Economic efficiency of fertilizer systems when growing winter wheat in conditions of radioactive contamination of the territory. Vestnik of the Bryansk state agricultural academy. 2022. No. 2(90). pp. 8-13. DOI 10.52691/2500-2651-2022-90-2-8-13.
7. Zelenov A.V., Igolnikova L.V., Smutnev P.A. Effectiveness of the use of biological products in the cultivation of winter wheat in the Lower Volga region // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2020. No. 1 (57). pp. 64–74. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-06.
8. Formation of the production process of Sudan grass depending on fertilizers and growth stimulator on irrigated lands of the Lower Volga region / Yu.N. Pleskachev, Yu.A. Laptina, N.A. Kulikova, O.G. Gichenkova // Problems of the agro-industrial complex development of the region. 2021. No. 2 (46). pp. 90–97. DOI: 10.52671/20790996_2021_2_90.
9. Davidiants E.S. Influence of plant growth regulators on the yield and quality of winter wheat grain with early spring nitrogen fertilization in the background. Agrochemistry. 2022. No. 6. pp. 45-50. DOI: 10.31857/S0002188122060047
10. Dospekhov B. A. Method of field experiment (with the basics of statistical processing of research): textbook. 6th ed. – M: Alliance, 2011. 352 p.
11. Shpilko, A.V. Methodology for determining the economic efficiency of technologies and agricultural machinery/ A.V. Shpilko, V.I. Dragaitsev, P.F. Tulapin, Yu.I. Bershetskii, et al.; Ministry of Agriculture and Food Products, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics. – M.: Ministry of Agriculture and Food Products of Russia, Agrarian Science, 1998. - Part 1. 220 p.
12. Sokolenko N. I., Galushko N. A., Komarov N. M. Sources of high quality grain in the selection of winter soft wheat // Taurida herald of the agrarian sciences. 2021. No. 3(27). pp. 164-171. DOI 10.33952/2542-0720-2021-3-27-164-171.
13. Dilmurodovich D. S.,Bekmurodovich B. N.,Shakirjonovich K. N. Winter bread wheat grain quality depends on different soil-climate conditions // International journal of discourse on innovation, integration and education. 2020. Vol. 1. No. 5. pp. 377-380.
14. Effect of Electromagnetic Irradiation of Emmer Wheat Grain on the Yield of Flattened Wholegrain Cereal / N. Osokina, V. Liubych, V. Novikov [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6, No. 11-108. pp. 17-26. DOI 10.15587/1729-4061.2020.217018.
15. Increased grain protein and gluten contents of bread wheat caused by introgression of a T. timopheevii segment into chromosome 2A / L. V. Shchukina, A. V. Simonov, M. A. Demenkova [et al.] // Euphytica. 2022. Vol. 218, No. 12. DOI 10.1007/s10681-022-03121-w.

Информация об авторах

Анастасия Александровна Калашникова, аспирант отдела физиологии растений ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», тел.: 8928 009 84 18, e-mail: anaskar@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3424-2256

Тихон Викторович Симатин, сотрудник отдела физиологии растений ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», тел.: 8 906498 83 88, e-mail: sd@fnac.center, ORCID: 0009-0000-1983-1451

Лусине Робертовна Оганян, руководитель научно-аналитического центра ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», тел.: 8 906498 83 88, e-mail: oganyan@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-0019-8956

Федор Владимирович Ерошенко, доктор биологических наук, заведующий отделом физиологии растений ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» тел.: 8962 454 14 96, e-mail: yer-sniish@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0238-3861

Ирина Геннадьевна Сторчак, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела физиологии растений ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», тел.: 8918747 02 56, e-mail: sniish.storchak@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8741-6882

Information about the authors

A.A. Kalashnikova, postgraduate student of the Department of Plant Physiology, FSBSI “North Caucasus FARC”, tel. 8928 009 84 18, E-mail: anaskar@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3424-2256

T.V. Simatin, employee of the Department of Plant Physiology, FSBSI “North Caucasus FARC”. tel.: 8 906498 83 88, e-mail: sd@fnac.center, ORCID: 0009-0000-1983-1451

L. R. Oganyan, Head of the scientific and analytical center, FSBSI “North Caucasus FARC”, tel. 8 906 498-83-88, E-mail: oganyan@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-0019-8956

F.V. Eroshenko, Doctor of Biological Science, Head of the Department of Plant Physiology, FSBSI “North Caucasus FARC” tel. 8 962 454 14 96, E-mail: yer-sniish@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0238-3861

I.G. Storchak, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department of Plant Physiology, FSBSI “North Caucasus FARC”, tel. 89187470256, E-mail: sniish.storchak@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8741-6882

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest

Статья поступила в редакцию 27.11.2023; одобрена после рецензирования 10.12.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 27.11.2023; approved after reviewing 10.12.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.44-53
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P.44-53

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Научная статья
УДК: 633.1:632.937:631.58
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/005.4.16.2023

БИОЛОГИЗИРОВАННАЯ ЗАЩИТА ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР В СИСТЕМЕ ПРЯМОГО ПОСЕВА

Владимир Владиславович Котляров, Денис Владимирович Котляров

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,
Россия, г. Краснодар, e-mail: vladimir.v.kotlyarov@gmail.com

Аннотация. Возделывание зерновых колосовых культур в системе прямого посева, где почва много лет не обрабатывается, приводит к изменению видового состава возбудителей болезней в фитоценозах и, как следствие, увеличению частоты внесения химических средств защиты растений, появлению новых, резистентных к этим средствам возбудителей болезней. Среди вредоносных болезней существенный урон наносит фузариозная, а иногда и бактериальная корневая гниль, а также фузариозное увядание. Эти болезни распространены повсеместно, а их вредоносность зависит от места культуры в севообороте, инфицированности семян и растительных остатков возбудителями болезней, а также применяемых средств защиты растений. Цель исследований – разработать и научно обосновать систему биологизированной защиты посевов зерновых колосовых культур, включающую в себя обработку семян препаратом Крокус биовит, посевов – препаратами Крокус ретардант и Агробивит. Установлено, что при протравливании семян препаратом Крокус биовит длина корешка озимой пшеницы достигла 14,0 см, высота ростка – 9,1 см, что достоверно на 2,8 и 1,8 см больше, чем при протравливании химическим фунгицидом Максим. Сочетание же протравливания семян и обработки посевов этим препаратом осенью и весной обеспечивает увеличение кустистости растений в 1,5–2 раза, формирование большей фотосинтетической поверхности посевов и, как следствие, получение урожайности зерна озимой пшеницы, составляющей 7,9 т/га, что достоверно на 0,7 т/га, или на 8,9 %, больше, чем на контроле.

Ключевые слова: Крокус ретардант, Агробивит, зерновые колосовые культуры, биологическая защита, корневая гниль, фузариозное увядание.

Для цитирования: Котляров В.В., Котляров Д.В. Биологизированная защита зерновых колосовых культур в системе прямого посева // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 44-53. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/005.4.16.2023

Agronomy, forestry and water industry

Original article

BIOLOGIZED PROTECTION OF SPIKED CEREALS IN THE SYSTEM OF DIRECT SOWING

Vladimir V. Kotliarov, Denis V. Kotliarov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”, Russia, Krasnodar,
e-mail: vladimir.v.kotlyarov@gmail.com

Abstract. Cultivation of spiked cereals in the direct sowing system, where the soil has not been cultivated for many years, leads to a change in the species composition of pathogens in phytocenoses and, as a consequence, an increase in the frequency of application of chemical plant protection agents and the emergence of new pathogens, which are resistant to these agents. Among the destructive diseases, fusarial and sometimes bacterial root rot, as well as fusarial wilt, cause significant damage. These diseases are widespread countrywide, and their harmfulness depends on the place of the crop in the crop rotation, the infection of seeds and plant residues with pathogens, as well as used plant protection products. The purpose of the research was to develop and scientifically establish a system of biologized protection of spiked cereal crops, which included seed treatment with Crocus biovit, crops –with Crocus retardant and Agrobiovit. It was found that when the seeds were treated with Crocus biovit, the length of the root of winter wheat reached 14.0 cm, the height of the sprout was 9,1 cm, which was accurately 2,8 and 1,8 cm more than when they were treated with the chemical fungicide Maksim. The combination of seed sterilization and treatment of crops with this preparation in autumn and spring provided an increase in the tilling capacity of plants by 1,5-2 times, the formation of a larger photosynthetic surface of crops and, as a result, the yield of winter wheat grain was 7,9 t / ha, which was accurately 0,7 t/ha, or 8,9% more than in the control.

Key words: Crocus retardant, Agrobiovit, spiked cereals, biological protection, root rot, fusarial wilt

For citation: Kotliarov V.V., Kotliarov D.V. Biologized protection of spiked cereals in the system of direct sowing // Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 44-53.
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/005.4.16.2023

Введение. Применяемые в настоящее время технологии возделывания сельскохозяйственных культур очень часто вызывают изменение видового состава возбудителей болезней [1, 2] и, как следствие, увеличение частоты внесения химических средств защиты растений [3, 4]. Всё это требует нахождения новых технологических решений по улучшению фитосанитарной обстановки в агроценозах [5, 6, 7]. Среди ряда вредоносных болезней существенный урон наносят фузариозная корневая гниль (возбудители *Fusarium oxysporum* и *Trychothecium roseum*) и фузариозное увядание, однако не исчезла актуальность и бактериальной корневой гнили [8, 9], возбудитель которой действует совместно с *F. oxysporum* (примеч. авт.). При этом *Pseudomonas syringae* spp. распространён в России повсеместно [10, 11]. Усложняет проблему тот факт, что воз-

будители этих болезней способны длительно сохраняться в агробиоценозах [12–15].

Борьба с болезнями зерновых культур путём применения отдельных средств защиты растений не приносит необходимого положительного успеха, что связано с отсутствием системного подхода к защите растений от вредных организмов [5]. В этой связи **цель наших исследований** – разработать и научно обосновать систему биологизированной защиты посевов зерновых колосовых культур, включающей в себя обработку семян препаратом Крокус биовит, посевов – препаратами Крокус ретардант и Агробивит.

Материал и методы исследований. Полевые и лабораторные эксперименты осуществлялись на базе кафедры физиологии и биохимии растений Кубанского ГАУ им. И.Т. Трубилина в 2009–2020 гг. Производственные испытания проведены в 2015–2020 гг. в ООО «Кавказ» Кировского района Ставропольского края в условиях технологии прямого посева, ООО «Камышинское ОПХ» Камышинского района Волгоградской области, ООО «Волна» Шадринского района Курганской области. Кроме того, использовались результаты фитоэкспертизы семян зерновых колосовых культур с 2014 по 2023 год, полученных в разных регионах страны.

Объектами исследований стали сорта озимой и яровой мягкой пшеницы, допущенные к использованию в производстве в соответствующих регионах, а также препарат Крокус ретардант и комплексный биопрепарат Агробивит, которые вносили при протравливании семян и опрыскиванием. Контролем в опытах считались варианты без обработок, а эталоном – с обработкой химическими фунгицидами.

Результаты исследований и их обсуждение. Фитоэкспертиза семян зерновых культур из различных регионов показала, что доминирующей семенной инфекцией являются представители царства бактерий, как правило *Pseudomonas syringae* spp., а также грибов – *Fusarium*, *Alternaria* и *Bipolaris*. Кроме того, выявлена тенденция увеличения доли грибов из рода *Alternaria* (таблица 1).

Таблица 1

Заражённость семян зерновых колосовых культур,
выращенных по технологии прямого посева, % (2014–2023 гг.)

Культура	Фитопатоген				
	<i>Pseudomonas syringae</i>	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Alternaria</i>	<i>Bipolaris</i>	Плесени
Пшеница	до 10	30	25 (до 88*)	10	20
Ячмень	до 25	30	35 (до 98*)	5	–
Рожь	до 15	25	30 (до 95*)	–	15

Установлена тенденция к снижению инфицированности семян фитопатогенными бактериями с 20–75 % в среднем за 2014–2019 гг. до 10–25 % в 2020–2023 гг., но при этом увеличилась доля заражённых семян видами *Alternaria* от 25–35 до 88–98 % соответственно.

В различных регионах России инфицированность семян зерновых колосовых культур несколько различается. Наблюдается закономерность, связанная с климатическими особенностями, – инфицированность семян бактериальными возбудителями в регионах с более суровым и сухим климатом (восточная зона Волгоградской области и Южный Урал) более высокая, чем в регионах с более мягкими условиями (северо-западная зона Волгоградской области, Краснодарский и Ставропольский края). Но в этих условиях существенно выше инфицированность семян видами фузариев (табл. 2).

Таблица 2

Инфицированность семян зерновых колосовых культур,
выращенных по технологии прямого посева, % (2014–2019 гг.)

Регион	Фитопатоген			
	<i>Pseudomonas syringae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Bipolaris</i>
Краснодарский край	5–25	10–30	1–20	0–5
Ставропольский край	10–20	25–40	20–25	0–5
Южный Урал	15–100	5–40	10–60	0–2
Волгоградская область (северо-западная зона)	0–20	0–20	10–35	0–10
Волгоградская область (восточная зона)	25–100	0–5	10–25	0–5

В этой связи научно обоснованный подход к протравливанию семян позволяет ускорить прорастание семян и защитить посевы зерновых колосовых культур от ряда возбудителей болезней на этапе «всходы – начало кущения растений», получив за счёт этого не только дружные всходы, но и глубоко залегающую и хорошо разветвлённую корневую систему.

Лабораторные эксперименты показали, что применение препарата Крокус биовит является весьма эффективным при обработке семян пшеницы. При протравливании семян данным препаратом длина корня достигла 14,0 см, высота ростка – 9,1 см, что достоверно на 1,9 и 0,9 см больше, чем при протравливании биопрепаратом Агробiovит (таблица 3).

Таблица 3

Влияние протравливания семян пшеницы Крокус биовит
на биометрические показатели проростков, см (2014–2015 гг.)

Показатель	Протравитель				НСР ₀₅
	контроль	фунгицид Максим	Агробiovит	Крокус биовит	
Длина корня	10,6	11,2	12,1	14,0	0,6
Высота ростка	8,0	7,3	8,2	9,1	0,5

Результаты этого опыта показали существенное преимущество биологической обработки семян Крокус биовит над химической (на основе протравителя Максим). Это, возможно, связано с токсическим воздействием фунгицида на прорастание семян и первичные ростовые процессы, а также и пролонгированностью биологической защиты семян во время их прорастания и первоначального роста.

Полученные данные подтверждены производственной проверкой в ООО «Кавказ» Кировского района Ставропольского края и других регионах, где протравливание семян Крокус биовит обеспечило визуально лучшее развитие растений озимой пшеницы (рисунок 1).



Рисунок 1. Рост и развитие растений озимой пшеницы при протравливании семян Крокус биовит (слева) и эталонным препаратом

Выявлено также, что сочетание протравливания семян и обработка посевов данным препаратом обеспечивает увеличение кустистости растений в 1,5–2 раза, что способствует формированию большей фотосинтетической поверхности посевов и увеличению продуктивности фотосинтеза.

Вместе с тем в технологии прямого посева находящиеся на поверхности поля растительные остатки могут быть инфицированы фитопатогенами и стать источником поражения растений озимой пшеницы корневыми гнилями [9, 14]. При этом существенное значение имеет соотношение патогенной микрофлоры к супрессивной [10] и чем патогенной микрофлоры больше, тем вероятность проявления болезней выше.

Наши исследования, проведенные в ГК «Степь», показали, что регулировать соотношение патогенной и супрессивной микрофлоры на растительных остатках в пользу существенного увеличения доли последней можно путём применения биологизированной защиты растений (таблица 4).

Таблица 4

Доля патогенной и супрессивной микрофлоры
в результате применения биологизированной защиты растений, %

Микробиота	Год			Среднее
	2012	2013	2014	
Патогенная	51	10	20	27
Супрессивная	49	90	75	71

В течение 3 лет опрыскивания растительных остатков биологическими препаратами обеспечило изменение соотношения патогенной микрофлоры к супрессивной от 1:1 до 1:3,75, то есть супрессивной микрофлоры стало в 3,75 раза больше патогенной, что существенно снижает риск поражения растений и позволяет уменьшить количество обработок посевов химическими пестицидами.

В целом биологическая защита против корневой гнили посевов зерновых колосовых культур путём их ранней весенней обработки Крокус ретардант + Агробивит холодок обеспечивает существенное снижение развития и распространённости болезни (табл.5).

Таблица 5

Влияние средств защиты растений
на поражение озимой пшеницы корневой гнилью через 10 суток после обработки, %
(полевые опыты, 2015–2016 гг.)

Препарат	Развитие болезни	Распространённость болезни
Контроль (без обработки)	40–50	85–95
Крокус ретардант + Агробивит	2–5	7–10
Крокус ретардант + Фалькон	4–9	9–12
Фунгицид (Фалькон)	10–15	30–40

Это очень важно, так как возбудители корневой гнили вызывают отмирание корней у их основания и побегов кушения с последующим снижением кустистости растений. Подавление развития этой болезни ранней весной обеспечивает сохранение побегов кушения и формирование разветвлённой и глубоко проникающей в почву корневой системы возделываемых по технологии прямого посева растений (рисунок 2).



Рисунок 2. Влияние корневой гнили
на кустистость и развитие корневой системы растений (слева)
по сравнению с обработкой посевов Крокус ретардант + Агробивит холодок
(ООО «Волна» Курганская область)

Однако исследования и многолетние наблюдения показали, что более эффективным является сочетание весенней обработки Агробивит холодок с осенней. Обработка посевов данным препаратом в количестве 2 раз положительно сказывается не только на снижении поражения растений корневой гнилью, но и улучшает их биометрические параметры, а также повышает содержание хлорофилла в листьях (таблица 6).

Таблица 6

Влияние обработки посевов Крокус ретардант + Агробивит холодок
на биометрические параметры озимой пшеницы в фазе кущения
(полевые опыты, 2015–2018 гг.)

Препарат	Высота растений, см	Длина корня, см	Кустистость	Содержание хлорофилла, мг/дм ²
Контроль	7,5	6,3	1,7	4,5
Крокус ретардант + Агробивит	10,3	10,1	3,2	5,8
Крокус ретардант + Фалькон	9,1	8,8	2,7	5,3
НСР ₀₅	0,7	0,8	0,2	0,4

В целом этот биологизированный способ защиты растений против корневой гнили обеспечил достоверное повышение урожайности зерна озимой пшеницы относительно других исследованных препаратов (таблица 7).

Таблица 7

Влияние обработки семян
баковой смесью препаратов Крокус ретардант + Агробивит холодок
на урожайность озимой пшеницы, т/га

Препарат	Год				Среднее
	2015	2016	2017	2018	
Контроль (без обработки)	5,1	4,7	6,6	6,7	5,8
Крокус универсал + Агробивит	6,9	6,7	8,8	7,9	7,6
Крокус универсал + Фалькон	6,7	6,6	7,9	7,2	7,1
НСР ₀₅	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3

Производственная проверка применения данного агроприёма на юге России показала, что он стабильно обеспечивает существенную прибавку урожайности зерна зерновых колосовых культур. Так, в 2018 г. в ООО «Кавказ» Кировского района Ставропольского края урожайность озимого ячменя достигла 4,5 т/га при максимальных показателях по району – 3,2 т/га, а на контроле – 3,5 т/га. В ООО «Агросахар» Краснодарского края урожайность зерна озимой пшеницы составила 7,9 т/га при 7,2 т/га – на контроле.

Использование нового холодостойкого штамма позволило расширить географию и сферу применения этого вида микроорганизмов: деструкция льняных послеуборочных растительных остатков, рисовой соломы, кукурузных стеблей, особенно при поздней уборке позднеспелых гибридов кукурузы, выращиваемых при орошении. Кроме того, изменилась и концепция применения препаратов на основе *Trichoderma viride* «холодок» при низкой температуре (например, ранней весной и поздней осенью), что улучшает эффективность данного важного агроприёма биологической защиты растений при выращивании различных сельскохозяйственных культур.

Анализ причин варьирования урожайности зерна показал, что основными факторами явились фитосанитарная обстановка в фитоценозах и поражение посевов корневой гнилью (на первом месте). Испытание усовершенствованной схемы биологизированной защиты возделывания зерновых колосовых культур показало свою эффектив-

ность и было принято за основу. Так, уже с осени удалось свести практически к нулю инфицирование растений возбудителями корневой гнили, а на контроле степень распространённости этой болезни достигала 70–90 %.

Однако максимальная реализация биологизированной технологии возделывания достигается только при её системном применении. Так, применение обработки биопрепаратами послеуборочных остатков, а затем осенняя и ранняя весенняя обработки ими посевов позволили получить урожайность озимого ячменя по колосовому предшественнику, составившую 8,2 т/га, а где стерня предшествующей культуры не была обработана – 5,1 т/га. На озимой пшенице данные показатели составили соответственно 8,0 и 6,1 т/га.

Закключение. При возделывании зерновых колосовых культур в системе прямого посева более эффективной по сравнению с химической защитой растений является биологизированная защита, включающая обработку биопрепаратами растительных остатков, семян и посевов по всходам осенью (для озимых культур) и ранней весной. Подобная система защиты позволяет улучшить соотношение супрессивной и патогенной почвенной микробиоты, устранить риск возникновения корневой гнили, повысить продуктивность фитоценоза и достигнуть получения высокой урожайности зерна колосовых культур.

Список источников

1. Власенко Н.Г., Коротких Н.А., Бокина И.Г. К вопросу о формировании фитосанитарной ситуации в посевах в системе No-Till. – Новосибирск, 2013. 123 с.
2. Власенко Н.Г., Коротких Н.А., Кулагин О.В., Слободчиков А.А. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы при технологии No-till // Защита и карантин растений. 2014. № 1. С. 18–22.
3. Дридигер В.К. Практические рекомендации по освоению технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы в засушливой зоне Ставропольского края. – Саратов: Амирит, 2016. 80 с.
4. Иванов А.Л., Кулинцев В.В., Дридигер В.К., Белобров В.П. О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 4. С. 8–16. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10401.
5. Котляров В.В., Дридигер В.К., Котляров Д.В., Гаджиумаров Р.Г. Биологизация земледелия в системе прямого посева: монография. – Краснодар: КубГАУ, 2023. 268 с.
6. Котляров В.В., Дьяченко А.А., Котляров Д.В. Влияние бактериозов на качество зерна озимой пшеницы // Защита и карантин растений. 2005. № 12. С. 25-26
7. Котляров Д.В., Котляров В.В., Федулов Ю.П. Физиологически активные вещества в агротехнологиях: монография. – Краснодар: КубГАУ, 2016. 247 с.
8. Котляров В.В., Дьяченко А.А., Коростелёва Л.А. Бактериальная корневая гниль зерновых колосовых культур // Защита и карантин растений. 2004. № 12. С. 42.
9. Котляров В.В., Котляров Д.В., Шулепина С.А. Основы биологизации агротехнологий: монография. – Краснодар, КубГАУ, 2021. 208 с.
10. Дридигер В.К., Гаджиумаров Р.Г., Джандаров А.Н., Котляров Д.В. Влияние технологии No-till на содержание супрессивной и патогенной микрофлоры в почве // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 5–12. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-4-1.

11. Игнатов А.Н., Лазарев А.М. Распространение возбудителей опасных бактериозов в Российской Федерации: Реальность опережает прогноз. В сборнике: Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем // Матер. III Всерос. съезда по защите растений (в трёх томах). 2013. С. 240–242.
12. Торопова Е.Ю., Посаженников С.Н., Мармулева Е.Ю. Системная фитосанитарная роль предшественников в южной лесостепи Новосибирской области // Сибир. вестн. сел.-хоз. науки. 2014. № 4. С. 4–11.
13. Dridiger V.K., Ivanov A.L., Belobrov V.P, Kutovaya O.V. Rehabilitation of Soil Properties by Using Direct Seeding Technology / Восстановление свойств почв в технологии прямого посева // Eurasian Soil Science, 2020, Vol. 53, № 9, pp. 1293-1301 DOI: 10.1134/S1064229320090033
14. Буденков Н.И. Растительные остатки как источник опасных микроорганизмов // Ресурсосберегающее земледелие. 2015. № 4 (28). С. 8–12.
15. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Спиридонов Ю.Я., Торопова Е.Ю., Филипчук О.Д. Технологические особенности почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (в развитии концепции ФАО) // Агрохимия. 2019. № 5. С. 3–20.

References

1. Vlasenko N.G., Korotkikh N.A., Bokina I.G. Revisiting the formation of the phytosanitary situation in crops in the No-Till system. – Novosibirsk, 2013. 123 p.
2. Vlasenko N.G., Korotkikh N.A., Kulagin O.V., Slobodchikov A.A. Phytosanitary condition of spring wheat crops with No-till technology // Plant protection and quarantine. 2014. No. 1. pp. 18–22.
3. Dridiger V.K. Practical recommendations for mastering the technology of cultivation of agricultural crops without tillage in the arid zone of the Stavropol Territory. – Saratov: Amirit, 2016. 80 p.
4. Ivanov A.L., Kulintsev V.V., Dridiger V.K., Belobrov V.P. Revisiting the expediency of mastering the system of direct sowing on the black soil of Russia // Achievements of Science and Technology of AIC. 2021. Vol. 35. No. 4. pp. 8-16. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10401
5. Kotliarov V.V., Dridiger V.K., Kotliarov D.V., Gadzhumarov R.G. Biologization of agriculture in the system of direct sowing: monograph. – Krasnodar: KubSAU, 2023. 268 p.
6. Kotliarov V.V., Diachenko A.A., Kotliarov D.V. Influence of bacterial diseases on the quality of winter wheat grain // Plant protection and quarantine. 2005. No. 12. pp. 25 – 26
7. Kotliarov D.V., Kotliarov V.V., Fedulov Yu.P. Physiologically active substances in agrotechnologies: monograph. – Krasnodar: KubSAU, 2016. 247 p.
8. Kotliarov V.V., Diachenko A.A., Korosteleva L.A. Bacterial root rot of spiked cereals // Plant protection and quarantine. 2004. No. 12. p. 42.
9. Kotliarov V.V., Kotliarov D.V., Shulepina S.A. Fundamentals of biologization of agrotechnologies: monograph. – Krasnodar, KubSAU, 2021. 208 p.
10. Dridiger V.K., Gadzhumarov R.G., Dzhandarov A.N., Kotliarov D.V. Influence of No-till technology on the content of suppressive and pathogenic microflora in soil // Siberian Herald of Agricultural Science. 2022. Vol. 52. No. 4. pp. 5-12. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-4-1
11. Ignatov A.N., Lazarev A.M. Spread of pathogens of dangerous bacterioses in the Rus-

sian Federation: Reality is ahead of the prognosis. In the collection: Phytosanitary optimization of agroecosystems // Materials of III All-Russian congress on plant protection (in three volumes). 2013. pp. 240-242.

12. Toropova E.Yu., Posazhennikov S.N., Marmuleva E.Yu. Systemic phytosanitary role of predecessors in the southern forest-steppe of the Novosibirsk Region // Siberian Herald of Agricultural Science. 2014. No. 4. pp. 4-11.

13. Dridiger V.K., Ivanov A.L., Belobrov V.P, Kutovaya O.V. Rehabilitation of Soil Properties by Using Direct Seeding Technology / Restoring soil properties in direct seeding technology // Eurasian Soil Science, 2020, Vol. 53, No. 9, pp. 1293-1301 DOI: 10.1134/S1064229320090033

14. Budenkov N.I. Plant residues as a source of dangerous microorganisms // Sustainable Agriculture. 2015. No. 4 (28). pp. 8-12.

15. Sokolov M.S., Glinushkin A.P., Spiridonov Yu.Ya., Toropova E.Yu., Filipchuk O.D. Technological features of soil-protective sustainable agriculture (in the development of FAO concept) // Agrochemistry. 2019. No. 5. pp. 3-20.

Информация об авторах

Владимир Владиславович Котляров, профессор кафедры физиологии и биохимии растений, доктор с.-х. наук, 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13. Тел.: +79183773954, e-mail: vladimir.v.kotlyarov@gmail.com

Денис Владимирович Котляров, доцент кафедры физиологии и биохимии растений, доктор с.-х. наук, 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13. Тел.: +79183888003, e-mail: kotlyarov.denis@gmail.com

Information about the authors

V. V. Kotliarov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Plant Physiology and Biochemistry Department, FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", 350044, Russia, Krasnodar, Kalinina St., 13. Tel.: +79183773954, e-mail: vladimir.v.kotlyarov@gmail.com

D. V. Kotliarov, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Plant Physiology and Biochemistry Department, FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", 350044, Russia, Krasnodar, Kalinina St., 13. Tel.: +79183888003 e-mail: kotlyarov.denis@gmail.com

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.11.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 10.11.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.54-63
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P.54-63

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Научная статья

УДК 631.816.3:635.652.2

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/006.4.16.2023

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЯ И ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ К БОЛЕЗНЯМ ФАСОЛИ

Светлана Юрьевна Сорокина

ФГБНУ ФНЦ ЗБК «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»,
Россия, Орёл, e-mail: office@vniizbk.ru

Аннотация. Внедрение в производство новых высокопродуктивных сортов, приспособленных к конкретным почвенно-климатическим условиям, должно сопровождаться совершенствованием агротехнических приёмов, способствующих повышению урожайности. Исследование влияния различных удобрений и способов их внесения на урожайность фасоли сорта Маркиза было проведено в условиях Орловской области. В результате исследований получены данные, позволившие при различных погодных условиях определить вклад применения различных способов внесения удобрений в формирование урожая и устойчивости к болезням нового сорта фасоли обыкновенной Маркиза. В качестве вариантов рассматривались предпосевное внесение N75P50K62 на планируемый урожай – 3 т и листовая подкормка в фазу 2-3 листьев органоминеральными удобрениями Ультрамаг Комби 1 л/га + Биостим Зерновой + 1 л/га + Ультрамаг Молибден 0,5 л/га; в фазы бутонизации и цветения – удобрениями Ультрамаг Комби 1 л/га + Биостим Зерновой + 1 л/га. Выявлено, что внесение основного удобрения более эффективно для формирования урожая фасоли (прибавка 31,3 %), чем внекорневые подкормки (прибавка 10,7 %). Внесение N75P50K62 способствует значительному сокращению распространённости и степени развития бактериоза фасоли и корневых фузариозных гнилей. Эффективность N75P50K62 составила 71,4 и 21,2 % в фазы бутонизации и налива зерна в отношении бактериоза; 68,8 % и 52,2 % – относительно корневых гнилей. Листовая подкормка органоминеральными удобрениями в меньшей степени способствует сокращению развития болезней – 9,5 и 9,9 %; 19,2 и 23,7 % соответственно. Таким образом, рациональное применение удобрений позволяет в полной мере реализовать потенциальную продуктивность фасоли обыкновенной сорта Маркиза, повышая её устойчивость к заболеваниям.

Ключевые слова: фасоль обыкновенная, минеральные удобрения, внекорневые подкормки, урожай, морфологические признаки, бактериоз фасоли, корневые фузариозные гнили, распространённость болезней, развитие болезней, эффективность

Для цитирования: Сорокина С.Ю. Эффективность способов внесения удобрений в формировании урожая и повышении устойчивости к болезням фасоли // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 54-63.

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/006.4.16.2023

Agronomy, forestry and water industry

Original article

EFFECTIVENESS OF FERTILIZER APPLICATION METHODS IN YIELD FORMATION AND IMPROVING DISEASE RESISTANCE OF COMMON BEAN

Svetlana Yu. Sorokina

FSBSI “Federal Research Center of Legumes and Groat Crops”, Russia, Orel, e-mail: office@vniizbk.ru

Abstract. The introduction into production of new highly productive varieties, which are adapted to specific soil and climatic conditions, should be accompanied by the improvement of agrotechnical methods that contribute to yield enhancement. The study of the effect of various fertilizers and methods of their application on the crop yield of Marquise beans was conducted in the conditions of the Orel Region. As a result of the research, obtained data made it possible to determine the contribution of the use of various methods of fertilization in the yield formation and disease resistance of the new variety Marquise of common bean under various weather conditions. As variations, we considered presowing application of N75P50K62 to the expected crop of 3 tonnes and foliar application in the stage of 2-3 leaves with organomineral fertilizers Ultramag Combi 1 L/ha + Biostim Grain +1 L/ha + Ultramag Molybdenum 0,5 L/ha; in bud and flowering stages, fertilizers Ultramag Combi 1 L/ha + Biostim Grain +1 L/ha were used. It was found out that the application of basic fertilizer was more effective for the formation of bean yield (increase of 31,3%) than foliar fertilizing (increase of 10,7%). The application of N75P50K62 contributed to a significant reduction in the prevalence and degree of development of bacterial diseases of beans and Fusarium root rot. The effectiveness of N75P50K62 was 71,4% and 21,2% in the bud and grain filling stages in the case of bacteriosis; 68,8% and 52,2% in the case of root rot. Foliar application of organomineral fertilizers contributed to reducing the development of diseases in a less degree: 9,5% and 9,9%; 19,2 and 23,7%, respectively. Thus, the rational use of fertilizers makes it possible to fully implement the potential productivity of the common bean of Marquise variety, improving its resistance to diseases.

Key words: common bean, mineral fertilizers, foliar fertilizing, yield, morphological characteristics, bacterial diseases of beans, Fusarium root rot, disease extension, disease development, effectiveness

For citation: Sorokina S.Yu. Effectiveness of fertilizer application methods in yield formation and improving disease resistance of common bean // Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 54-63. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/006.4.16.2023

Введение. Зерновые бобовые культуры являются важнейшими продовольственными культурами, а изучение новых сортов и адаптация их к условиям региона – актуальной задачей [1].

Селекционеры ФГБНУ ФНЦ ЗБК регулярно представляют новые сорта фасоли, отвечающие современным требованиям производителей. Один из них – белосемянный сорт фасоли зернового использования Маркиза. Сорт урожайный, высокотехнологичный и высокобелковый. Имеет свои морфобиологические особенности, такие как быст-

рый начальный рост всходов, сжатое цветение, равномерный, удлинённый период закладки продуктивных узлов на растении, хороший налив бобов на протяжении всего вегетационного периода [2, 3]. Актуальной считается разработка элементов технологии возделывания с целью популяризации данного сорта среди производителей и увеличения его урожайности.

Рациональное применение удобрений позволяет в полной мере реализовать потенциальную продуктивность культуры, но в настоящее время стоит вопрос о глубокой разработке системы минерального питания не только отдельных культур, но и сортов. Отсутствие понимания в потребностях сорта в элементах питания при разработке регламентов применения удобрений может инициировать снижение урожая и качества продукции [4].

В уровне питания фасоль проявляет сортовые различия. Для каждого сорта необходимо подбирать оптимальные дозы фосфорно-калийных удобрений. Неблагоприятные условия для активности ризобийных бактерий приводят к недостатку азота и, как следствие, снижению урожайности, что свидетельствует о возможности применения азотных удобрений [5].

В связи с общим курсом мирового сообщества на биологизацию сельского хозяйства современные технологии находятся в поиске экологически безопасных приёмов возделывания фасоли, повышающих урожайность, устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды [6, 7]. Посевы фасоли часто страдают от различных заболеваний, что создаёт необходимость разработки системы защиты культуры [8, 9, 10]. Уровень минерального питания может быть важен при формировании устойчивости растений фасоли к грибным и бактериальным инфекциям, которые могут представлять опасность для формирования урожая [11, 12, 13]. Практическое применение данного аспекта удобрений вместе с использованием биопрепаратов, биологическая эффективность которых в некоторых случаях меньше, чем химических фунгицидов, позволит стабилизировать фитосанитарную ситуацию в агроценозах, снизить пестицидную нагрузку, экономические затраты и получить экологически безопасную продукцию высокого качества [14, 15].

Цель исследований – изучить влияние различных способов внесения удобрений на урожайность и устойчивость к болезням фасоли обыкновенной сорта Маркиза.

Материал и методы исследований. Исследования проводились в Орловской области, расположенной в центральной части Среднерусской возвышенности в пределах степной и лесостепной зон. Климат умеренно-континентальный. Среднегодовая температура воздуха в области – +4-5 °С. Температура самого теплого месяца – июля – +17,9–19,6 °С, самого холодного месяца – января – 9,0–10,5 °С. Среднегодовое количество осадков – 560 мм.

Опыт был заложен в 4-кратной повторности на серой лесной среднесуглинистой среднеоккультуренной почве: гумус – 4,88 %, азот – 9,5 мг, фосфор – 16,7 мг, калий – 12,9 мг на 100 г почвы, $pH_{\text{сол}}$ – 4,91. Рельеф слабо выражен, склон северный.

Материалом исследований служили минеральные удобрения N75P50K62, органоминеральные удобрения – Ультрамаг Комби, Биостим Зерновой, Ультрамаг Молибден.

Внесение N75P50K62 на планируемый урожай – 3 т осуществлялось вручную с последующей заделкой в почву за день до посева. Листовая подкормка проводилась трехкратно: в фазу 2-3 листьев – органоминеральными удобрениями Ультрамаг Комби 1 л/га + Биостим Зерновой + 1 л/га + Ультрамаг Молибден 0,5 л/га; в фазы бутонизации

и цветения – удобрениями Ультрамаг Комби 1 л/га + Биостим Зерновой + 1 л/га. Внесение внекорневых удобрений (ВКУ) проходило с помощью ранцевого опрыскивателя, оборудованного метровой штангой и щелевыми распылителями.

Для учётов и наблюдений использовались методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985). Учёт распространённости и развития корневых гнилей проводился по методикам «Корневые гнили зернобобовых культур» (Котова В.В., 1986), «Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» (2009), статистическая обработка экспериментальных данных – по Б.А. Доспехову (1986).

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ метеоданных за период исследования показал, что температурный режим вегетационного периода 2022 года превышал среднемноголетние значения на 2,3–3,5 °С. Данный период также характеризует недостаток суммы осадков, которая составляла 71,9–19,4 % от среднемноголетних данных. Посев фасоли был проведён 17 мая, всходы зафиксированы 28 мая (на 11-й день). Начало цветения фасоли отмечено 25 июня 2022 года. Уборка произведена 2 сентября 2022 года.

В 2023 году посев осуществили 10 мая. Всходы появились на 12-й день, несмотря на отсутствие осадков во второй декаде мая. Прошедший вегетационный период характеризовался приближенным к среднемноголетним показателям температуры воздуха (максимальное отклонение – 1,9° в первой декаде июня) и неравномерным выпадением осадков: засушливые (до 88,7 % ниже нормы) первые две декады июня сменились обильными осадками в третьей (на 65 % выше нормы) (таблица 1).

Таблица 1

Метеоданные в период вегетации 2022-2023 гг.

Основные показатели	Месяцы и декады											
	май			июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Температура воздуха, °С												
а) средняя многолетняя (1991–2020 гг.)	12,6	14,3	15,8	17,0	17,9	18,8	19,5	20,0	20,1	19,7	18,6	17,1
б) 2022	10,2	12,0	11,5	18,0	18,6	20,5	21,3	16,5	19,5	21,1	21,9	22,2
в) 2023	8,1	15,1	15,3	15,6	18,3	17,4	20,7	17,8	19,2	22,2	21,0	18
Осадки, мм												
а) средние многолетние (1991–2020 гг.)	15,0	16,0	17,0	15,0	23,0	27,0	27,0	32,0	28,0	15,0	18,0	22,0
б) 2022	3,9	21,9	25,3	2,40	18,6	31,5	6,6	46,0	10,9	13,3	6,1	12,8
в) 2023	8,2	0,0	16,8	1,7	9,6	44,6	13,5	6,8	57,0	14,6	14,8	14,5
Влажность воздуха, %												
а) средняя многолетняя (1991–2020 гг.)	61,0	65,0	67,0	66,0	69,0	71,0	71,0	72,0	72,0	70,0	70,0	71,0
б) 2022	50,0	61,0	59,0	69,0	72,0	68,0	68,0	80,0	75,0	73,0	66,0	54,0
в) 2023	59	54	61	62	57	76	75	72	77	73	77	82

Начало цветения фасоли отмечено 24 июня 2022 года. Основное количество осадков выпало в третьих декадах июня и июля (до 200 %). Начало формирования бобов зафиксировали 1 июля 2022 года. Достаточно сухая и жаркая (температура до 2,5° выше нормы, до 34 % ниже нормы осадков) погода в августе благоприятствовала созреванию культуры и её уборке (04.09.2023).

Анализ урожайных данных за период 2022-2023 гг. выявил, что предпосевное внесение N75P50K62 на планируемый урожай – 3т повышает урожайность фасоли обыкновенной сорта Маркиза в среднем на 0,73 т, что составляет 31,3 %. Тенденция является устойчивой и мало зависит от погодных факторов.

Листовая подкормка органоминеральными удобрениями в 2022 году также способствовала увеличению урожая, но вдвое меньше – на 0,42 т, что составило 16 % (таблица 2). ВКУ, внесенные в 2023 году в фазы 2-3 листьев (08.06.2022), бутонизации (21.06.2022) и цветения-начала образования бобов (04.07.2022), способствовали незначительному (на 4,5 %) увеличению урожайности (таблица 2), что может быть связано с особенностями погодных условий в 2023 г.: засушливая погода в первой и второй декадах июня, когда проводились внекорневые подкормки, не способствовала усвоению растениями питательных веществ через лист. Средняя прибавка урожая при внесении внекорневых удобрений за два года составила 10,7 %. Можно предположить, что влияние данного фактора находится в большей зависимости от погодных условий.

Таблица 2

Влияние удобрений и способов их внесения
на урожайность фасоли обыкновенной сорта Маркиза, 2022-2023 гг.

Варианты	2022			2023			Средняя		
	т/га	прибавка		т/га	прибавка		т/га	прибавка	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
Контроль	2,63	–	–	2,02	–	–	2,33	–	–
Внесение N75P50K62 на планируемый урожай – 3 т	3,44	0,81	31	2,68	0,66	32,6	3,06	0,73	31,3
ВКУ*	3,05	0,42	16	2,11	0,09	4,5	2,58	0,25	10,7
НСП ₀₅ – т/га	0,3			0,4					

*ВКУ – внекорневые удобрения: листовая подкормка в фазу 2-3 листьев органоминеральными удобрениями Ультрамаг Комби 1 л/га + Биостим Зерновой + 1 л/га + Ультрамаг Молибден 0,5 л/га; бутонизации и цветения – удобрениями Ультрамаг Комби 1 л/га + Биостим Зерновой + 1 л/га.

Таким образом, внесение N75P50K62 на планируемый урожай – 3 т является более эффективным, но в условиях невозможности внесения или отсутствия основного удобрения частично компенсировать снижение урожая могут листовые подкормки. Структурный анализ снопового материала подтвердил достоверное увеличение урожайности фасоли за счёт повышения количества бобов, семян на 1 растение и массы 1 000 зёрен при использовании изучаемых приёмов (таблица 3).

Предпосевное внесение удобрений способствовало изменению основных показателей морфологических признаков растений фасоли в сторону увеличения: длины растений – на 21 %; количества бобов с растения – на 12,9 %, семян в бобе – на 22,2 %; массы зёрен с растения – на 47,1 %, 1 000 зёрен – 6,5 %.

При внекорневых подкормках количество бобов с растения увеличивается на 9,4 %; масса зёрен с растения – на 17 %, масса 1 000 зёрен – на 3,7 % (таблица 3).

Таблица 3

Влияние удобрений и способов их внесения
на изменения морфологических признаков фасоли сорта Маркиза за 2022-23 гг.

Год	Вариант	Длина растений, см	Количество, шт.			Масса, г	
			бобов с 1 растения	семян с растения	семян в бобе	зерна с 1 растения	1 000 зёрен
2022	Контроль	30,2	8,0	28	3,5	9,8	351,5
	НРК	33,8	9,4	37	4,0	13,5	366
	ВКУ	33,2	9,6	36	3,8	12,7	353,5
2023	Контроль	28,5	9,0	33	3,7	11,4	344
	НРК	37,4	9,8	47	4,8	17,6	375
	ВКУ	27,1	8,9	33	3,7	12,1	368
Средние за 2022-2023 гг.	Контроль	29,4	8,5	30,5	3,6	10,6	347,8
	НРК	35,6	9,6	42	4,4	15,6	370,5
	ВКУ	30,2	9,3	34,5	3,8	12,4	360,8

Учёты биометрических показателей в период вегетации показали, что в вариантах с внесением основного удобрения на 14–30 % растёт высота растений.

Внесение ВКУ увеличивало высоту растений в меньшей степени – на 2,7–4,6 % в периоды цветения и налива зерна соответственно (таблица 4).

Таблица 4

Влияние фактора питания
на динамику линейного роста и зелёной массы фасоли сорта Маркиза

Вариант	Длина растения, см						Вес зелёной массы, г		
	фаза цветения			фаза налива зерна			фаза цветения		
	2022	2023	среднее	2022	2023	среднее	2022	2023	среднее
Контроль	21,4	22,3	21,85	32,8	27,6	30,2	21,4	24,7	23,1
НРК	26,8	23,2	25	38,8	39,9	39,4	30,2	33,3	31,75
ВКУ	23	21,9	22,45	35,2	27,9	31,6	22,9	26,2	24,6

Выявлено, что внесение основного удобрения способствует снижению распространённости бактериоза фасоли сорта Маркиза, что также отражается на показателях урожайности. В 2022 году в фазу бутонизации при предпосевном внесении удобрения распространённость заболевания была ниже контроля на 66 %, в 2023 – на 68 %, в результате чего уменьшилась степень развития болезни: на 69,6 и 73,7 % – в фазу бутонизации (соответственно в 2022 и 2023 годах); на 27,6 и 13,9 % – в фазу налива зерна (таблица 5).

В 2022 году распространённость заболевания при внесении листовых подкормок снизилась на 8,7 %, в 2023 году – на 10,7 %. Степень развития болезни в 2022 году сократилась на 8,7 % в фазу бутонизации и на 10,3 % – в фазу налива зерна; в 2023 году – на 10,5 и 9,6 % соответственно (таблица 5).

Таким образом, изучение влияния различных форм удобрений и способов их

внесения на снижение развития болезней показало, что предпосевное внесение N75P50K62 на планируемый урожай – 3 т способствовало значительному снижению развития бактериоза: на 71,7 % – в фазу бутонизации и существенному – на 21,2 % – в фазу налива зерна. Внекорневые подкормки снижают степень развития бактериоза фасоли на 9,5 и 9,9 % в соответствующие периоды (таблица 5).

Таблица 5

Развитие бактериоза фасоли обыкновенной
в зависимости от способов внесения удобрений, 2022-2023 гг.

Варианты	Развитие, %			Эффективность, %			Развитие, %			Эффективность, %		
	Бутонизация						Налив					
	2022	2023	среднее	2022	2023	среднее	2022	2023	среднее	2022	2023	среднее
Контроль	2,3	1,9	2,1	–	–	–	32,2	28,1	30,2	–	–	–
NPK	0,7	0,5	0,6	69,6	73,7	71,7	23,3	24,2	23,8	27,6	13,9	21,2
ВКУ	2,1	1,7	1,9	8,7	10,5	9,5	28,9	25,4	27,2	10,3	9,6	9,9

В результате учётов на поражённость фасоли фузариозными корневыми гнилями в 2023 году выявлено, что внесение основного удобрения способствует уменьшению распространённости корневых гнилей на фасоли сорта Маркиза, что ведёт к увеличению урожая. В варианте предпосевного внесения удобрения распространённость заболевания в фазу бутонизации оказалась ниже контроля на 42,3 %, в фазу налива – на 27,8 %. Развитие болезни снижается: на 68,8 % – в фазу бутонизации и на 52,8 % – в фазу налива зерна (таблица 6).

Внекорневые подкормки способствуют снижению степени заражённости и развития болезни в меньшей степени. Распространённость заболевания сокращается на 11,2 % в фазу налива, в фазу бутонизации остаётся на одном уровне с контролем. Степень развития болезни уменьшается: на 19,2 % – в фазу бутонизации и на 23,7 % – в фазу налива зерна (таблица 6).

Таблица 6

Развитие корневой гнили фасоли обыкновенной сорта Маркиза
в зависимости от способов внесения удобрений, 2023 г.

Варианты	Распространённость, %		Интенсивность, %		Эффективность, %	
	бутонизация	налив	бутонизация	налив	бутонизация	налив
Контроль	52	60	26,6	35,4	–	–
NPK	30	43,3	8,3	16,7	68,8	52,8
ВКУ	50	53,3	21,5	27	19,2	23,7

Таким образом, условия не позволяют реализовать потенциальную продуктивность фасоли обыкновенной сорта Маркиза, требуя рационального применения удоб-

рений, которые повышают урожай, оказывая влияние на морфологические признаки растений и увеличивая устойчивость к болезням. Практическое применение данного аспекта удобрений вместе с использованием биопрепаратов в комплексе как задача планируемых исследований позволит стабилизировать фитосанитарную ситуацию в посевах, снизить пестицидную нагрузку, экономические затраты и получить экологически безопасную продукцию высокого качества.

Заключение. В результате исследований:

– получены двухлетние данные (2022-2023 гг.), позволяющие при различных погодных условиях определить вклад применения различных способов внесения удобрений на формировании урожая и устойчивость к болезням нового сорта фасоли обыкновенной Маркиза;

– выявлено, что эффективность в отношении формирования урожая внесенного удобрения N75P50K62 выше (прибавка 31,3 %), чем эффективность листовых подкормок, применяемых в фазу 2-3 листьев органоминеральными удобрениями Ультрамаг Комби 1 л/га + Биостим Зерновой + 1 л/га + Ультрамаг Молибден 0,5 л/га; бутонизации и цветения – удобрениями Ультрамаг Комби 1 л/га + Биостим Зерновой + 1 л/га, но они могут частично компенсировать недобор урожая в случае невозможности внесения туков (прибавка 10,7 %). Данная тенденция подтверждается изменениями в динамике линейного роста и показателями морфологических признаков фасоли, что сказывается на продуктивности растений;

– внесение основного удобрения способствует значительному сокращению распространённости бактериоза фасоли, корневых фузариозных гнилей и степени развития заболеваний. Эффективность N75P50K62 составила 71,4 и 21,2 % в фазы бутонизации и налива зерна в отношении бактериоза; 68,8 и 52,2 % – относительно корневых гнилей. Листовая подкормка органоминеральными удобрениями в меньшей степени способствует сокращению развития болезней – 9,5 и 9,9 %; 19,2 и 23,7 % соответственно.

Список источников

1. Елисеева, Л. В. Изучение способов посева сортов фасоли в условиях Чувашской Республики / Л. В. Елисеева, О. П. Нестерова, М. В. Прокопьева // Аграрный научный журнал. 2019. № 8. С. 12–16. DOI 10.28983/asj.y2019i8pp12-16.
2. Мирошникова, М. П. Фасоль Хабаровская – новый раннеспелый сорт зернового использования / М. П. Мирошникова, О. А. Миуц, О. Л. Шепель // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. № 4 (36). С. 36–41. DOI 10.24411/2309-348X-2020-11202. EDN ХРАМТQ.
3. Мирошникова, М. П. Морфобиологические особенности нового белосемянного сорта фасоли обыкновенной Маркиза / М. П. Мирошникова, О. А. Миуц // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. № 1 (25). С. 48–52. DOI 10.24411/2309-348X-2018-10005.
4. Голопятов, М. Т. Роль минерального азота в реализации генетического потенциала сортов гороха различающихся по архитектонике листового аппарата / М. Т. Голопятов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. № 4 (32). С. 41–46. DOI 10.24411/2309-348X-2019-11130.
5. Кейних, Т. В. Определение норм удобрений для различных сортов зерновой фасоли на основе прямого использования результатов полевого опыта / Т. В. Кейних, М. А. Склорова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2019. № 2 (34). С. 29–35. EDN BAYFLB.
6. Effectiveness of preparations for increasing the activity of plant growth processes at NO-TILL technology / S. Y. Sorokina, N. S. Sorokin, S. M. Sychev, O. A. Okorokova // IOP Conference Series:

- Earth and Environmental Science, Moscow, Virtual, 17–18 ноября 2020 года. Vol. 650. – Moscow, Virtual, 2021. P. 012084. DOI 10.1088/1755-1315/650/1/012084. EDN BZEJXR.
7. Сорокина, С. Ю. Исследование воздействия нетрадиционных препаратов активизации процессов роста растений при использовании нулевой обработки почвы / С. Ю. Сорокина // Вестник аграрной науки. – 2018. № 2 (71). С. 124–129. DOI 10.15217/issn2587-666X.2018.2.124. EDN XMHWQR.
 8. Эффективность средств защиты от корневой гнили фасоли обыкновенной / И. Н. Порсев, В. В. Половникова, А. О. Абылканова, И. А. Субботин // Защита и карантин растений. – 2019. № 5. С. 26-27. EDN ZIMLYL.
 9. Куркина, Ю. Н. К вопросу устойчивости овощной фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) к засухе и болезням / Ю. Н. Куркина, Т. З. К. Нго // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2021. № 1 (19). С. 31–38. DOI 10.24888/2541-7835-2021-19-31-38. EDN BDVCQN.
 10. Бударина, Г. А. Обоснование защиты сои от семенной и почвенной инфекции в условиях Севера ЦЧО / Г. А. Бударина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. № 4 (40). С. 24–31. DOI 10.24412/2309-348X-2021-4-24-31. – EDN ITCYBO.
 11. Козлова, И. В. Влияние уровня минерального питания и применения полива на продуктивность и урожайность зерновой фасоли / И. В. Козлова // Рисоводство. – 2020. № 1 (46). С. 54–58. DOI 10.33775/1684-2464-2020-46-1-54-58. EDN JLFEDP.
 12. Плужникова, И. И. Влияние протравителя и минеральных удобрений на засоренность посевов и пораженность болезнями растений конопли посевной / И. И. Плужникова, Н. В. Криушин, И. В. Бакулова // Аграрный научный журнал. – 2021. № 11. С. 42–46. DOI 10.28983/asj.y2021i11pp42-46. – EDN PZQGXH.
 13. Глазова, З. И. Агроэкономическая эффективность применения микро-и органоминеральных удобрений при выращивании гречихи / З. И. Глазова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. № 2 (46). С. 74–82. DOI 10.24412/2309-348X-2023-2-74-82. EDN LWGFZP.
 14. Budarina, G. A. Promising elements of technologies on cultivating new varieties of leguminous crops in the conditions of central Russia / G. A. Budarina, A. S. Akulov, Z. I. Glazova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, Virtual, 17–18 ноября 2020 года. Vol. 650. – Moscow, Virtual, 2021. P. 012099. DOI 10.1088/1755-1315/650/1/012099. EDN LZINRK.
 15. Budarina, G. A. Promising elements of technologies on cultivating new varieties of leguminous crops in the conditions of central Russia / G. A. Budarina, A. S. Akulov, Z. I. Glazova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, Virtual, 17–18 ноября 2020 года. Vol. 650. – Moscow, Virtual, 2021. P. 012099. DOI 10.1088/1755-1315/650/1/012099. EDN LZINRK.

References

1. Eliseeva, L. V. Study of methods of sowing bean varieties in the conditions of the Chuvash Republic / L. V. Eliseeva, O. P. Nesterova, M. V. Prokopenko // The Agrarian Scientific Journal. – 2019. No. 8. pp. 12-16. DOI 10.28983/asj.y2019i8pp12-16.
2. Miroshnikova, M. P. Common bean Khabarovskaya is a new early matured grain variety / M. P. Miroshnikova, O. A. Miyuts, O. L. Shepel // Legumes and Groat Crops. 2020. No. 4(36). pp. 36-41. – DOI 10.24411/2309-348X-2020-11202. – EDN XPAMTQ.
3. Miroshnikova, M. P. Morphobiologic features of the new white-seeded common bean variety Marquise / M. P. Miroshnikova, O. A. Miyuts // Legumes and Groat Crops. – 2018. No. 1(25). pp. 48-52. DOI 10.24411/2309-348X-2018-10005.
4. Golopiatov, M. T. The role of mineral nitrogen in the realization of the genetic potential of pea varieties, differing in the architectonics of the leaf apparatus / M. T. Golopiatov // Legumes and Groat Crops. – 2019. No. 4(32). pp. 41-46. DOI 10.24411/2309-348X-2019-11130.
5. Keinikh T.V., Sklyarova M.A. Determination of fertilizer standards for various varieties of haricot bean based on the direct use of field experiment results // Bulletin of Omsk State Agrarian University. 2019. No. 2 (34). pp. 29-34.
6. Effectiveness of preparations for increasing the activity of plant growth processes at NO-TILL tech-

- nology / S. Y. Sorokina, N. S. Sorokin, S. M. Sychev, O. A. Okorokova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, Virtual, 17–18 November 2020. Vol. 650. – Moscow, Virtual, 2021. P. 012084. DOI 10.1088/1755-1315/650/1/012084. EDN BZEJXR.
7. Sorokina, S. Yu. Study of the impact of non-traditional drugs to enhance plant growth processes when using zero tillage / S. Yu. Sorokina // Bulletin of Agrarian Science. – 2018. No. 2(71). pp. 124-129. DOI 10.15217/issn2587-666X.2018.2.124. EDN XMHWQP.
 8. Efficiency of means of protection against root rot of common beans / I. N. Porsev, V. V. Polovnikova, A. O. Abylkanova, I. A. Subbotin // Plant protection and quarantine. – 2019. No. 5. pp. 26-27. EDN ZIMLYL.
 9. Kurkina, Yu. N. Revisiting the resistance of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to drought and diseases / Yu. N. Kurkina, T. Z. K. Ngo // Agro-industrial technologies of Central Russia. – 2021. No. 1(19). pp. 31-38. DOI 10.24888/2541-7835-2021-19-31-38. EDN BDBCQN.
 10. Budarina, G. A. Justification of soybean protection from seed and soil infection in the conditions of the North of the Central Black Earth Region / G. A. Budarina // Legumes and Groat Crops. 2021. No. 4(40). pp. 24-31. DOI 10.24412/2309-348X-2021-4-24-31. EDN ITCYBO.
 11. Kozlova, I. V. Influence of the level of mineral nutrition and the use of irrigation on the productivity and yield of haricot bean / I. V. Kozlova // Rice growing. – 2020. No. 1(46). pp. 54-58. DOI 10.33775/1684-2464-2020-46-1-54-58. EDN JLFEDP.
 12. Pluzhnikova, I. I. The influence of the protectant and mineral fertilizers on the contamination of crops and the disease infestation of common hemp plants / I. I. Pluzhnikova, N. V. Kriushin, I. V. Bakulova // The Agrarian Scientific Journal. – 2021. No. 11. pp. 42-46. DOI 10.28983/asj.y2021i11pp42-46. EDN PZQGX.
 13. Glazova, Z. I. Agro-economical efficiency of the use of micro- and organomineral fertilizers in the cultivation of buckwheat / Z. I. Glazova // Legumes and groat crops. – 2023. № 2(46). pp. 74-82. DOI 10.24412/2309-348X-2023-2-74-82. EDN LWGFZP.
 14. Budarina, G. A. Promising elements of technologies on cultivating new varieties of leguminous crops in the conditions of central Russia / G. A. Budarina, A. S. Akulov, Z. I. Glazova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, Virtual, 17–18 November 2020. Vol. 650. – Moscow, Virtual, 2021. – P. 012099. – DOI 10.1088/1755-1315/650/1/012099. – EDN LZINRK.
 15. Budarina, G. A. Promising elements of technologies on cultivating new varieties of leguminous crops in the conditions of central Russia / G. A. Budarina, A. S. Akulov, Z. I. Glazova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, Virtual, 17–18 November, 2020. Vol. 650. – Moscow, Virtual, 2021. – P. 012099. DOI 10.1088/1755-1315/650/1/012099. EDN LZINRK.

Сведения об авторах

Сорокина Светлана Юрьевна, старший научный сотрудник, тел.: 8-962-484-00-48,
e-mail: svetlana_sorokina_057@list.ru ORCID0009-0001-8953-5591

Information about the authors

S. Yu. Sorokina, Senior Scientist of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Research Center of Legumes and Groat Crops”, tel. 8-962-484-00-48,
e-mail: svetlana_sorokina_057@list.ru ORCID0009-0001-8953-5591

Статья поступила в редакцию 03.11.2023; одобрена после рецензирования 15.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 03.11.2023; approved after reviewing 15.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 64-75
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 64-75

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 619+618.7-002+ 616.15

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/007.4.16.2023

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ КОРОВ ПРИ ПОСЛЕРОДОВОМ ГНОЙНО-КАТАРАЛЬНОМ ЭНДОМЕТРИТЕ

Авраменко Мария Владиславовна, Чекрышева Виктория Владимировна

Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», Россия, г. Новочеркасск,
e-mail: veterinar1987@mail.ru

Аннотация. Матка у коровы представлена полым органом, выполняющим роль плодместилища, поделена на 3 отдела: шейку, тело и рога. Матка расположена в тазовой и брюшной полостях. Органы размножения коров претерпевают серьезные изменения в период беременности, а в послеродовой период быстро восстанавливаются [1,4]. Послеродовой период у коров в среднем протекает на протяжении 20–22 дней, из которых продолжительность и интенсивность выделения лохий составляет 15–17 дней [6]. Восстановление в послеродовой период может затянуться в связи тем, что данный орган наиболее подвержен к воздействию различных патогенных факторов эндо- и экзогенной природы, особенно в послеродовой период. На сегодняшний день эндометриты, особенно послеродовые, на молочных фермах занимают первостепенную позицию среди патологий воспалительного характера репродуктивной системы самок. По данным многих отечественных и зарубежных авторов, существует множество способов и средств терапии эндометритов у крупного рогатого скота, однако их терапевтическая эффективность имеет временный эффект – отмечаются частные рецидивы, а также множество осложнений, влияющих на дальнейшую продуктивность животных [7,10]. Следует отметить, что данная патология также наносит ощутимый экономический ущерб для хозяйств, складывающийся из затрат на лечение и потерю продукции. В своей работе мы определим показатели общего и биохимического анализов крови коров с диагнозом «эндометрит». Все исследования проводились на базе лаборатории гематологии СКЗНИВИ – филиале ФГБНУ ФРАНЦ. Отбор материала осуществлялся от коров красной степной и чёрно-пёстрой пород с диагнозом послеродовой гнойно-катаральный эндометрит в количестве 20 голов в хозяйствах Ростовской области, АО – «Большие Салы» и «Аксайская Нива». Также для сравнительного анализа полученных данных был проведён отбор проб крови у клинически здоровых животных в количестве 20 голов.

Ключевые слова: коровы, послеродовой гнойно-катаральный эндометрит, общий анализ крови, биохимический анализ крови, гематологические показатели, сыворотка крови, отбор проб, хвостовая вена.

Для цитирования: Авраменко М.В., Чекрышева В.В. Анализ показателей крови коров при эндометрите // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.64-75.
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/007.4.16.2023

Zootechnyandveterinaryscience

Originalarticle

**ANALYSIS OF BLOOD PARAMETERS OF COWS WITH POSTPARTUM
PURULENT-CATARRHAL ENDOMETRITIS**

Mariia V. Avramenko, Viktoriia V. Chekrysheva

North-Caucasus Zonal Scientific Research Veterinary Institute – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Rostov Agricultural Research Centre”¹, Russia, Novocherkassk, e-mail: gunkomasha1995@gmail.com, e-mail: veterinar1987@mail.ru

Abstract. The uterus of a cow is represented by a hollow organ that performs the role of a womb. It is divided into three sections – neck, body and horns. It is located in the pelvic and abdominal cavities. The reproductive organs of cows undergo serious changes during pregnancy, and recover quickly in the postpartum period [1,4]. On average, the postpartum period in cows lasts for 20-22 days, of which the duration and intensity of lochia is 15-17 days [6]. The recovery in the postpartum period may be lingered due to the fact that this organ is the most susceptible to the effects of various pathogenic factors of endogenous and exogenous nature, especially in the postpartum period. Nowadays, endometritis, especially postpartum, occupy a primary position among inflammatory diseases of the reproductive system of female animals on dairy farms. According to many domestic and foreign authors, there are many ways and means of endometritis treatment in cattle. However, their therapeutic effectiveness has a temporary effect. Particular relapses are noted, as well as many complications, which affect the further productivity of animals [7,10]. It should be noted that this disease also causes significant economic damage to farms, which consists of the cost of treatment and loss of products. In our work, we will determine the parameters of the general and biochemical blood analysis of cows with endometritis. All the studies were carried out on the basis of the Hematology Laboratory of North-Caucasus Zonal Scientific Research Veterinary Institute – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Rostov Agricultural Research Centre”. The material was collected from cows of the Red Steppe and Black Pied breeds with a diagnosis of postpartum purulent-catarrhal endometritis in the amount of 20 head at the farms of the Rostov Region, AO (Joint Stock Company) “Bolshie Saly” and “Aksaiskaia Niva”. Also, for a comparative analysis of the obtained data, blood samples were taken from 20 clinically healthy animals.

Key words: cows, postpartum purulent-catarrhal endometritis, general blood analysis, biochemical blood analysis, hematological parameters, blood serum, sampling, caudal vein

For citation: Avramenko M.V., Chekrysheva V.V. Analysis of blood parameters of cows with postpartum purulent-catarrhal endometritis // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16). P. 64-75. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/007.4.16.2023

Введение. Воспалительные заболевания органов размножения коров занимают первостепенные позиции на молочных фермах Ростовской области. Эндометрит относится к одной из основных патологий, возникающих в послеродовой период на фермах [4]. Возникновение эндометрита у коров сопровождается снижением репродуктивных функций животного. В полости матки возникает чрезмерная выработка спермиолизин, спермиотоксинов, бактериотоксинов, а также активных форм фагоцитов, что сни-

жает вероятность выживания спермиев [4,9]. Эндометрит наносит значительный экономический ущерб молочным фермам по причине снижения как молочной продуктивности животных, так и их репродуктивных способностей.

Нередко наблюдаются осложнения данного заболевания сопутствующими патологиями в матке при поздней диагностике и некачественно проведённой терапии. При осложнениях эндометрита появляются рубцы и спайки в полости матки, что препятствует нормальному вынашиванию плода [6,15]. Одной из основных причин затяжного течения болезни с последующими осложнениями считается проникновение облигатно-патогенной и активный рост условно-патогенной микрофлоры полости влагалища и матки.

Раздражение тканей и капилляров слизистой матки происходит за счёт внедрения в неё облигатно-патогенных микроорганизмов и выделения ими ферментов и токсинов [4,8]. Данный фактор вызывает ответную реакцию организма, выражающуюся в возникновении воспалительного процесса в месте внедрения микроорганизмов. При этом наблюдаются значительное утолщение эндометрия и возникновение фагоцитоза как защитного фактора.

При затянувшемся течении заболевания и снижении иммунного статуса организма коровы возникают осложнения заболевания сопутствующими патологиями (метриты, вагиниты и т.д.) [5,11]. Осложнения патологии могут привести к тяжёлым септическим процессам и даже некрозу тканей с гнилостным распадом [2,5].

Лейкоцитарный барьер не пропускает в глубь тканей матки слабо патогенные микроорганизмы, из-за чего заболевание протекает относительно легко и без возникновения осложнений, переходящих на другие слои матки. В таких случаях бактериальная интоксикация организма возникает ввиду развития послеродовых гнойных и гнойно-катаральных эндометритов. Развитие клинических признаков патологии в основном возникает на 4–6 сутки после отела [7,12].

Цель исследований – провести клинический осмотр здоровых коров, а также животных с признаками послеродового гнойно-катарального эндометрита для установления диагноза. Проведение общего и биохимического анализов крови с целью подтверждения диагноза послеродового гнойно-катарального эндометрита.

Задачи: 1. проведение клинического осмотра здоровых животных, а также с признаками послеродового гнойно-катарального эндометрита 2. проведение отбора проб крови от коров, больных послеродовым гнойно-катаральным эндометритом, для общего и биохимического анализов; 3. проведение общего и биохимического исследований крови на базе гематологической лаборатории СКЗНИВИ; 4. систематизация полученных данных и определение основных отклонений от нормы в гематологическом профиле.

Материал и методы исследований. Все исследования проводились в период с 2021 по 2023 год в лаборатории гематологии СКЗНИВИ – филиале ФГБНУ ФРАНЦ, а также на молочных фермах Ростовской области и АО – «Большие Салы» и «Аксайская Нива». В эксперимент включили коров красной степной и чёрно-пёстрой пород (20 голов) с диагнозом «послеродовой гнойно-катаральный эндометрит», а также 20 голов клинически здоровых животных.

Условия содержания животных на фермах одинаковые: в коровниках с бетонными полами, в качестве подстилки использовалась солома, кормление проходило 2 раза в день (силос, сено разнотравное, фураж), уборка навоза – 1 раз в день.

Для установки диагноза нами был проведён ряд общеклинических исследований: измерение температуры, пульса и дыхания, а также визуальный осмотр зоны патологии (внешние и внутренние половые органы животных).

Для проведения гематологического исследования у каждого животного с целью подтверждения диагноза послеродового эндометрита брали пробы крови из хвостовой вены для проведения морфологического и биохимического исследований.

Общий анализ осуществляли по общепринятой методике подсчёта форменных элементов в камере Горяева с разбавлением цельной крови. При общем клиническом анализе крови были определены основные морфологические показатели: СОЭ, количество лейкоцитов, эритроцитов, гемоглобина, тромбоцитов. Также был проведён подсчёт лейкоцитарной формулы в процентах.

Для подсчёта эритроцитов исследуемую кровь развели в специальном реактиве промышленного происхождения (4 мл реактива и 0,02 мл цельной крови) [13]. Подсчёт красных кровяных клеток проводили в 5 больших квадратах камеры Горяева, а число красных кровяных клеток определяли по формуле:

$$x = (a \times 4000 \times 200) / 80,$$

где: x – число эритроцитов в 1 мкл крови;

a – число сосчитанных эритроцитов.

В результате сокращения: $x = a \times 10000$.

Для подсчёта тромбоцитов также разбавляли цельную кровь в 200 раз специальным реактивом промышленного происхождения (4 мл реактива и 0,02 мл цельной крови). Подсчёт клеток проводили в 25 больших квадратах камеры Горяева [13]. Общее число клеток определяли по формуле:

$$x = a \times 250 \times 200 / 25,$$

где: x – число тромбоцитов в 1 мкл крови,

a – число тромбоцитов, сосчитанных в 25 больших квадратах счётной камеры,

200 – разведение крови,

25 – число больших квадратов,

250^{-1} мм^2 – площадь одного большого квадрата.

В результате сокращения: $x = a \times 2000$.

Определение количества лейкоцитов также проходило при помощи камеры Горяева. Разбавление крови составило в 20 раз. В сухую пробирку поместили 0,4 мл 5%-ного раствора уксусной кислоты, к которому внесли 0,02 мл цельной крови. Подсчёт осуществляли в 100 квадратах счётной камеры. Растётделали по формуле:

$$x = \frac{n}{1600} \times 4000 \times 20,$$

то есть $x = n \times 50$,

где n – число сосчитанных лейкоцитов;

1600 – среднеарифметическое число лейкоцитов в одном малом квадрате;

4000 – во столько раз объём одного малого квадрата меньше 1 мкл;

20 – разведение крови.

Для определения лейкоцитарной формулы нами были сделаны мазки на предметных стеклах, которые после высыхания окрасили по Романовскому-Гимза. Количество лейкоцитов определяли однополюсным методом в средней части мазка, где, проходя его поперёк от одного края до другого и обратно, подсчитывают 100 лейкоцитов [13].

Определение количества гемоглобина проводили по Сали. В градуированную пробирку гемометра до нижней отметки набирали 0,1 н раствора соляной кислоты, после чего туда же внесли 0,02 мл цельной крови. Кровь в пробирке тщательно перемешали соляной кислотой стеклянной палочкой и оставили на 5 минут. Далее провели титрование полученного содержимого дистиллированной водой до полного совпадения полученной жидкости с эталонами. Показания гемоглобина снимали по нижнему мениску и полученную цифру умножали на 10 для получения количества из % в г/л [13].

Определение СОЭ проходило с 5%-ным раствором цитрата натрия, промывание капилляра – при помощи того же раствора, после чего набирали в него 5%-ный раствор цитрата натрия до отметки «Р». В этот же капилляр набирали кровь до отметки «К». Смешивание раствора цитрата натрия с кровью делали в пробирке и снова набирали в тот же капилляр до отметки «0». Для определения конечного результата капилляр с полученной смесью устанавливали в аппарат Панченкова. Результат учитывали по столбику плазмы [13].

Определение биохимического состава крови осуществляли на полуавтоматическом анализаторе HOSPITEX DIAGNOSTICS EOS Bravo Forte по таким показателям, как общий холестерин, общий белок, альбумин, АСТ, АЛТ, общий и прямой билирубин, креатинин, мочевины, амилаза, щелочная фосфатаза, глюкоза, кальций и фосфор.

Материалы исследований проанализировали, а числовые показатели обработали методом критерия Стьюдента в программе Excel

Результаты исследований и их обсуждение. При проведении измерения температуры пульса и количества дыхательных движений было установлено, что у животных с клиническими проявлениями послеродового эндометрита, а именно наличием гиперемии слизистой оболочки матки и влагалища, истечений гнойно-катарального характера из половой щели, наблюдалось повышение температуры, увеличение пульса и количества дыхательных движений (таблица 1).

Таблица 1

Анализ клинического осмотра коров
с послеродовым гнойно-катаральным эндометритом (n=20)

Показатели, единицы измерения						
№ бирки	Температура °С		Пульс, уд./мин.		Дыхание, дых., дв./мин.	
	х	х ²	х	х ²	х	х ²
АО «Аксайская Нива»						
27676	40,0	1600	83	6889	44	1936
02668	40,1	1608,01	91	8281	41	1681
00618	39,9	1592,01	89	7921	32	1024
70137	40,0	1600	90	8100	40	1600
84895	41,1	1689,21	82	6724	35	1225
13159	40,2	1616,04	87	7569	38	1444
34175	40,0	1600	100	10000	47	2209
85083	39,8	1584,04	84	7056	35	1225
17290	40,3	1624,09	99	9801	45	2025
46832	40,1	1608,01	95	9025	41	1681

Продолжение таблицы 1						
«Большие Салы»						
64571	40,0	1600	94	8836	42	1764
03010	39,8	1584,04	81	6561	32	1024
13894	40,5	1640,25	91	8281	41	1681
18414	40,1	1608,01	86	7396	33	1089
14037	40,0	1600	93	8649	45	2025
42222	40,2	1616,04	90	8100	33	1089
81085	40,3	1624,09	92	8464	38	1444
48520	40,4	1632,16	80	6400	41	1681
60301	39,9	1592,01	98	9604	40	1600
64862	40,1	1608,01	90	8100	44	1936
Σ/Σ^2	802,8	32226,02	1795	161757	787	31383
Показатели, единицы измерения						
	Температура °C	Пuls, уд./мин.		Дыхание, дых., дв./мин.		
M±m	40,2±0,067	89±1,3		39±1,02		
Lim	37,5–39,0	50–80		15–30		

Из данных таблицы 1 видно, что температура при эндометрите у коров составляет в среднем $40,2 \pm 0,078$ °C, что значительно превышает пределы допустимых физиологических значений. Показатели пульса и дыхательных движений также превышают пределы допустимых значений ($89 \pm 1,3$ уд./мин. и $39 \pm 1,02$ дых., дв./мин.) соответственно.

У коров без клинических проявлений послеродового эндометрита все вышеперечисленные показатели находились в пределах физиологических норм (таблица 2).

Таблица 2

Анализ клинического осмотра здоровых коров (n=20)

№ бирки	Показатели, ед., измерения					
	Температура °C		Пuls, уд./мин.		Дыхание, дых., дв./мин.	
	x	x ²	x	x ²	x	x ²
АО «Аксайская Нива»						
28696	38,5	1482,25	80	6400	12	144
15908	39,1	1528,81	71	5041	20	400
88008	38,6	1489,96	79	6241	18	324
99008	39,0	1521	60	3600	23	529
71234	38,9	1513,21	72	5184	28	784
14583	39,0	1521	74	5476	23	529
56740	38,8	1505,44	58	3364	21	441
29009	38,8	1505,44	67	4489	15	225
17886	38,3	1466,89	69	4761	18	324
76540	39,1	1528,81	66	4356	19	361

Продолжение таблицы 2						
«Большие Салы»						
88342	37,9	1436,41	55	3025	30	900
04506	38,2	1459,24	67	4489	24	576
23659	39,0	1521	80	6400	28	784
34008	37,6	1413,76	50	2500	17	289
18995	37,9	1436,41	67	4489	24	576
50003	38,4	1474,56	69	4761	25	625
99330	38,0	1444	63	3969	20	400
35006	38,9	1513,21	75	5625	29	841
36778	38,7	1497,69	61	3721	17	289
77009	39,0	1521	63	3969	19	361
Σ/Σ^2	771,7	29780,09	1346	91860	430	9702
Показатели, ед., измерения						
	Температура °C	Пuls, уд./мин.	Дыхание, дых., дв./мин.			
M±m	38,6±0,09	67,3±1,8	21,5±1,09			
Lim	37,5–39,0	50–80	15–30			

В ходе исследований у каждого больного животного с целью подтверждения диагноза послеродовой эндометрит брали пробы крови из хвостовой вены для проведения морфологического и биохимического исследований.

В эксперимент были включены 20 коров с клиническими проявлениями послеродового эндометрита (гиперемия слизистой оболочки матки и влагалища, гнойно-катаральные истечения из половой щели) и 20 клинически здоровых коров. Определение биохимического состава крови осуществляли на полуавтоматическом анализаторе HOSPITEX DIAGNOSTICS EOS Bravo Forte по таким показателям, как общий холестерин, общий белок, альбумин, АСТ, АЛТ, билирубин общий и прямой, креатинин, мочеви́на, амила́за, щелочная фосфата́за, глюко́за, кальций и фосфор.

Таблица 3

Биохимический анализ крови коров
с диагнозом послеродовой гнойно-катаральный эндометрит (n=20)

Показатели, единицы измерения	Lim	M±m
Общий белок, г/л	62–82	103,2±2,1
Билирубин:		
общий, ммоль/л	0,7–14	1,94±0,4
прямой, ммоль/л	0,1–5,1	0,35±0,09
Креатинин, мкмоль/л	56–162	113,2±3,4
Мочевина, ммоль/л	2,8–8,8	24,7±1,35
АсАТ, ЕД/л	45–110	116,14±3,4
АлАТ, ЕД/л	6,9–35	21,03±1,4
α-амилаза, ЕД/л	41–98	34,4±6,6
Щелочная фосфатаза ЕД/л	18–153	63,1±2,28
Холестерин, ммоль/л	1,6–5,0	3,4±0,2
Глюкоза, ммоль/л	2,3–4,1	2,8±0,14
Альбумин, г/л	28–39	43,5±0,6
Кальций, ммоль/л	2,1–2,8	2,002±1,6
Фосфор, ммоль/л	1,4–2,5	2,05±0,1

Анализируя данные биохимических показателей крови больных эндометритом коров (таблица 1), установили, что наличие незначительных повышений со стороны общего белка ($103,2 \pm 2,1$ г/л), АсАТ ($113,2 \pm 3,4$ ЕД/л), альбумина ($43,5 \pm 0,6$ г/л) и мочевины ($24,7 \pm 1,35$ ммоль/л). Повышение всех вышеперечисленных показателей свидетельствует о течении воспалительного процесса в организме животных, а также о несбалансированном рационе питания с высоким содержанием белковых продуктов и возможным наличии стресса от перевозки животных из другого региона. У клинически здоровых коров отклонения наблюдались со стороны повышения альбумина и мочевины.

Таблица 4

Биохимический анализ крови клинически здоровых коров (n=20)

Показатели, единицы измерения	Lim	M±m
Общий белок, г/л	62–82	$75,0 \pm 2,0$
Билирубин:		
общий, ммоль/л	0,7–14	$2,8 \pm 0,9$
прямой, ммоль/л	0,1–5,1	$0,88 \pm 0,1$
Креатинин, мкмоль/л	56–162	$108,7 \pm 4,0$
Мочевина, ммоль/л	2,8–8,8	$15,9 \pm 1,54$
АсАТ, ЕД/л	45–110	$99,8 \pm 2,7$
АлАТ, ЕД/л	6,9–35	$30,0 \pm 1,9$
α-амилаза, ЕД/л	41–98	$63,4 \pm 6,9$
Щелочная фосфатаза ЕД/л	18–153	$85,2 \pm 2,9$
Холестерин, ммоль/л	1,6–5,0	$2,2 \pm 0,4$
Глюкоза, ммоль/л	2,3–4,1	$3,0 \pm 0,5$
Альбумин, г/л	28–39	$40,7 \pm 0,8$
Кальций, ммоль/л	2,1–2,8	$2,5 \pm 1,9$
Фосфор, ммоль/л	1,4–2,5	$1,9 \pm 0,8$

При анализе данных таблицы 4 установлено повышение мочевины ($15,9 \pm 1,54$ ммоль/л), а также альбумина ($40,7 \pm 0,8$ г/л). Рост данных показателей свидетельствует о несбалансированном питании животных и возможном наличии стресса от перевозки животных из другого региона.

При общем клиническом анализе крови были определены основные морфологические показатели: СОЭ, количество лейкоцитов, эритроцитов, гемоглобина, тромбоцитов. Также был проведён подсчёт лейкоцитарной формулы в процентах.

Таблица 5

Морфологические показатели крови коров
с диагнозом послеродовой гнойно-катаральный эндометрит (n=20)

Показатели, единицы измерения							
	Эритроци- ты, млн/мм ³	Гемоглобин, г/л	Лейкоциты, тыс./ мм ³		СОЭ, мм/ч	Тромбоциты, 10 ⁹ /л	
M±m	8,6±0,12	105,5±3,18	10,64±0,3		5,4±0,4	252±5,16	
Lim	5–7,5	90–140	6,1–9,1		0,5–1,5	260–700	
Лейкоцитарная формула							
	Б, %	Э, %	Нейтрофилы			Л, %	М, %
			Ю, %	П, %	С, %		
M±m	0,52±0,04	3,065±0,07	0	25,15± 0,5	32,1±0,5	38,6±0,64	0,54±0,002
Lim	0–2	5–8	0–1	2–5	20–35	40–65	2–7

Анализ таблицы 2 показал, что при изучении морфологических показателей крови коров, больных эндометритом, наблюдается ярко выраженная картина воспалительного процесса в организме. У всех животных при эндометрите отмечается повышение лейкоцитов ($10,64 \pm 0,3$ тыс./мм³), эритроцитов ($8,6 \pm 0,12$ млн/мм³), СОЭ ($5,4 \pm 0,4$ мм/ч). Также в картине крови регистрируется сдвиг лейкоцитарной формулы вправо с повышением количества палочкоядерных форм нейтрофилов ($25,15 \pm 0,5$ %) и увеличением сегментоядерных форм нейтрофилов ($32,1 \pm 0,5$ %).

При проведении анализа морфологических показателей у клинически здоровых коров отклонений от физиологических норм не обнаружено.

Таблица 6
Морфологические показатели крови клинически здоровых коров (n=20)

Показатели, единицы измерения							
	Эритроциты, млн/мм ³	Гемоглобин, г/л	Лейкоциты, тыс./мм ³		СОЭ, мм/ч	Тромбоциты, 10 ⁹ /л	
M±m	5,4±0,03	139,5±2,003	7,8±0,4		0,9±0,1	301±5,16	
Lim	5–7,5	90–140	6,1–9,1		0,5–1,5	260–700	
Лейкоцитарная формула							
	Б, %	Э, %	Нейтрофилы			Л, %	М, %
			Ю, %	П, %	С, %		
M±m	1,0±0,1	6,3±0,2	0	4,8±0,03	29,8±0,6	52,6±0,8	5,5±0,005
Lim	0–2	5–8	0–1	2–5	20–35	40–65	2–7

Данные таблицы 6 свидетельствуют об отсутствии отклонений от физиологической нормы в гематологическом профиле морфологических показателей крови в отличие от данных показателей у коров с клиническими признаками послеродового гнойно-катарального эндометрита.

Вывод. При анализе морфологических показателей крови коров, больных эндометритом, прослеживается ярко выраженная картина воспалительного процесса в организме. У всех животных при эндометрите отмечается повышение лейкоцитов ($10,64 \pm 0,3$ тыс./мм³), эритроцитов ($8,6 \pm 0,12$ млн/мм³), СОЭ ($5,4 \pm 0,4$ мм/ч). Также в картине крови регистрируется сдвиг лейкоцитарной формулы вправо с повышением количества палочкоядерных форм нейтрофилов ($25,15 \pm 0,5$ %) и увеличением сегментоядерных форм нейтрофилов ($32,1 \pm 0,5$ %). При проведении такого же анализа с клинически здоровыми коровами отклонений от физиологических норм не выявлено, что подтверждает: данные показатели указывают на наличии послеродового эндометрита гнойно-катарального характера у группы животных с клиническими признаками послеродового эндометрита.

Анализ данных биохимических показателей крови от коров с диагнозом «послеродовой гнойно-катаральный эндометрит» установил, что присутствуют незначительные повышения со стороны общего белка ($103,2 \pm 2,1$ г/л), АсАТ ($113,2 \pm 3,4$ ЕД/л), альбумина ($43,5 \pm 0,6$ г/л) и мочевины ($24,7 \pm 1,35$ ммоль/л). Данные показатели не указывают нам прямую связь с диагнозом, а лишь на наличие воспалительного процесса бактериальной этиологии в организме животных и низкое качество их кормления и содержания. При проведении биохимического анализа сыворотки крови от клинически здоровых коров установлено превышение со стороны мочевины ($15,9 \pm 1,54$ ммоль/л), а также

альбумина ($40,7 \pm 0,8$ г/л), но при этом отсутствуют отклонения в показателе «общий белок», что указывает на отсутствие воспалительного процесса в организме животных. Но повышение со стороны иных вышеуказанных показателей также, как и в группе с признаками послеродового гнойно-катарального эндометрита, говорит о наличии отклонений со стороны кормления и содержания, но при этом чёткой связи с диагнозом послеродовой эндометрит не имеет.

Список источников

1. Krasochko, P. Acellular probiotics and asparagic acid in the prevention of postpartum endometritis in cows / P. Krasochko, T. V. Snitko // Науковий вісник ветеринарної медицини. – 2021. № 2(160). Р. 14–20. DOI 10.33245/2310-4902-2020-160-2-14-20. EDN OOCZGT.
2. Авдеевская, Н. Н. Анализ лечения больных маститом коров в одном из хозяйств Вологодской области / Н. Н. Авдеевская, Л. К. Семина, З. А. Скулябина // Ветеринария и кормление. – 2020. № 1. С. 18–20. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-1-4. EDN STAXZH.
3. Авраменко, М. В. Клинические признаки послеродового эндометрита у коров / М. В. Авраменко, В. В. Чекрышева // Ветеринария и кормление. – 2023. № 5. С. 4–6. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-5-1. EDN OWLAUB.
4. Алиев, А. Ю. Совершенствование акушерско-гинекологической диспансеризации коров в условиях интенсивного молочного скотоводства / А. Ю. Алиев, С. В. Федотов, Н. С. Белозерцева // Ветеринария Кубани. – 2022. № 6. С. 3–6. DOI 10.33861/2071-8020-2022-6-3-6. EDN SQIJQ.
5. Биохимические показатели крови больных эндометритом коров / Д. В. Капралов, К. В. Племяшов, С. П. Ковалев, В. А. Коноплев // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2019. № 1. С. 67–69. EDN XZFFQC.
6. Биохимические показатели крови дойных коров симментальской породы при скормлинии новых рецептов кормовых добавок в условиях Якутии / Н. М. Алексеева, П. П. Борисова, Н. А. Николаева [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2023. № 2. С. 11–14. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-2-3. EDN BLOBYU.
7. Бригада, А. В. Влияние факторов технического характера на результат приживляемости трансплантированных эмбрионов крупного рогатого скота / А. В. Бригада, О. А. Скачкова // Ветеринария и кормление. – 2020. № 5. С. 4–6. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-5-1. EDN ARYHTA.
8. Взаимосвязь заболеваний маточного поголовья и молодняка крупного рогатого скота Кемеровской области / А. С. Метлева, В. А. Плешков, С. Г. Лысенко, Н. Н. Вацуева // Ветеринария Кубани. – 2023. № 2. С. 18–22. DOI 10.33861/2071-8020-2023-2-18-22. EDN RXBPPL.
9. Головин, А. В. Влияние защищенных белковых добавок на продуктивность и обмен веществ коров / А. В. Головин // Ветеринария и кормление. – 2023. № 3. С. 27–31. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-6. EDN GROQDC.
10. Гунько, М. В. Анализ патогенной микрофлоры при эндометрите коров, а также определение её чувствительности к антибактериальным препаратам различных групп / М. В. Гунько, В. В. Чекрышева // Ветеринария Кубани. – 2022. № 3. С. 14–17. DOI 10.33861/2071-8020-2022-3-14-17. EDN UMDASN.
11. Клинико-сонографические изменения в матке многократно перегуливающих коров с субклиническим эндометритом / В. С. Авдеев, Н. А. Слесаренко, Г. С. Никитин [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2023. № 2. С. 7–11. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-2-2. EDN TQWUBT.
12. Метаболические заболевания крупного рогатого скота / В. А. Мищенко, А. В. Мищенко, Р. В. Яшин [и др.] // Ветеринария сегодня. – 2021. № 3(38). С. 184–189. DOI 10.29326/2304-196X-2021-3-38-184-189. EDN AJHYC.

13. Слесаренко, Н. А. Клинико-морфологическое обоснование диагностики субклинического эндометрита у коров / Н. А. Слесаренко, Е. О. Широкова, А. П. Белякова // Ветеринария и кормление. – 2021. № 3. С. 49–51. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-3-14. EDN FBL YQZ.
14. Совершенствование акушерско-маммологической диспансеризации коров в сухостойный период / С. В. Федотов, А. Ю. Алиев, И. С. Жеребцов, Н. С. Белозерцева // Ветеринария Кубани. – 2022. № 4. С. 10–12. DOI 10.33861/2071-8020-2022-4-10-12. EDN JGXXQE.
15. Терещенко, В. А. Молочная продуктивность и показатели обмена веществ коров при включении в рацион лесных ресурсов / В. А. Терещенко, Е. А. Иванов, О. В. Иванова // Ветеринария и кормление. – 2019. № 7. С. 25–28. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-7-7. EDN MZIMRI.

References

1. Krasochko, P. Acellular probiotics and asparagic acid in the prevention of postpartum endometritis in cows / P. Krasochko, T. V. Snitko // Scientific journal of veterinary medicine. – 2021. No. 2(160). pp. 14–20. DOI 10.33245/2310-4902-2020-160-2-14-20. EDN OOCZGT.
2. Avduevskaya, N. N. Treatment analysis of cows with mastitis in one of the farms of the Vologda Region / N. N. Avduevskaya, L. K. Semina, Z. A. Skulyabina // Veterinaria i kormlenie. – 2020. No. 1. pp. 18–20. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-1-4. EDN CTAXZH.
3. Avramenko, M. V. Clinical signs of postpartum endometritis in cows / M. V. Avramenko, V. V. Chekrysheva // Veterinaria i kormlenie. – 2023. No. 5. pp. 4–6. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-5-1. EDN OWLAUB.
4. Aliev, A. Yu. Improvement of obstetric and gynecological medical examination of cows in conditions of intensive dairy cattle breeding / A. Yu. Aliev, S. V. Fedotov, N. S. Belozertseva // Veterinaria Kubani. – 2022. No. 6. pp. 3–6. DOI 10.33861/2071-8020-2022-6-3-6. EDN SQIJJQ.
5. Biochemical blood parameters of cows with endometritis / D. V. Kapralov, K. V. Plemyashov, S. P. Kovalev, V. A. Konoplev // Issues of legal regulation in veterinary medicine. – 2019. No. 1. pp. 67–69. EDN XZFQKC.
6. Biochemical blood parameters of dairy cows of the Simmental breed when feeding new recipes of feed additives in Yakutia / N. M. Alekseeva, P. P. Borisova, N. A. Nikolaeva [et al.] // Veterinaria i kormlenie. – 2023. No. 2. pp. 11–14. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-2-3. EDN BLOBYU.
7. Brigida, A.V. Influence of technical factors on the survival rate of transplanted cattle embryos / A.V. Brigida, O. A. Skachkova // Veterinaria i kormlenie. – 2020. No. 5. pp. 4–6. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-5-1. EDN ARYHTA.
8. Interrelation of diseases of the breeding stock and young cattle of the Kemerovo Region / A. S. Metleva, V. A. Pleshkov, S. G. Lysenko, N. N. Vatsueva // Veterinaria Kubani. – 2023. No. 2. pp. 18–22. DOI 10.33861/2071-8020-2023-2-18-22. EDN RXBPLL.
9. Golovin, A.V. Influence of protected protein supplements on the productivity and metabolism of cows / A.V. Golovin // Veterinaria i kormlenie. – 2023. No. 3. pp. 27–31. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-6. EDN GROQDC.
10. Gunko, M. V. Analysis of pathogenic microflora in cows with endometritis, as well as determination of its susceptibility to antibiotics of various groups / M. V. Gunko, V. V. Chekrysheva // Veterinaria Kubani. – 2022. No. 3. pp. 14–17. DOI 10.33861/2071-8020-2022-3-14-17. EDN UMDASN.
11. Clinical and sonographic changes in the uterus of repeatedly barren cows with subclinical endometritis / V. S. Avdeenko, N. A. Slesarenko, G. S. Nikitin [et al.] // Veterinaria i kormlenie. – 2023. No. 2. pp. 7–11. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-2-2. EDN TQWUBT.
12. Metabolic diseases of cattle / V. A. Mishchenko, A.V. Mishchenko, R. V. Yashin [et al.] // Veterinary science today. – 2021. No. 3(38). pp. 184–189. DOI 10.29326/2304-196X-2021-3-38-184-189. EDN AJJHYC.

13. Slesarenko, N. A. Clinical and morphological substantiation of the diagnosis of subclinical endometritis in cows / N. A. Slesarenko, E. O. Shirokova, A. P. Belyakova // Veterinaria i kormlenie. – 2021. No. 3. pp. 49-51. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-3-14. EDN FBL YQZ.
14. Improvement of obstetric and mammological medical examination of cows in the dry period / S. V. Fedotov, A. Yu. Aliev, I. S. Zherebtsov, N. S. Belozertseva // Veterinaria Kubani. – 2022. No. 4. pp. 10-12. DOI 10.33861/2071-8020-2022-4-10-12. EDN JGXXQE.
15. Tereshchenko, V. A. Milk productivity and metabolism parameters of cows when included in the diet of forest resources / V. A. Tereshchenko, E. A. Ivanov, O. V. Ivanova // Veterinaria i kormlenie. – 2019. No. 7. pp. 25-28. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-7-7. EDN MZIMRI.

Сведения об авторах.

Авраменко Мария Владиславовна, аспирант, младший научный сотрудник, Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», тел: 8 (904) 503-48-82, e-mail: gunkomasha1995@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0536-82881

Чекрышева Виктория Владимировна, кандидат ветеринарных наук, доцент, директор Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», e-mail: veterinar1987@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6975-97582

Information about the authors

M.V. Avramenko, postgraduate student, Junior Researcher, North-Caucasus Zonal Scientific Research Veterinary Institute – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Rostov Agricultural Research Centre”, tel: 8 (904) 503-48-82, e-mail: gunkomasha1995@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0536-82881

V.V. Chekrysheva, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Director of the North-Caucasus Zonal Scientific Research Veterinary Institute – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Rostov Agricultural Research Centre”, tel: 8 (908) 511-01-39, e-mail: veterinar1987@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6975-97582

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 03.11.2023; одобрена после рецензирования 15.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 03.11.2023; approved after reviewing 15.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 76-85
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 76-85

Зоотехния и ветеринария

Научная статья
УДК 636.32/.38.082
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/008.4.16.2023

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МНОЖЕСТВЕННОЙ ОВУЛЯЦИИ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ДАТИРОВАННЫХ ЭМБРИОНОВ У ОВЕЦ

Али-Магомед Муссаевич Айбазов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, Ставропольский край, Михайловск,
e-mail: info@fnac.center

Аннотация. В статье приводятся результаты поисковых работ по разработке оптимальной схемы гормональной индукции полиовуляции; определению времени и режима получения оплодотворенных ооцитов, находящихся на стадии 2 пронуклеусов для микроинъекции генной конструкции. В исследовании использовали 24 взрослых клинически здоровых овец. Овцам-донорам для пролонгации лютеиновой фазы и синхронизации полового цикла применяли интравагинальные пессарии, пропитанные 45 мг флюогестон ацетата. В качестве стимулятора фолликулогенеза применялся препарат Folltropin-V в общей дозе 220 мг. Оперативный доступ к внутренним половым органам осуществляли срединной вентральной лапаротомией. Все овцы-доноры (100 %) пришли в состояние эструса, однако только у 19 животных (79,2 %) была обнаружена множественная овуляция. Выяснено, что среднее время, проходившее от удаления пессария до начала охоты, составило 15,3 часа с достаточно широкими колебаниями от 9 до 29 часов. Среднее время, проходившее от удаления пессария до завершения признаков эструса, составило 42,7 часов с вариативностью показателя от 31 до 50 часов. Средняя продолжительность половой охоты в группе доноров составила 27,2 часа, при этом вариативность – от 9 до 41 часа. Всего от 19 доноров с полиовуляцией было получено 117 гамет (6,16 клеток от 1 донора). При этом неоплодотворенных ооцитов обнаружено 32 (27,4 %, или 1,68 на 1 донора), на стадии 2 пронуклеусов выявлено 50 клеток (42,7 %, или 2,6 на 1 донора), иных клеток оказалось 35 (29,9 %, или 1,8 на 1 донора). Полученные данные не позволяют выявить и обосновать четкие критерии времени оперативного вмешательства для получения оплодотворённых яйцеклеток на стадии 2 пронуклеусов. Однако на основе анализа полученных данных можно констатировать, что для расчёта времени извлечения гамет на определённой стадии развития у овец приоритетное значение имеют такие параметры, как начало охоты и длительность эструса. Данные параметры получены экспериментальным путём и могут служить в качестве ориентира при проведении работ по получению гамет на стадии 2 пронуклеусов.

Ключевые слова: овцы, гормоны, доноры, индукция суперовуляции, пронуклеус, эмбрионы

Для цитирования: Айбазов А.-М. М. Усовершенствование технологии множественной овуляции с целью получения датированных эмбрионов у овец // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.76-85.

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/008.4.16.2023

Zootechny and veterinary science

Original article

**IMPROVEMENT OF MULTIPLE OVULATION TECHNOLOGY FOR THE
PURPOSE OF OBTAINING DATED EMBRYOS IN SHEEP**

Ali-Magomet M. Aibazov

FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk, e-mail: info@fnac.center

Abstract. The article presents the results of preconceptual study on the development of an optimal scheme for hormonal induction of polyovulation; determining the time and mode of obtaining fertilized oocytes at the stage of two pronuclei for microinjection of the gene construct. 24 adult clinically healthy sheep were used in the study. In order to prolong the luteal phase and synchronize the estrous cycle, sheep donors were treated with intravaginal pessaries soaked with 45 mg of flugestone acetate. Folltropin -V was used as a folliculogenesis stimulator at a total dose of 220 mg. Instant access to the internal genital organs was achieved through a ventral midline laparotomy. All sheep donors (100%) entered estrus, but only 19 animals (79,2%) were found to have multiple ovulation. It was found that the average time period from removal of the pessary to onset of estrus was 15,3 hours with wide variations from 9 to 29 hours. The average time period from removal of the pessary to the completion of estrus signs was 42,7 hours, with variability from 31 to 50 hours. The average duration of estrus in the donor group was 27,2 hours, with variability ranging from 9 to 41 hours. In total, 117 gametes (6,16 cells from 1 donor) were obtained from 19 donors with polyovulation. At the same time, 32 unfertilized oocytes were found (27,4% or 1,68 per donor). 50 cells were identified at the stage of two pronuclei (42,7% or 2,6 per donor). Also, there were 35 other cells (29,9 % or 1,8 per donor). The obtained data do not allow us to identify and justify clear criteria for the timing of operative measure to obtain fertilized eggs at the stage of two pronuclei. However, based on the analysis of the obtained data, it can be stated that to calculate the time of gamete retrieval at a certain stage of development in sheep, parameters such as the onset of estrus and the duration of estrus have priority. These parameters were obtained experimentally and could serve as a guideline when carrying out a work on obtaining gametes at the stage of two pronuclei.

Key words: sheep, hormones, donors, superovulation induction, pronucleus, embryos

For citation: Aibazov A.-M. M. Improvement of multiple ovulation technology for the purpose of obtaining dated embryos in sheep // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16). P. 76-85. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/008.4.16.2023

Введение. Одной из ключевых вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) является техника множественной овуляции и эмбриотрансфера (МОЭТ) [1, 2, 3], широко используемая в мире для повышения эффективности воспроизводства в рамках программ разведения жвачных животных с целью существенного ускорения генетического прогресса [4, 5]. В то же время значительная изменчивость ответа яичников на использование стандартных методик индукции множественной овуляции критически ограничила широкое использование этой биотехнологии у мелких жвачных [6-8].

Исследователи считают, что непредсказуемость яичникового ответа на экзогенную гормональную стимуляцию, приводящая в одних случаях к достаточно успешным, а в других случаях – к неудовлетворительным результатам обусловлена разными факторами, подразделяя при этом их на внутренние и внешние. К основным внутренним факторам, которые могут влиять на результаты суперовуляции у овец, относят породу [9, 10] и фолликулярную популяцию, присутствующую в начале протокола суперовуляции [11]; к внешним факторам – сезон года, климатические условия содержания, вид препарата для индукции полиовуляции, схему его аппликации и другие [12].

Несмотря на то, что до сих пор исследователи получают противоречивые данные даже при использовании идентичных протоколов суперовуляции, технология МОЭТ будет интенсивно развиваться и одним из драйверов этого движения может стать технология трансгенеза и получения трансгенных животных.

Под трансгенезом понимают процесс переноса и интеграции чужеродной генетической информации в геном животных. Такая информация представляет собой либо отдельный участок ДНК с собственными (гомологичными) регуляторными последовательностями (эукариотическая транскрипционная единица), либо сконструированный из различных молекул ДНК гибридный (рекомбинантный) ген. Соответственно, трансгенные животные – это особи, в ДНК которых искусственно интегрирована чужеродная генетическая информация (трансген), в связи с чем эти животные могут иметь заданные характеристики.

В настоящее время для получения трансгенных животных используются несколько подходов. Наибольшее распространение получил метод микроинъекции чужеродной ДНК (чДНК), как правило плазмидных генно-инженерных конструкций, в пронуклеусы зигот [13].

Пронуклеус – это ядро спермия или яйцеклетки в процессе оплодотворения. Спермий становится пронуклеусом после того, как проникает в яйцеклетку, но до того, как его генетический материал сливается с генетическим материалом (ядром) яйцеклетки.

В научной литературе базовая методика проведения микроинъекций в пронуклеусы зигот и даже особенности, возникающие при проведении этой манипуляции у разных млекопитающих, достаточно подробно описаны [14]. Базовая сущность метода микроинъекции заключается во введении раствора генных конструкций (обычно 1-2 пкл раствора ДНК в концентрации, соответствующей 1 000 копиям в 1 пкл микроинъекционного раствора) в мужской пронуклеус зигот. При этом следует указать, что мужской пронуклеус является предпочтительным лишь в плане большей величины по сравнению с ядром яйцеклетки и, следовательно, лучшей визуализации. Исследователи доказали, что независимо от количества копий экзогенной ДНК (от 1 до нескольких сотен) или же при микроинъекции нескольких рекомбинантных конструкций встраивание копий в геном происходит, как правило, в одном сайте.

Несмотря на определённые успехи в создании трансгенных животных разных видов, следует признать, что эффективность трансгенеза до настоящего времени остаётся на низком уровне. Современная мировая практика в этой области показывает, что для получения одного трансгенного животного требуется большое количество эмбрионов на определённой стадии развития и большое число реципиентов, что значительно удорожает технологию. По-видимому, здесь следует разделить многочисленные проблемы трансгенеза на 2 крупных блока. Первый блок проблем связан с манипуляциями, которые должны привести к получению от животных-доноров гамет на стадии 2 пронуклеусов, а именно: отбор овец-доноров, применение оптимальной схемы индукции

полиовуляции, техника получения гамет методом лапаротомии или лапароскопии. Второй блок проблем связан с манипуляциями по оценке гамет, собственно микроинъектированием в пронуклеус генной конструкции, контролем выживаемости эмбрионов после микроинъекции, с подготовкой самок-реципиентов, техникой эмбриотрансфера, приживляемостью и ранним пренатальным развитием зигот, подвергнутых различным процедурам, связанным с введением в их пронуклеусы генно-инженерных конструкций [15].

Следует подчеркнуть, что разработанные и успешно применяемые классические схемы индукции полиовуляции не в полной мере отвечают требованиям получения гамет на стадии 2 пронуклеусов [16, 17, 18]. В первую очередь потому, что синхронность овуляции при традиционной технологии МОЭТ желательна, но не императивна, в то время как в технологии трансгенеза данный фактор считается критически важным. Во-вторых, в связи с тем, что в технологии трансгенеза используются эмбрионы на стадии 2 пронуклеусов, а эта фаза развития эмбриона, по разным оценкам, имеет продолжительность всего 6–8 часов, становится понятным, что экспериментатор жестко ограничен по времени. При этом у него нет никаких оснований для более или менее достоверного прогнозирования времени получения этих клеток.

В связи со сказанным считаем, что для разработки эффективной технологии получения трансгенных животных необходимы исследования по оптимизации схем гормональной индукции полиовуляции у овец, определению времени вымывания (получения) эмбрионов на стадии 2 пронуклеусов с желательной привязкой этого времени к какому-нибудь достоверному и верифицируемому этапу манипуляций.

Основной задачей собственных исследований являлось проведение поисковых работ по разработке оптимальной схемы гормональной обработки овец с целью вызывания синхронной полиовуляции; определению времени и режима получения оплодотворенных ооцитов, находящихся на стадии 2 пронуклеусов для микроинъекции генной конструкции.

Материал и методы исследований. Исследования проведены в лаборатории воспроизводства и репродуктивных технологий на опытной станции Всероссийского НИИ овцеводства и козоводства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» Шпаковского района Ставропольского края, на экспериментальной базе ООО «Ставропольский фермер» (п. Ударный Прикубанского района Карачаево-Черкесской Республики). Объектом исследований стали взрослые овцематки пород российской селекции.

Для пролонгации овцам-донорам лютеиновой фазы и синхронизации полового цикла использовались интравагинальные pessaries (поролоновые губки), пропитанные 45 мг флюогестон ацетата. В качестве стимулятора фолликулогенеза применялся препарат Folltropin-V в общей дозе 220 мг, разделённой на 7 инъекций дважды в день с интервалом 12 часов, начиная с 12-го дня от начала гормональной обработки (день установления губки – день 0). На 14-й день донорам инъецировали по 0,1 мг ДВ простагландина F2 α . На следующий день донору подкожно вводили Ovarelin в дозе 0,6 мл.

Первую выборку маток в охоте проводили через 3 часа после удаления губки и осуществляли её через каждые 2 часа. Выявление эстральной стадии полового цикла проводили при помощи баранов-пробников с подвязанными фартуками (из расчёта 1 баран:6 овец). Для осеменения самок, у которых была установлена течка, использовали ручную случку с баранами с доказанной фертильностью и высоким качеством спермопродукции.

Перед оперативным вмешательством доноров переводили на 24-часовую диету без корма и 12-часовую водную диету. Оперативный доступ к внутренним половым органам осуществляли срединной вентральной лапаротомией. Предварительно доноры были анестезированы внутривенной инъекцией Telazol. После вскрытия брюшной полости оценивали состояние внутренних половых органов, фиксировали количество жёлтых тел в яичниках. Только доноры, реагирующие на суперовуляторную обработку тремя или более свежими сформировавшимися жёлтыми телами, подвергались извлечению эмбрионов. Для этого рога матки выводили наружу и каждый рог матки промывали 40 мл фосфатно-буферного раствора (PBS) с 10 % фетальной телячьей сывороткой (FCS). Промывочный раствор вводили в матку за её конец с помощью внутривенного катетера 18 G и извлекали из основания рога матки с помощью силиконового уретрального катетера. Смыв матки поддерживали в PBS при 37 °C в течение 20 минут, а извлеченные эмбрионы исследовали с помощью стереомикроскопа при увеличении $\times 20$. Во время процедур рога матки постоянно орошались стерильным 0,9%-ным физиологическим раствором при температуре 37 °C. После промывания их вводили обратно в брюшную полость, который орошали 0,9%-ным физиологическим раствором с 20 МЕ/мл гепарина натрия при 37 °C.

Эффективность схемы полиовуляции оценивали по следующим переменным: суперовуляторный ответ, выражаемый как процент овец, отвечающих на протокол суперовуляции; среднее количество жёлтых тел (ЖТ) на суперовулированную овцу. Идентифицировали и классифицировали полученные гаметы в соответствии с их морфологическим видом: общее количество полученных гамет и стадии развития эмбриона (неоплодотворенные ооциты, яйцеклетки на стадии 2 пронуклеусов, ранние эмбрионы, дегенерированные эмбрионы).

Результаты исследований и их обсуждение. Из 24 овец-доноров, подвергшихся гормональной индукции полиовуляции, в состояние эструса пришли все (100 %). Все животные были оперированы, однако только у 19 животных (79,2 %) обнаружили множественную овуляцию (более 3 сформировавшихся свежих жёлтых тел в одном яичнике).

Результаты эксперимента отражены в таблице 1.

Материалы таблицы демонстрируют, что среднее время, проходившее от удаления pessaria до начала охоты составило 15,3 часа с достаточно широкими колебаниями от 9 до 29 часов. Среднее время, проходившее от удаления pessaria до завершения признаков эструса, составило 42,7 часов с вариативностью показателя от 31 до 50 часов. Средняя продолжительность половой охоты в группе доноров составила 27,2 часа, при этом вариативность – от 9 до 41 часа. Данные параметры получены экспериментальным путём и могут служить в качестве ориентира при проведении подобных работ. Лапаротомию в среднем проводили через 65,6 часов после удаления pessaria (лимит – от 57 до 74 часов), или через 51,6 часов от начала охоты (лимит – от 33 до 59 часов), или через 23,3 часа от конца охоты (лимит – от 16 до 26 часов).

Всего от 19 доноров с полиовуляцией было получено 117 гамет на разной стадии (6,16 клеток от 1 донора). При этом неоплодотворённых ооцитов обнаружено 32 (27,4 %, или 1,68 на 1 донора), на стадии 2 пронуклеусов выявлено 50 клеток (42,7 %, или 2,6 на 1 донора), иных клеток оказалось 35 (29,9 %, или 1,8 на 1 донора).

Таблица 1

Результаты опыта по получению датированных по времени эмбрионов

№ животного	Эструс, от удаления пессария, ч.		Продолжительность охоты, ч.	Время предполагаемой овуляции, ч. от начала охоты/от удаления пессария
	начало	конец		
1	14	38	24	17/31
2	16	50	34	25/41
3	16	50	34	25/41
4	16	48	32	25/41
5	20	38	18	13/33
6	16	44	28	19/35
7	15	47	28	19/34
8	16	48	32	25/41
9	20	38	18	13/33
10	9	31	22	16/25
11	5	46	41	29/34
12	20	38	18	13/33
13	14	38	24	17/31
14	9	38	29	21/30
15	9	41	32	23/32
16	20	50	30	21/41
17	14	53	39	27/41
18	12	37	25	17/29
19	29	38	9	7/36
Среднее	15,3	42,7	27,2	19,6/34,8

Таблица 1 (а)

Результаты опыта по получению датированных по времени эмбрионов

Время операции по вымыванию эмбрионов, ч.			Полученные клетки (количество, качество и стадия развития)		
от удаления пессария	от начала охоты	от конца охоты	ооциты	на стадии 2 пронуклеусов	иные
63	59	25	2	3	4
73	58	24	1	2	1
74	58	24	2	3	2
72	56	24	2	3	3
62	42	24	1	4	1
68	52	24	2	2	3
66	51	23	1	3	4
72	56	24	1	3	1
62	42	24	0	3	3
57	48	27	3	0	0
62	57	16	2	3	3
62	42	24	1	4	1
63	59	25	2	2	3
64	55	26	1	3	2
67	58	26	2	3	1
69	52	19	1	4	1
71	56	20	1	3	2
57,5	45,5	20,5	3	3	0
62	33	24	4	0	0
65,6	51,6	23,3	32/1,68	50/2,63	35/1,8

Таким образом, в результате проведённых исследований получены новые научные знания об эффективности схемы гормональной индукции полиовуляции у овец; получены данные по времени хирургического извлечения гамет на стадии 2 пронуклеусов, пригодных для микроинъекций. Полученные результаты не позволяют выявить и обосновать чёткие критерии времени оперативного вмешательства для получения оплодотворённых яйцеклеток на стадии 2 пронуклеусов. В то же время результаты эксперимента дают основание утверждать, что нами впервые выявлены определённые приоритетные параметры, такие как начало и продолжительность эструса, наиболее тесно ассоциированные с оптимальным временем оперативного вмешательства и получения гамет на этой требуемой стадии. Это утверждение основано на расчётах, показавших, что продолжительность эстральной стадии полового цикла у овец-доноров прямо коррелировала с промежутком времени от её начала до лапаротомии и извлечения гамет.

Заключение. По результатам опыта и на основе анализа экспериментальных материалов можно сделать следующие обоснованные выводы.

1. При проведении биотехнологических работ по индукции полиовуляции с целью получения оплодотворённых яйцеклеток на стадии 2 пронуклеусов в качестве основного критерия должно быть определено время оплодотворения ооцитов *in vivo*. Однако на практике это является сложной задачей с учётом индивидуальных особенностей каждого животного, поэтому необходим большой массив данных, который позволит повысить объективность выводов.
2. Стадия 2 пронуклеусов у оплодотворённых ооцитов, необходимая для проведения микроинъекции генной конструкции, имеет продолжительность, по нашим данным, в среднем 3,6 часов, с колебаниями от 2 до 6 часов. Соответственно, время извлечения ооцитов должно определяться с точностью минимум 2 часа.
3. Для того, чтобы расчётным путём определить срок оплодотворения, необходимо учитывать 2 физиологических процесса, происходящих при индукции множественной овуляции: собственно процесс полиовуляции с обеспечением максимальной синхронности и время 1-го осеменения доноров в охоте с учётом транспорта спермиев в верхнюю треть яйцеводов, где происходит оплодотворение, и времени, необходимого для их капацитации.

Проведённые исследования являются поисковыми и требуют дальнейших экспериментов на большем материале для получения устойчиво верифицируемых результатов.

Список источников

1. Айбазов, А.-М.М., Мамонтова, Т.В., Сердюков, И.Г., Губаханов М.А. Результаты и перспективы использования вспомогательных репродуктивных технологий в воспроизводстве мелких жвачных животных // Овцы, козы и шерстяное дело. 2022. № 2. С. 8–14. DOI:10.26897/2074-0840-2022-2-8-14.
2. Maciel, G.S.; Rodriguez, M.G.K.; da Silva, P.D.A.; Nociti, R.P.; Uscategui, R.A.R.; Santos, V.J.C.; Feliciano, M.A.R.; Vicente, W.R.R.; Oliveira, M.E.F. (2017). Ovarian superstimulation treatment for multiple ovulation and embryo transfer programs in sheep. *Investigação* 16, 8. DOI:10.26843/investigacao.v16i8.1888.
3. Ciornei, S. G., Drugociu, D., Ciornei, L., Rosca, P. (2022). Ovarian response to P4-PGF-FSH treatment in Suffolk sheep and P4-PGF-PMSG synchronization in cross-bred ewes, for IVD and ET protocol. *Veterinary Medicine and Science*, 1–9.

<https://doi.org/10.1002/vms3.705>

4. Hailelassie Weldemariam Gebrehiwot, Yisehak Tsegaye and Berihu Gebrekidan (2018) A Review on Current Status of Embryo Transfer Technology in Sheep and Goats. *EC Veterinary Science* 3.1: 250-259.

5. Cosentino, I.O., Balaro, M.F.A., Arashiro, E.K.N., Santos, J.D.R., Carvalho, A.B.S., Clariget, R.P., Perez, R., Ungerfeld, R., Brandão, F.Z., 2019. Hormonal protocols for early resynchronization of ovulation in ewes: the use of progestagens, eCG, and inclusion of early pregnancy diagnosis with color Doppler ultrasound. *Theriogenology* 133, 113–118. DOI:10.1016/j.theriogenology.2019.04.033

6. Dias, J.H., Miranda, V.O., Oliveira, F.C., Vargas, S.F.Jr., Haas, C.S., Costa, V.G.G., Lucia Jr., T., Vieira, A.D., Corcini, C.D., Gasperin, B.G. (2020). Treatment with eCG and hCG to induce onset of estrous cycles in ewes during the non-breeding season: effects on follicular development and fertility. *Anim. Reprod. Sci.* 212, 106232. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106232>.

7. Figueira, L.M.; Alves, N.G.; Souza-Fabjan, J.M.G.; Batista, R.I.T.P.; Arrais, A.M.; Lima, R.R.; Oliveira, M.E.F.; Fonseca, J.F. (2020). In vivo embryo production and recovery in lacune ewes after imposing a superovulation treatment regimen is related to pFSH dose. *Anim. Reprod. Sci.* 223, 106625. DOI:10.1016/j.anireprosci.2020.106625.

8. Khan, S.U.; Jamal, M.A.; Su, Y.; Wei, H.-J.; Qing, Y.; Cheng, W. (2022). Towards Improving the Outcomes of Multiple Ovulation and Embryo Transfer in Sheep, with Particular Focus on Donor Superovulation. *Vet.Sci.* 9, 117. DOI: 10.3390/vetsci9030117.

9. Brasil, O.; Moreira, N.; Júnior, G.S.; Silva, B.; Mariante, A.; Ramos, A. (2016). Superovulatory and embryo yielding in sheep using increased exposure time to progesterone associated with a GnRH agonist. *Small Rumin. Res.*, 136, 54–58. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.01.005>.

10. Bartlewski, P.M. Recent advances in superovulation in sheep. *Rev. Bras. Reprod. Anim.* 2019, 43, 126–128.

11. Paramio, M.T., Izquierdo, D., 2014. Current status of In Vitro Embryo production in sheep and goats. *Reprod. Don. Anim.* 49, 37–48.

12. Panyaboriban, S., Suwimonteerabutr, J., Swangchan-Uthai, T., Tharasanit, T., Suthikrai, W., Suadsong, S., Techakumphu, M., 2018. A simplified superovulation protocol using split-single administration of Folltropin®-V in hyaluronan: application to purebred sheep. *Vet Med-Czech* 63, 321–328.

13. Baldassarre H, Wang B, Karatzas CN, et al. Production of transgenic goats by pronuclear microinjection of in vitro produced zygotes derived from oocytes recovered by laparoscopy. *Theriogenology*. 2003;59:831–9

14. Guzik A, Niemann H. Superovulation and recovery of zygotes suitable for microinjection in different breeds of sheep. *Anim Reprod Sci.* 1995;40:215–27

15. Айбазов М.М. Результаты приживляемости эмбрионов овец, полученных на разной стадии развития и криоконсервированных разными технологиями / *Сельскохозяйственный журнал*. 2023. №2 (16). С. 66–76.

DOI:10.48612/FARC/2687-1254/007.2.16.2023

16. Kaur, P., Swarankar, M.L., Maheshwari, M., Acharya, V., 2014. A comparative study between cleavage stage embryo transfer at day 3 and blastocyst stage transfer at day 5 in in-vitro fertilization/intra-cytoplasmic sperm injection on clinical pregnancy rates. *J. Hum. Reprod. Sci.* 7, 194–197.

17. Anakkul, N., Suwimonteerabutr, J., Tharasanit, T., Panyaboriban, S., Khunmanee, S.,

Thanomsuksinchai, N., Techakumphu, M., 2013. Production of black goat using laparoscopic artificial insemination and embryo transfer. *Thai J. Vet. Med.* 43, 259–263.

18. Khunmanee, S., Swangchan-Uthai, T., Suwimonteerabutr, J., Thiangthientham, P., Supappornchai, S., Techakumphu, M., 2019. Development of business models for indigenous genetic improvement in small ruminant farms through reproductive biotechnology. *Thai J. Vet. Med.* 49, 217–225.

References

1. Aibazov, A.-M.M., Mamontova, T.V., Serdyukov, I.G., Gubakhanov M.A. Results and prospects for the use of assisted reproductive technologies in the reproduction of small ruminants // *Sheep, goats and wool business*. 2022. No. 2. pp. 8-14. DOI:10.26897/2074-0840-2022-2-8-14

2. Maciel, G.S.; Rodriguez, M.G.K.; da Silva, P.D.A.; Nociti, R.P.; Uscategui, R.A.R.; Santos, V.J.C.; Feliciano, M.A.R.; Vicente, W.R.R.; Oliveira, M.E.F. (2017). Ovarian superstimulation treatment for multiple ovulation and embryo transfer programs in sheep. *Investigação* 16, 8. DOI:10.26843/investigacao.v16i8.1888.

3. Ciornei, S. G., Drugociu, D., Ciornei, L., Rosca, P. (2022). Ovarian response to P4-PGF-FSH treatment in Suffolk sheep and P4-PGF-PMSG synchronization in cross-bred ewes, for IVD and ET protocol. *Veterinary Medicine and Science*, 1–9. <https://doi.org/10.1002/vms3.705>

4. Hailelassie Weldemariam Gebrehiwot, Yisehak Tsegaye and Berihu Gebrekidan (2018) A Review on Current Status of Embryo Transfer Technology in Sheep and Goats. *EC Veterinary Science* 3.1: 250-259.

5. Cosentino, I.O., Balara, M.F.A., Arashiro, E.K.N., Santos, J.D.R., Carvalho, A.B.S., Clariget, R.P., Perez, R., Ungerfeld, R., Brandão, F.Z., 2019. Hormonal protocols for early resynchronization of ovulation in ewes: the use of progestagens, eCG, and inclusion of early pregnancy diagnosis with color Doppler ultrasound. *Theriogenology* 133, 113–118. DOI:10.1016/j.theriogenology.2019.04.033

6. Dias, J.H., Miranda, V.O., Oliveira, F.C., Vargas, S.F.Jr., Haas, C.S., Costa, V.G.G., Lucia Jr., T., Vieira, A.D., Corcini, C.D., Gasperin, B.G. (2020). Treatment with eCG and hCG to induce onset of estrous cycles in ewes during the non-breeding season: effects on follicular development and fertility. *Anim. Reprod. Sci.* 212, 106232. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106232>.

7. Figueira, L.M.; Alves, N.G.; Souza-Fabjan, J.M.G.; Batista, R.I.T.P.; Arrais, A.M.; Lima, R.R.; Oliveira, M.E.F.; Fonseca, J.F. (2020). In vivo embryo production and recovery in lacuna ewes after imposing a superovulation treatment regimen is related to pFSH dose. *Anim. Reprod. Sci.* 223, 106625. DOI:10.1016/j.anireprosci.2020.106625.

8. Khan, S.U.; Jamal, M.A.; Su, Y.; Wei, H.-J.; Qing, Y.; Cheng, W. (2022). Towards Improving the Outcomes of Multiple Ovulation and Embryo Transfer in Sheep, with Particular Focus on Donor Superovulation. *Vet.Sci.* 9, 117. DOI: 10.3390/vetsci9030117.

9. Brasil, O.; Moreira, N.; Júnior, G.S.; Silva, B.; Mariante, A.; Ramos, A. (2016). Superovulatory and embryo yielding in sheep using increased exposure time to progesterone associated with a GnRH agonist. *Small Rumin. Res.*, 136, 54–58. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.01.005>.

10. Bartlewski, P.M. Recent advances in superovulation in sheep. *Rev. Bras. Reprod. Anim.* 2019, 43, 126–128.

11. Paramio, M.T., Izquierdo, D., 2014. Current status of In Vitro Embryo production in sheep and goats. *Reprod. Don. Anim.* 49, 37–48.
12. Panyaboriban, S., Suwimonteerabutr, J., Swangchan-Uthai, T., Tharasanit, T., Suthikrai, W., Suadsong, S., Techakumphu, M., 2018. A simplified superovulation protocol using split-single administration of Folltropin®-V in hyaluronan: application to purebred sheep. *Vet Med-Czech* 63, 321–328.
13. Baldassarre H, Wang B, Karatzas CN, et al. Production of transgenic goats by pronuclear microinjection of in vitro produced zygotes derived from oocytes recovered by laparoscopy. *Theriogenology*. 2003;59:831–9
14. Guzik A, Niemann H. Superovulation and recovery of zygotes suitable for microinjection in different breeds of sheep. *Anim Reprod Sci.* 1995;40: 215–27
15. Aibazov M.M. Results of sheep embryos acceptance obtained at different stages of development and cryopreserved by different techniques / *Agricultural Journal*. 2023. No. 2 (16), 66 – 76. DOI:10.48612/FARC/2687-1254/007.2.16.2023
16. Kaur, P., Swarankar, M.L., Maheshwari, M., Acharya, V., 2014. A comparative study between cleavage stage embryo transfer at day 3 and blastocyst stage transfer at day 5 in in-vitro fertilization/intra-cytoplasmic sperm injection on clinical pregnancy rates. *J. Hum. Reprod. Sci.* 7, 194–197.
17. Anakkul, N., Suwimonteerabutr, J., Tharasanit, T., Panyaboriban, S., Khunmanee, S., Thanomsuksinchai, N., Techakumphu, M., 2013. Production of black goat using laparoscopic artificial insemination and embryo transfer. *Thai J. Vet. Med.* 43, 259–263.
18. Khunmanee, S., Swangchan-Uthai, T., Suwimonteerabutr, J., Thiangthientham, P., Supappornchai, S., Techakumphu, M., 2019. Development of business models for indigenous genetic improvement in small ruminant farms through reproductive biotechnology. *Thai J. Vet. Med.* 49, 217–225.

Информация об авторах

Али-Магомет Муссфевич Айбазов, заведующий лабораторией воспроизводства и репродуктивных технологий, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. +79383510102, e-mail: velikii-1@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3704-3210>

Information about the authors

A.-M. M. Aibazov, Head of the Laboratory of Reproduction and Reproductive Technologies, Doctor of Agricultural Science, Professor, tel. +79383510102, e-mail: velikii-1@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3704-3210>

Статья поступила в редакцию 03.11.2023; одобрена после рецензирования 15.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 03.10.2023; approved after reviewing 15.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 86-95
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 86-95

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК 591.151: 636.32/.38.082.13

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/009.4.16.2023

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА *KAR 1.3* ОВЕЦ РАЗНЫХ ПОРОД

Закир Камилович Гаджиев, Владимир Аникеевич Погодаев,

Евгения Семёновна Суржикова, Дарья Дмитриевна Евлагина

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», 356241, Ставропольский край, Шпаковский район, г. Михайловск, ул. Никонова, 49.

E-mail: immunogenetika@yandex.ru

Аннотация. На сегодняшний день является актуальным использование молекулярно-генетических методов для отбора животных с высококачественными показателями продуктивности, в том числе шерстной. Ген *KAR 1.3* по результатам многих исследований ассоциирован с тониной, настригом, длиной и прочностью волокон, следовательно, выявление распределений генотипов данного гена у овец разных пород открывает возможность изучения наличия ассоциаций между показателями шерстной продуктивности и полиморфизмом гена. В связи с вышеизложенным целью настоящих исследований заключалась в изучении и анализе полиморфизма гена *KAR 1.3* у овец различных пород, разводимых в разных регионах России. Исследование проводилось для выявления генетических вариаций гена *KAR 1.3* в 4 породах овец с использованием метода ПЦР-ПДРФ. В качестве биоматериала была использована цельная кровь животных, из которой была выделена ДНК. Объект исследования – овцы дагестанской горной ($n = 36$) и андийской ($n = 10$) пород, разводимые в КФХ «Салам-А» Гунибского района Республики Дагестан; помеси овец с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле ($n = 34$) из КФХ «Арл» Яшкульского района и черноземельский меринос ($n = 18$) ОАО племзавода «Черноземельский» Черноземельского района Республики Калмыкии. Анализ полиморфизма гена *KAR 1.3* выявил наличие 2 аллелей *KAR 1.3^X*, *KAR 1.3^Y* и 3 генотипов: гомозиготные варианты – *KAR 1.3^{XX}*, *KAR 1.3^{YY}* и гетерозиготный – *KAR 1.3^{XY}*. Полученные результаты показали следующую тенденцию: у всех изученных пород распределение генотипов характеризуется высокой частотой встречаемости – от 50,0 до 66,4 % – гомозиготных животных с генотипом *KAR 1.3^{XX}*, поскольку аллель *KAR 1.3^X* была наиболее часто встречаемой. Методами генетико-статистического анализа дана оценка генетической структуры овец разных пород. Тест гетерозиготности оказался отрицательным во всех изучаемых выборках с вариабельностью от минус 0,10 до минус 0,87, что свидетельствует о недостатке гетерозигот в исследуемых выборках. Выявленный полиморфизм изучаемого ДНК-маркера представляет возможность для дальнейших исследований в шерстном направлении, что позволяет более тщательно отбирать и проводить селекционно-племенную работу с овцами изучаемых пород.

Ключевые слова: полиморфизм, ПЦР-ПДРФ, овцы, гены, *KAR*

Для цитирования: Гаджиев З.К., Погодаев А.В., Суржикова Е.С., Евлагина Д.Д. Полиморфизм гена KAP 1.3 овец разных пород // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.86-95. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/009.4.16.2023

Zootechny and veterinary

Original article

POLYMORPHISM OF THE KAP 1.3 GENE IN SHEEP OF DIFFERENT BREEDS

Zakir K. Gadzhiev, Vladimir A. Pogodaev, Evgeniia S. Surzhikova, Daria D. Evlagina
FSBSI "North Caucasus Federal Agricultural Research Centre" 356241, Stavropol Territory, Shpakovsky District, Mikhailovsk, Nikonov Str., 49. E-mail: immunogenetika@yandex.ru

Abstract. Nowadays, it is relevant to use molecular genetic methods for the selection of animals with high-quality productivity characteristics, including wool. According to the results of many studies, the *KAP 1.3* gene is associated with fineness, shearing, length and strength of fibers. Therefore, the identification of genotype distributions of this gene in sheep of different breeds gives the possibility of studying the presence of associations between wool productivity parameters and gene polymorphism. In connection with the above, the purpose of the research was to study and analyze the polymorphism of the *KAP 1.3* in sheep of various breeds, which were bred in different regions of Russia. The study was conducted to identify genetic variations of the *KAP 1.3* gene in four sheep breeds using the PCR-RFLP method. Animal DNA, which was isolated from the whole blood, was used as a biomaterial. The object of the study was sheep of Dagestan Mountain ($n = 36$) and Andian ($n = 10$) breeds, which were bred at the peasant farm enterprise "Salam-A" in Gunibsky District of the Republic of Dagestan; crossbreeds of sheep with a pedigree of $\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed + $\frac{1}{2}$ Charollais ($n = 34$), from the peasant farm enterprise "Arl" of the Yashkulsky District and Chernozemelsky Merino ($n = 18$) of OAO (OJSC) breeding farm "Chernozemelsky" of the Chernozemelsky District of the Republic of Kalmykia. The analysis of the polymorphism of the *KAP1.3* gene revealed the presence of two alleles *KAP 1.3^X*, *KAP 1.3^Y* and three genotypes: homozygous variants – *KAP 1.3^{XX}*, *KAP 1.3^{YY}* and heterozygous – *KAP 1.3^{XY}*. The obtained results showed such a tendency that in all the studied breeds, the distribution of genotypes was characterized by a high frequency of occurrence from 50,0 to 66,4% of homozygous animals with the genotype *KAP 1.3^{XX}*, since the allele *KAP 1.3^X* was the most frequently encountered. The genetic structure of sheep of different breeds was evaluated by methods of genetic and statistical analysis. The heterozygosity test turned out to be negative in all the studied samples with a variability from minus 0,10 to minus 0,87, which indicated a lack of heterozygotes in the studied samples. The revealed polymorphism of the studied DNA marker presents an opportunity for further research in the wool production, which allows for more careful selection and breeding of sheep of the studied breeds.

Key words: polymorphism, PCR-RFLP, sheep, genes, KAP

For citation: Gadzhiev Z.K., Pogodaev A.V., Surzhikova E.S., Evlagina D.D. Polymorphism of the KAP 1.3 gene in sheep of different breeds // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16). P.86-95. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/009.4.16.2023

Введение. Каждый вид животных обладает своими уникальными характеристиками шерсти, обусловленными их генетическими особенностями. Возможно присутствие различий в шерсти в пределах одного вида, так как подвиды имеют разные адаптации к своей среде обитания [1, 2]. У разных видов животных шерсть может отличаться по своей структуре, тонине, длине, плотности и извитости. Например, у некоторых животных она густая и непроницаемая, чтобы защищать их от холода и влаги, в то время как у других – более тонкая и мягкая. Это привело к разнообразию внешних особенностей шерсти у разных пород. Известно, что шерсть мериносовых овец славится своей нежностью и мягкостью, а шерсть горных овец способна быть более грубой и крученой [3,4].

Шерсть, в отличие от синтетических волокон, проявляет более высокую степень изменчивости – это особенность её структуры и состава, позволяющая шерсти принимать и сохранять различные формы, а также обеспечивающая уникальные свойства [5].

Анализ качества овечьей шерсти требует учёта нескольких критериев, таких как тонина, длина, прочность, насыщенность цвета и другие. Селекционеры, отвечающие за выбор лучших овец, нацелены на соблюдение установленных стандартов каждого из указанных параметров, и для достижения этой цели им приходится приложить значительные усилия [6, 7]. Одним из подходов к повышению эффективности селекционной работы является использование ДНК-маркеров, позволяющих осуществлять отбор животных по генотипу непосредственно на уровне ДНК [8].

Семейство генов KRT (keratins) отвечает за кодирование кератиновых волокон, в то время как так называемые матриксные белки представлены обширным семейством генов KAP (keratin associated proteins). Идентификация полиморфизмов этих генов и их связи с диаметром волокон будет полезна в программах разведения овец для отбора животных в раннем возрасте [9].

Ген KAP 1.3, ранее известный как B2C, расположен на 11 хромосоме. Впервые его полиморфизм был определён Rogers G.R. в 1993 году. Во многих исследованиях [10, 11, 12] сообщалось о полиморфизме семейств генов KAP, также были проведены исследования, связывающие вариации в локусах кератина и KAP с изменением диаметра волокна, прочности, а также цвета шерсти [11].

Возможно, в развитии овцеводства и селекционно-племенной работы вопрос идентификации полиморфизма данного гена и его ассоциации с шерстной продуктивностью животных в зависимости генотипа будет приоритетным.

В связи с вышеизложенным цель настоящих исследований заключалась в изучении полиморфизма гена KAP 1.3 и его анализе у овец различных пород, разводимых в разных регионах России.

Материал и методы исследований. Исследования проводились в лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Объект исследования – овцы дагестанской горной ($n = 36$) и андийской ($n = 10$) пород, разводимые в КФХ «Салам-А» Гунибского района Республики Дагестан; овцы кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле ($n = 34$), выращенные в КФХ «Арл» Яшкульского района и овцы черноземельской породы ($n = 18$) ОАО племзавода «Черноземельский» Черноземельского района Республики Калмыкии.

Биологическим материалом являлась геномная ДНК животных, выделенная из цельной крови с использованием набора реагентов Diatom™ DNA Prep 100. Для анализа выявления полиморфизма гена KAP 1.3 применяли метод ПЦР-ПДРФ. Амплифика-

цию фрагмента ДНК проводили на специальном четырехканальном термоциклере, известном как «Терцик», с использованием специфических праймеров (таблица 1).

Таблица 1

Последовательность олигонуклеотидных праймеров

Ген	Праймеры	Амплификат, (п.н.)	Т °С, отжига
<i>KAP 1.3</i>	F: 5'-GGGTGGAACAAGCAGACCAAACTC-3'	598	65
	R: 5'-TAGTTTGTGTTGGGACTGTACACTGGC-3'		

Полученные ампликоны подвергали рестрикции ферментом BseII. С помощью УФ-света и метода горизонтального гель-электрофореза в двухпроцентном агарозном геле, содержащем бромистый этидий, определяли длину и количество фрагментов рестрикции. Длину полученных фрагментов вычисляли с использованием маркера молекулярного веса.

Статистическая обработка полученных результатов исследования проводилась с применением стандартного набора формул при помощи специализированной программы Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате ПЦР был амплифицирован фрагмент гена *KAP 1.3* длиной 598 п.н. Рестрикция данного фрагмента с помощью эндонуклеазы BseII позволила идентифицировать 3 варианта генотипов (рисунок 1).

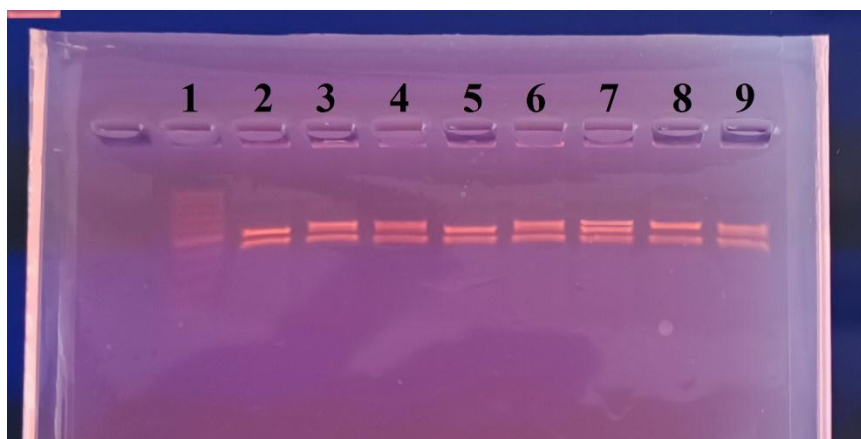


Рисунок 1. Электрофореграмма рестриктных фрагментов гена *KAP 1.3*:
1 – ДНК-маркер 50 bp (Изоген); 3, 4, 6, 8, 9 – генотип XX (350 и 225 п.н.);
2, 5 – генотип YY (309 и 225 п.н.); 7 – генотип XY (350, 309 и 225 п.н.)

Анализ полиморфизма гена *KAP 1.3* выявил наличие 2 аллелей *KAP 1.3^X*, *KAP 1.3^Y* и 3 генотипов: *KAP1.3^{XX}*, *KAP1.3^{YY}* – гомозиготные варианты и *KAP1.3^{XY}* – гетерозиготный.

При обсуждении полученных результатов анализа аллельного профиля гена *KAP 1.3* у овец разных пород, было установлено, что аллель *KAP 1.3^X* имеет практически одинаковую частоту (0,60 и 0,69) в выборках особей помесей с кровностью ½ калмыцкая курдючная + ½ шароле и черноземельской пород. Превалирующее значение (0,78)

частоты встречаемости аллели $KAP\ 1.3^X$ выявлено в выборке овец дагестанской горной породы, а наименьшее значение (0,55) отмечено у андийской (рисунок 2).

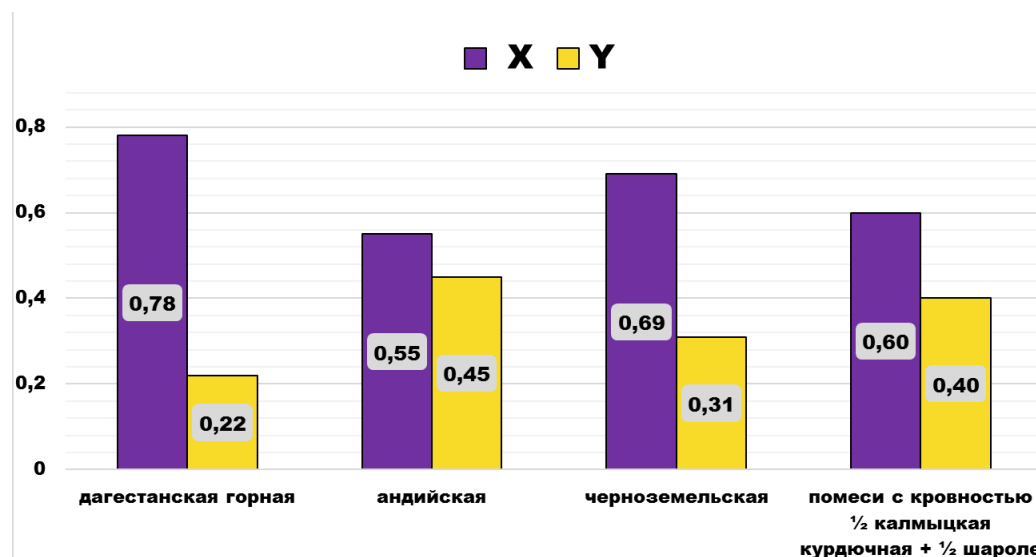


Рисунок 2. Частота встречаемости аллелей гена $KAP\ 1.3$ овец разных пород

Частота гомозиготного $KAP\ 1.3^{XX}$ генотипа у овец разных пород практически одинакова. Самая высокая (66,7 %) частота встречаемости $KAP\ 1.3^{XX}$ генотипа наблюдалось в выборке дагестанской горной породы, несколько ниже (41,2 %) – у особей помесей с кровностью 1/2 калмыцкая курдючная + 1/2 шароле. У овец андийской и черноземельского мериноса частота $KAP\ 1.3^{XX}$ была одинаковой, составившей по 50,0 %. (рисунок 3).

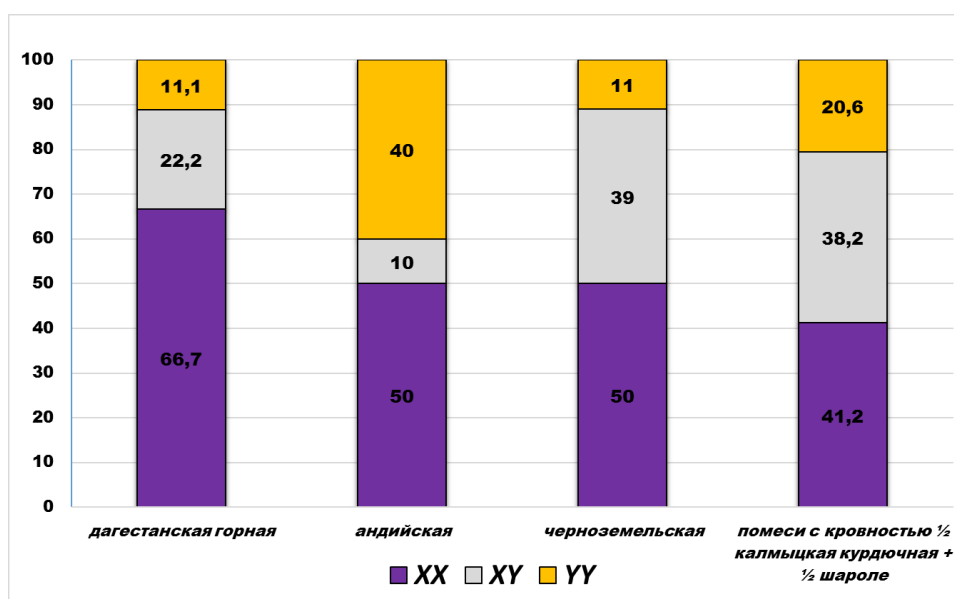


Рисунок 3. Частота встречаемости генотипов гена $KAP\ 1.3$ овец разных пород

Частота встречаемости гомозиготного $KAP\ 1.3^{YY}$ генотипа варьировала от максимального (40,0 %) значения в выборке особей андийской породы до минимальных (11,0 и 11,1 %) показателей – у черноземельского мериноса и дагестанской горной породы. У животных помесей с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле частота встречаемости $KAP\ 1.3^{YY}$ генотипа составила 20,6 %.

Распределение гетерозиготного $KAP\ 1.3^{XY}$ генотипа характеризовалось высокой частотой встречаемости – 38,2 и 39,0 % – у овец помесей с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая курдючная + $\frac{1}{2}$ шароле и черноземельского мериноса, а незначительной (10,0 %) встречаемостью данного генотипа – животные андийской породы. В выборке дагестанской горной породы частота встречаемости гетерозиготного $KAP\ 1.3^{XY}$ генотипа составила 22,2 %.

Полученные результаты показывают следующую тенденцию: во всех исследуемых выборках овец разных пород отмечалось высокое распределение гомозиготного $KAP\ 1.3^{XX}$ генотипа. С одной стороны, наличие большого количества гомозиготных особей с генотипом может быть положительным, так как гомозиготы обычно обладают стабильными и предсказуемыми фенотипическими характеристиками, что может быть полезно в сельскохозяйственном производстве или разведении; с другой – наблюдаемая высокая частота гетерозиготных особей ($KAP\ 1.3^{XY}$) может говорить о выгодных гетерозисных эффектах.

Проанализировав исследования, проведенные ранее Сениным Р.Ю. с соавторами, можно сделать вывод: полученные результаты по полиморфизму гена $KAP\ 1.3$ у особей дагестанской горной породы и черноземельского мериноса согласуются с нашими исследованиями. Авторы в своей работе установили, что у особей дагестанской горной породы отмечается высокая встречаемость частоты аллеля $KAP\ 1.3^X$ (0,79) и гомозиготного $KAP\ 1.3^{XX}$ генотипа (0,69), а у половины животных таких пород, как черноземельский меринос, грозненская тонкорунная и романовская-1, выявлен гетерозиготный генотип $KAP\ 1.3^{XY}$, частота которого составила 0,49; 0,50; 0,50 соответственно [13].

В исследованиях, проведенных Kumar R. с соавторами, при изучении полиморфизма гена $KAP\ 1.3$ у разных местных андийских овец было отмечено, что гетерозиготный генотип $KAP\ 1.3^{XY}$ преобладал во многих популяциях таких пород, как Malpura, Avikalin, Nellore, Garole, Magra и Deccani, тогда как гомозиготный генотип $KAP\ 1.3^{YY}$ – в популяциях Chokla, Sonadi, Nali, Patanwadi и Kendrapara [14].

В работе Meena A.S. с соавторами [15] было отмечено, что преобладающим (0,71) у овец Magra являлся гомозиготный $KAP\ 1.3^{YY}$ генотип, тогда как генотип $KAP\ 1.3^{XX}$ встречался с наименьшей частотой (0,12), поскольку аллель $KAP\ 1.3^Y$ была наиболее часто встречаемой. Возможно, это объясняется тем, что овцы породы Magra обладают полугрубой шерстью.

Методами генетико-статистического анализа дана оценка генетической структуры изучаемых нами пород (таблица 2).

Степень гомозиготности (Ca), свидетельствующая о консолидации стада в исследуемых выборках животных по гену $KAP\ 1.3$, варьировала от 51,0 у особей андийской до 65,0 % дагестанской горной пород.

Число эффективно действующих аллелей (Na) изучаемого гена $KAP\ 1.3$ также зависело от породных принадлежностей животных: наивысшим значением, составившим 1,98 и 1,92, оказалось в выборках особей андийской и помесей с кровностью $\frac{1}{2}$

калмыцкая курдючная + ½ шароле пород, наименьшим (1,53) – у дагестанской горной породы.

Таблица 2

Генетическая структура изучаемых пород

Показатель	Порода			
	дагестанская горная	андий- ская	черно- земель- ский меринос	помеси с кровностью ½ калмыцкая курдючная + ½ шароле
гомозиготы (n)	28	9	11	21
гетерозиготы (n)	8	1	7	13
χ^2	4,59	6,37	0,13	1,38
Степень гомозиготности, % (Ca)	65,0	51,0	58,0	52,0
Уровень полиморфности (Na)	1,53	1,98	1,74	1,92
Степень ген.изменчивости, % (V)	32,0	40,0	37,0	45,0
Наблюдаемая гетерозиготность	0,29	0,11	0,64	0,62
Ожидаемая гетерозиготность	0,53	0,98	0,74	0,92
Тест гетерозиготности, $\Phi < T$	-0,24	-0,87	-0,10	-0,30

Степень генетической изменчивости (V) колебалась от максимальных (40,0–45,0 %) величин у особей андийской и помесей с кровностью ½ калмыцкая курдючная + ½ шароле пород до минимальной (32,0 %) у дагестанской горной породы.

Тест гетерозиготности (ТГ) оказался отрицательным во всех изучаемых выборках с вариабельностью от -0,10 до -0,87, что свидетельствует о недостатке гетерозигот в исследуемых выборках.

Заключение. В результате проведённого исследования методом ПЦР-ПДРФ установлены породные особенности полиморфизма аллельного спектра гена *KAP 1.3* овец разных пород, разводимых в разных регионах России.

Полученная информация о генетической структуре гена *KAP 1.3*, приоритетных гомозиготного *KAP 1.3^{XX}* и гетерозиготного *KAP 1.3^{XY}* генотипов, популяционно-генетических параметрах у овец разных пород может служить основой для дальнейших углублённых исследований по доказательству гипотезы ассоциативной связи генотипов с хозяйственно ценными признаками, что позволит более тщательно отбирать и проводить селекционно-племенную работу в овцеводстве.

Список источников

1. Whole-Genome Resequencing Reveals Selection Signal Related to Sheep Wool Fineness / W. Zhang, M. Jin, T. Li, Z. Lu, Wang H, Yuan Z, Wei C. // Animals. 2023. No 13. Pp. 2944. DOI: 10.3390/ani13182944
2. Bantihun G., Kebede M. In silico analysis of promoter region and regulatory elements of sheep keratin-associated protein genes using bioinformatics tools. Animal Gene. 2022. No 24. Pp. 200126. DOI: 10.1016/j.angen.2022.200126.

3. Polymorphism of KRT83 and its association with selected wool traits in Merino-cross lambs / Chai, W., Zhou, H., Forrest, R.H.J., Gong, H., Hodge, S. and Hickford, J.G.H. // Small Ruminant Research. 2017. No 155. Pp. 6-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.small-rumres.2017.08.019>
4. The Complexity of the Ovine and Caprine Keratin-Associated Protein Genes / Zhou H, Gong H, Wang J, Luo Y, Li S, Tao J, Hickford JGH // Int J Mol Sci. 2021 No. 27. Vol. 22(23) Pp.12838. DOI: 10.3390/ijms222312838.
5. Association of polymorphic variants of KAP 1.3 gene with wool traits in Rambouillet sheep / V. Mahajan, A. K. Das, R.K. Taggar, D. Kumar, R. Sharma // Indian Journal of Animal Sciences. 2017. No 87. Vol. (10). Pp. 1237-1242. DOI: 10.5958/0973-9718.2016.00018.0
6. Itege, Theopoline. (2021). Application of PCR Technique to Detect Polymorphism of the KRTAP1.1 Gene in Three Sheep Breeds -A Review. 2021. No 1. Vol. 1. Pp. 1-20. DOI: 10.5772/intechopen.96941.
7. Variation in caprine KRTAP1-3 and its association with cashmere fibre diameter / Yize S., Yuzhu L., Huitong Z. // Gene. 2022. No 20. Vol. 823. Pp.146341. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2022.146341>
8. Lushnikov V., Strilchuk A. Influence of DNA-Markers Kap 1.3, Cast, Lep 387 on the Productivity of Sheep of the Caucasian and Edilbaevskaya Breeds. 2022. BIO Web of Conferences. 43. 03033. DOI: 10.1051/bioconf/20224303033.
9. Identification of novel genetic variants for KAP1.1, KAP1.3 and K33 genes in some of indigenous goat breeds of Turkey / R. Işık, E.Ö. Ünal, A. Fidan, M.İ. Soysal // Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences. 2021. Vol. 45. No. 5. DOI: 10.3906/vet-2101-35
10. Genetic Polymorphism of KRT1. 2 Gene and its Association with Improving of Some Wool Characteristics in Egyptian Sheep / I.M. Farag, H.R. Darwish, A.M Darwish, M.G Eshak, R.W. Ahmed // Asian Journal of Scientific Research. 2018. No 11. Pp. 295-300. DOI: 10.3923/ajsr.2018.295.300
11. Nyoni N., Itege T., Shipandeni M. Polymorphism of the KAP1.3 and KRT33A genes in the Swakara sheep of Namibia. 2020. No 2. Pp. 81-93. DOI: 10.32642/wijas.v2i.
12. Полиморфизм локусов KAP1.3 и KRT1.2 генов кератина среди 4 пород овец отечественного поголовья / Р.Ю. Сенина, Л. А. Калашникова, Н.С. Марзанов, М.Б. Павлов // Морфология. 2019. Т. 155. № 2. С. 254. EDN OIJUIS.
13. Полиморфизм гена KAP1.3 у отечественных пород овец разного направления продуктивности / Р.Ю. Сенина, Л.А. Калашникова, В.П. Лушников, К.К. Цой // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2019. № 4. С. 10-12. EDN ZXYGSL.
14. Polymorphism of KRT1.2 and KAP1.3 genes in Indian sheep breeds / R. Kumar, A.S. Meena, R Kumari., B. Jyotsana, L.L. Prince, S. Kumar // Indian Journal of Small Ruminants. 2016. No22 (1). P. 28-31. DOI: 10.5958/0973-9718.2016.00018.0
15. Genetic polymorphism of KRT 1.2, KAP 1.3 and THH gene in magra sheep / A.S. Meena, R. Kumar, B Jyotsana., H.K Narula., S. Kumar // Indian Journal of Small Ruminants. 2018. No24 (1). P. 27-30. DOI: 10.5958/0973-9718.2018.00015.6.

References

1. Whole-Genome Resequencing Reveals Selection Signal Related to Sheep Wool Fineness / W. Zhang, M. Jin, T. Li, Z. Lu, Wang H, Yuan Z, Wei C. // Animals. 2023. No. 13. pp. 2944. DOI: 10.3390/ani13182944

2. Bantihun G., Kebede M. In silico analysis of promoter region and regulatory elements of sheep keratin-associated protein genes using bioinformatics tools. *Animal Gene*. 2022. No 24. pp. 200126. DOI: 10.1016/j.angen.2022.200126.
3. Polymorphism of KRT83 and its association with selected wool traits in Merino-cross lambs / Chai, W., Zhou, H., Forrest, R.H.J., Gong, H., Hodge, S. and Hickford, J.G.H. // *Small Ruminant Research*. 2017. No. 155. pp. 6-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.08.019>
4. The Complexity of the Ovine and Caprine Keratin-Associated Protein Genes / Zhou H, Gong H, Wang J, Luo Y, Li S, Tao J, Hickford JGH // *Int J Mol Sci*. 2021 No. 27. Vol. 22(23) pp.12838. DOI: 10.3390/ijms222312838.
5. Association of polymorphic variants of KAP 1.3 gene with wool traits in Rambouillet sheep / V. Mahajan, A. K. Das, R.K. Taggar, D. Kumar, R. Sharma // *Indian Journal of Animal Sciences*. 2017. No. 87. Vol. (10). pp. 1237-1242. DOI: 10.5958/0973-9718.2016.00018.0
6. Itege, Theopoline. (2021). Application of PCR Technique to Detect Polymorphism of the KRTAP1.1 Gene in Three Sheep Breeds -A Review. 2021. No 1. Vol. 1. pp. 1-20. DOI: 10.5772/intechopen.96941.
7. Variation in caprine KRTAP1-3 and its association with cashmere fibre diameter / Yize S., Yuzhu L., Huitong Z. // *Gene*. 2022. No 20. Vol. 823. pp.146341. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2022.146341>
8. Lushnikov V., Strilchuk A. Influence of DNA-Markers Kap 1.3, Cast, Lep 387 on the Productivity of Sheep of the Caucasian and Edilbaevskaya Breeds. 2022. *BIO Web of Conferences*. 43. 03033. DOI: 10.1051/bioconf/20224303033.
9. Identification of novel genetic variants for KAP1.1, KAP1.3 and K33 genes in some of indigenous goat breeds of Turkey / R. Işık, E.Ö. Ünal, A. Fidan, M.İ. Soysal // *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 2021. Vol. 45. No. 5. DOI: 10.3906/vet-2101-35
10. Genetic Polymorphism of KRT1. 2 Gene and its Association with Improving of Some Wool Characteristics in Egyptian Sheep / I.M. Farag, H.R. Darwish, A.M Darwish, M.G Eshak, R.W. Ahmed // *Asian Journal of Scientific Research*. 2018. No. 11. pp. 295-300. DOI: 10.3923/ajsr.2018.295.300
11. Nyoni N., Itege T., Shipandeni M. Polymorphism of the KAP1.3 and KRT33A genes in the Swakara sheep of Namibia. 2020. No. 2. pp. 81-93. DOI: 10.32642/wijas.v2i.
12. Polymorphism of the KAP1.3 and KRT1.2 keratin genes loci among 4 breeds of sheep of domestic livestock / R.Yu. Senina, L. A. Kalashnikova, N.S. Marzanov, M.B. Pavlov // *Morphology*. 2019. Vol. 155. No. 2. p. 254. EDN OIJUIS.
13. Polymorphism of the KAP1.3 gene in domestic breeds of sheep of different types of productivity / R.Yu. Senina, L.A. Kalashnikova, V.P. Lushnikov, K.K. Tsoi // *Sheep, goats, wool business*. – 2019. No. 4. pp. 10-12. EDN ZXYGSL.
14. Polymorphism of KRT1.2 and KAP1.3 genes in Indian sheep breeds / R. Kumar, A.S. Meena, R Kumari., B. Jyotsana, L.L. Prince, S. Kumar // *Indian Journal of Small Ruminants*. 2016. No22 (1). P. 28-31. DOI: 10.5958/0973-9718.2016.00018.0
15. Genetic polymorphism of KRT 1.2, KAP 1.3 and THH gene in magra sheep / A.S. Meena, R. Kumar, B Jyotsana., H.K Narula., S. Kumar // *Indian Journal of Small Ruminants*. 2018. No24 (1). pp. 27-30. DOI: 10.5958/0973-9718.2018.00015.6.

Сведения об авторах

Закир Камилович Гаджиев, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории разведения и селекции сельскохозяйственных животных (с сектором скотоводства), тел.: 8 (8652) 71-70-33, e-mail: gadzhiev70@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1966-7000.

Владимир Аникеевич Погодаев, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории разведения и селекции сельскохозяйственных животных (с сектором скотоводства), тел.: 8 (918) 785-85-25, e-mail: pogodaev_1954@mail.ru, ORCID 0000-0002-9165-1225.

Евгения Семёновна Суржикова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, тел.: 8 (905) 413-74-35, e-mail: immunogenetika@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3955-0902.

Дарья Дмитриевна Евлагина, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, тел.: 8 (918) 13-19-731, e-mail: d1319731@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6101-7293.

Information about the authors

Z.K. Gadzhiev, Doctor of Biological Science, Chief Researcher of the Laboratory of Breeding and Selection of Farm Animals (with the cattle breeding sector), tel. 8 (8652) 71-70-33, e-mail: gadzhiev70@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1966-7000

V.A. Pogodaev, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Breeding and Selection of Farm Animals (with the cattle breeding sector) tel.: 8 (918) 785-85-25, email: pogodaev_1954@mail.ru, ORCID 0000-0002-9165-1225

E.S. Surzhikova, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Immunogenetics and DNA Technologies tel.: 8 (905) 413-74-35, e-mail: immunogenetika@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3955-0902

D.D. Evlagina, Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Laboratory of Immunogenetics and DNA Technologies, tel.: 8 (918) 13-19-731, e-mail: d1319731@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6101-7293

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.11.2023; одобрена после рецензирования 20.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 10.11.2023; approved after reviewing 20.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.96-107
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P.96-107

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК:591.151:636.22/.28

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/010.4.16.2023

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА ГОРМОНА РОСТА (*LEU127VAL*) У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА МОЛОЧНОГО И МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ (ОБЗОР)

Дарья Дмитриевна Евлагина¹, Закир Камирович Гаджиев¹,
Владимир Аникеевич Погодаев¹, Евгения Семеновна Суржикова¹,
Ольга Николаевна Онищенко^{1,2}, Лидия Валентиновна Кононова¹

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, Ставропольский край, Михайловск.

E-mail: d1319731@yandex.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», Россия, Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12. E-mail: 74helga74@mail.ru

Аннотация. Изучение однонуклеотидных полиморфизмов (SNP), представляющих собой места в ДНК, где один нуклеотид заменяется другим, может быть полезным для понимания оказываемого влияния на различные фенотипические проявления признаков у животных. Целями нашей работы являлись сбор и анализ научных данных современного состояния ассоциаций полиморфизма гена гормона роста, распределения генотипов и аллелей у различных отечественных пород крупного рогатого скота. При обсуждении научных данных использовались результаты исследований, которые публиковались в открытой печати за последние 5 лет. Ген гормона роста крупного рогатого скота локализован на 19-й хромосоме, состоит из 5 экзонов и 4 интронов. Наиболее изученным считается полиморфизм обуславливающий подстановку аминокислоты лейцина вместо валина в позиции 127 синтезируемой полипептидной цепи (*GH-L127V*) в 5 экзоне. У различных авторов данные о распределении генотипов и аллелей по локусу гена гормона роста (*GH/AluI*) существенно различаются. Во всех исследуемых породах частота встречаемости аллеля *GH_L* значительно превышала частоту аллеля *GH_V* и находилась в диапазоне от 0,60 до 0,98. Полученные результаты также показывают следующую тенденцию: почти у всех пород отмечается высокое распределение гомозиготного *GH_LL* генотипа, однако в выборке бычков-помесей от калмыцкой породы и бычков-производителей красный ангус американской селекции преобладает гетерозиготный *GH_LV* генотип. Изучение однонуклеотидных полиморфизмов является своего рода указателем для производителей мясного и молочного скота. В селекционном процессе полученные данные позволяют принимать более рациональные решения при отборе особей с желательными генотипами.

Ключевые слова: ген, полиморфизм, гормон роста (*GH*), порода, ПЦР-ПДРФ анализ

Для цитирования: Полиморфизм гена гормона роста (*leu127val*) у крупного рогатого скота молочного и мясного направления продуктивности (обзор) / Д.Д. Евлагина, З.К. Гаджиев, В.А. Погодаев, Е.С. Суржикова, О.Н. Онищенко, Л.В. Кононова // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.96-107.
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/010.4.16.2023

Zootechny and veterinary

Original article

GROWTH HORMONE GENE POLYMORPHISM (*LEU127VAL*) IN DAIRY AND BEEF CATTLE (REVIEW)

Daria D. Evlagina¹, Zakir K. Gadzhiev¹, Vladimir A. Pogodaev¹,
Evgeniia S. Surzhikova¹, Olga N. Onishchenko^{1,2}, Lidiia V. Kononova¹

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk. E-mail: d1319731@yandex.ru

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskii, 12. E-mail: 74helga74@mail.ru

Abstract. The study of single nucleotide polymorphisms (SNPs), which are places in DNA where one nucleotide is replaced by another, can be useful for understanding of the effect on various phenotypic manifestations of traits in animals. The purpose of our work was to collect and analyze scientific data on the current state of growth hormone gene polymorphism associations, genotypes and alleles distribution in various domestic cattle breeds. When discussing scientific data, we used the results of studies that were published in the open press over the past 5 years. The bovine growth hormone gene is localized on the 19th chromosome and consists of five exons and four introns. The most studied was the polymorphism that caused the substitution of the leucine amino acid instead of valine at position 127 of the synthesized polypeptide chain (*GH-L127V*) in the 5th exon. Different authors' data on the distribution of genotypes and alleles at the growth hormone gene locus (*GH/AluI*) varied significantly. In all the studied breeds, the frequency of occurrence of the *GH_L* allele significantly exceeded the frequency of the *GH_V* allele and ranged from 0.60 to 0.98. The obtained results also showed a tendency that almost all breeds had a high distribution of the homozygous *GH_LL* genotype, however, in the sample of crossbred bull calves from the Kalmyk and Red Angus breeds of American selective breeding, the heterozygous *GH_LV* genotype prevailed. The study of single nucleotide polymorphisms is a kind of indicator for producers of beef and dairy cattle. During the selection process, the obtained data allow us to make more rational decisions when selecting animal individuals with desirable genotypes.

Key words: gene, polymorphism, growth hormone (GH), breed, PCR-RFLP analysis

For citation: Growth hormone gene polymorphism (*Leu127Val*) in dairy and beef cattle (review) D.D. Evlagina, Z.K. Gadzhiev, A.V. Pogodaev, E.S. Surzhikova, O.N. Onishchenko, L.V. Kononova // Agricultural journal. 2023. No. 4 (16). p. 96-107.
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/010.4.16.2023

Введение. В настоящее время важной проблемой, стоящей перед агропромышленным комплексом нашей страны, является увеличение производства животноводче-

ской продукции. В связи с этим необходимо внедрять новые методы эффективного подхода для увеличения и улучшения качества производимой продукции [1].

Гены-маркеры представляют значительный интерес при повышении показателей продуктивности сельскохозяйственных животных. Определение аллелей генов позволяет проводить селекцию непосредственно на уровне ДНК, прогнозировать племенные качества животных в раннем возрасте [2, 3].

В последние годы открыты и изучены различные генетические маркеры, определяющие количественные и качественные характеристики как мясной, так и молочной продуктивности. Большой интерес для повышения точности оценки генетического потенциала крупного рогатого скота представляет ген гормона роста (соматотропин (*GH*)), поскольку он играет важную роль в регуляции развития и репродуктивной функции у жвачных животных, включая процесс лактогенеза [4, 5].

Ген гормона роста крупного рогатого скота локализован на 19-й хромосоме, состоит из 5 экзонов и 4 интронов. Соматотропин принимает непосредственное участие в обмене белков, углеводов и жиров, а также является важным регулятором соматического роста организма [6, 7]. Результаты исследований, проведенные зарубежными и российскими учеными, позволяют предположить, что генотипирование животных по гену гормона роста (*GH*) может быть полезно для оценки генетического потенциала мясной продуктивности по следующим показателям: динамика и прирост живой массы, масса туши, выход мяса и мраморность, а молочности – по удою, жирномолочности и белкомолочности [8, 9, 10, 11].

Цели нашей работы – сбор и анализ научных данных современного состояния ассоциаций полиморфизма гена гормона роста распределения генотипов и аллелей у различных отечественных пород крупного рогатого скота.

Методика исследований. При подготовке аналитического обзора по результатам анализа частоты встречаемости полиморфизма гена гормона роста (соматотропин (*GH*)) и его связи с хозяйственно полезными признаками у крупного рогатого скота разных отечественных пород использовались результаты исследований, которые публиковались в открытой печати за последние 5 лет.

Результаты и обсуждение. Изучение однонуклеотидных полиморфизмов (SNP), представляющих собой места в ДНК, где один нуклеотид заменяется другим, может быть полезным для понимания оказываемого влияния на различные фенотипические проявления признаков у животных.

В гене гормона роста идентифицировано 63 SNP, из них в экзоне (кодирующей части) находятся только 3. Это означает, что эти 3 SNP могут привести к изменению кодирующей последовательности гена *GH* и, следовательно, могут влиять на его экспрессию [12].

Наиболее изученным считается полиморфизм обуславливающий замену аминокислоты лейцин вместо валина в позиции 127 синтезируемой полипептидной цепи (*GH-L127V*) в 5 экзоне. Проявляется он в виде замены цитозина на гуанин (rs41923484). Аллель *GH_L* содержит нуклеотид С (цитозин), аллель *GH_V* – G (гуанин) [13]. В таблице 1 представлена программа для ПЦР изученного полиморфного локуса гена гормона роста.

Таблица 1
Режимы ПЦР для изученного полиморфного локуса гена гормона роста

Праймеры	Область гена	Условия для амплификации	Амплификат, (п.н.)	Эндонуклеаза	Наименование SNP по номенкла- туре HGVS	SNP
F:5'-gctgctcctgagccttcg-3' R:5'-gcggcggcacttcacaccc-3'	5 эк-зон	95°C – 5 мин.; (95°C – 3 сек.; 64°C – 3 сек.; 72°C – 6 сек.) ×35 циклов; 72°C – 1 мин.	223	Alu I	c.127 C>G	rs41923484

Для определения данного полиморфизма методом ПРЦ-ПДРФ используется фермент рестриктазы AluI. Сайт разреза рестрикционного фермента: AG[^]CT. На рисунке 1 показаны длины рестрикционных фрагментов.

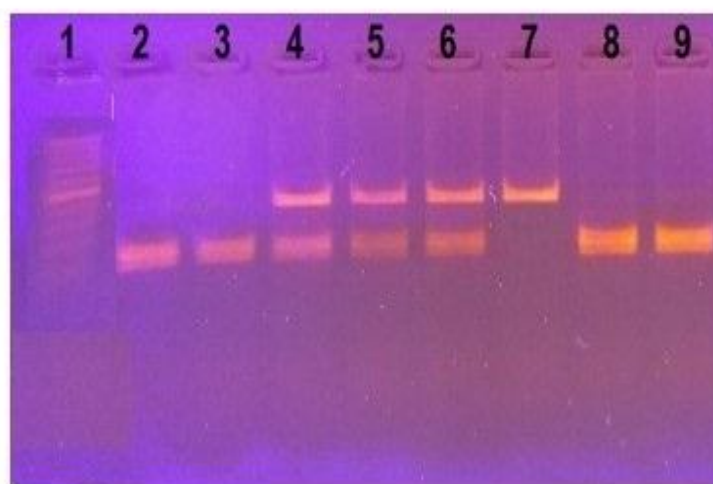


Рисунок 1. Электрофореграмма результата ПЦР-ПДРФ
гормон роста (соматотропин) (GH)

Обозначения: 1 – ДНК-маркер 50 бп (Изоген); 2, 3, 8, 9 – генотип LL (171; 52; п.н.); 4, 5, 6 – генотип LV (223, 171, 53 п.н); 7 – генотип VV (223 п.н.)

У различных авторов данные о распределении генотипов и аллелей по локусу гена гормона роста (GH/AluI) существенно различаются (таблица 2).

Таблица 2

Частота встречаемости генотипов и аллелей по гену *GH*
у изученных пород крупного рогатого скота разного направления продуктивности

Порода		Частота встречаемости					Ссылка на авторов
		аллелей		генотипов, %			
		<i>GH_L</i>	<i>GH_V</i>	<i>GH_LL</i>	<i>GH_LV</i>	<i>GH_VV</i>	
Голштинская		0,624	0,376	44,9	35,0	20,1	СафинаН.Ю. и др. [12]
Голштинизирован- наячёрно-пёстрая		0,883	0,117	77,2	22,2	0,6	Ярышкин А.А. и др.[14]
Голштинская чёрно-пёстрая		0,738	0,262	50,5	46,7	2,8	Ахметова А.Н. и др. [15]
Голштинская		0,923	0,077	84,6	15,4	–	Исакова Ж.Т. и др. [16]
Чёрно-пёстрая		0,981	0,019	96,3	3,7	–	
Алатауская		0,831	0,169	66,1	33,9	–	
Ярославская		0,76	0,24	65,0	22,0	13,0	Бобрышова Г.Т. и др. [17]
Лимузинская порода		0,92	0,08	83,0	17,0	–	Кононова Л.В. и др. [18]
Казахская белоголо- вая		0,60	0,40	51,0	18,0	31,0	Селионова М.И., Плахтюкова В.Р. [19]
Казахская белоголо- вая		0,66	0,34	40,0	46,0	14,0	Гаджиев З. К. и др. [20]
Герефордская		0,72	0,28	64,0	18,0	18,0	
Калмыцкая		0,73	0,27	61,0	25,0	14,0	
Помеси (F ₂) калмыцких ко- ров и быков- производите- лей породы красный ангус американской селекции	♂	0,66	0,34	38,0	56,0	6,0	Каюмов Ф.Г. и др. [21]
	♀	0,82	0,18	63,0	37,0	–	

В работе Сафиной Н.Ю. с соавторами представлены результаты изучения популяции голштинского скота методом ПЦР-ПДРФ, разводимых в республике Татарстан. В исследуемой популяции животных частота аллелей *GH_L* и *GH_V* по гену гормона роста составила 0,62 и 0,38. Авторами было установлено, что исследуемая популяция полиморфна и представлена тремя генотипами: *GH_LL* – 44,9% (118 гол.), *GH_LV* – 35,0% (92 гол.) и *GH_VV* – 20,1% (53 гол.) [12].

Учёными Ярышкиным А.А., Шаталиной О.С., Лешонок О.И. на тёлках голштинизированной чёрно-пёстрой породы (n = 300), разводимых в Свердловской области, было установлено, что гомозиготный генотип *GH_LL* встречался с наибольшей частотой.

той (77,2 %), а гетерозиготный *GH_LV* – значительно реже (22,2 %). Довольно редко встречались животные-носители гомозиготного *GH_VV* генотипа, частота встречаемости которого выявлялись всего в 0,6 % случаях. Частота встречаемости аллелей соответственно составила: *GH_L* – 0,883, *GH_V* – 0,117. Авторы дают заключение о том, что, возможно, такое распределение и накопление аллеля *GH_L* вместе с генотипом *GH_LL* в популяции голштинизированного крупного рогатого скота может свидетельствовать об использовании в селекции ограниченного количества быков-производителей, гомозиготных по *GH_V* аллелю [14].

По данным, полученным Ахметовой А.Н. и др., анализ полиморфизма гена *GH* у коров голштинской чёрно-пёстрой породы, разводимых в Кабардино-Балкарской Республике в племенном репродукторе ООО «Агро-Союз» Чегемского района, показал наличие преобладания в 2,8 раз аллеля *GH_L* (0,738) над аллелем *GH_V* (0,262). По результатам исследований авторы наблюдали преобладание аллеля *GH_L* в гомозиготном *GH_LL* генотипе, частота которого составила 50,4 %, и гетерозиготном – *GH_LV* – 46,7 %. Частота встречаемости гомозиготного *GH_VV* варианта была минимальной, составив 2,8 % [15].

Исаковой Ж.Т., Кипень В.Н., Чекировым К.Б. проводились исследования по выявлению полиморфизма гена гормона роста на следующих породах крупного рогатого скота: алатауской ($n = 59$), чёрно-пёстрой ($n = 54$), голштинской ($n = 52$), выращенных в племенных хозяйствах Сокулукского района Чуйской области Кыргызской Республики. По данным авторов, наиболее распространённой во всех породах стала аллель *GH_L* и генотип *GH_LL*, который составил у скота местной селекции алатауской породы 0,831 и 66,1 %; чёрно-пёстрой – 0,981 и 96,3 %, голштинской – 0,923 и 84,6 %. Особей с гомозиготным *GH_VV* генотипом не выявлено [16].

По результатам ПЦР-ПДРФ исследований, проведённых Бобрышовой Г.Т. и соавторами, установлено, что у коров ярославской породы в гене *GH* частота встречаемости аллеля *GH_L* составила 0,76, а аллеля *GH_V* – 0,24. Частота встречаемости гомозиготных вариантов *GH_LL* и *GH_VV* насчитывала 65,0 и 13,0 %, а гетерозиготного *GH_LV* – 22,0 % [17].

В исследованиях Л.В. Кононовой, Г.Н. Шарко, Т.Н. Михайленко на быках-производителях лимузинской породы, разводимых в племенных хозяйствах Ставропольского края, отмечалось, что в локусе гормона роста (*GH*) наблюдались очень низкая (0,08) частота встречаемости аллеля *GH_V* и вместе с тем высокая (0,92) – аллеля *GH_L*. Следствием выявленной ситуации явилось отсутствие в этой выборке гомозиготного (*GH_VV*) генотипа и присутствие (0,83) гомозиготного (*GH_LL*) варианта [18].

В исследованиях Селионовой М.И., Плахтюковой В.Р., проводимых на бычках казахской белоголовой породы ($n = 93$) из Благодарненского района Ставропольского края, установлено, что значительно чаще (0,60) встречалась *GH_L* аллель, реже (0,40) – *GH_V*. Высокая частота встречаемости отмечена у животных-носителей гомозиготных генотипов *GH_VV* – 31,0 % и *GH_LL* – 51,0 %, гетерозиготный генотип встречался реже *GH_LV* – 18,0 % [19].

Исследования, проведенные Гаджиевым З.К. с соавторами на 3 породах, разводимых в хозяйствах Ставропольского края, показали, что среди молодняка калмыцкой и герефордской пород сравнительно одинаковым (0,27 и 0,28) было распределение аллеля *GH_V*, но чаще (0,34) данная аллель присутствует в выборке животных казахской белоголовой породы. У особей герефордской породы отмечалась одинаковая частота встречаемости гомозиготного *GH_VV* и гетерозиготного *GH_LV* генотипов – по 18,0 %, а

а большая часть (64,0 %) животных являлась носителем гомозиготного генотипа *GH_LL* [20].

В исследовании также выявлено, что частота встречаемости гетерозиготного *GH_LV* генотипа у казахской белоголовой и калмыцкой пород была одинаковой и составила по 14,0 %. У казахской белоголовой породы частота встречаемости животных-носителей гомозиготного *GH_LL* и гетерозиготного *GH_LV* вариантов была практически одинаковой – 46,0 и 40,0 % соответственно, в то время как у калмыцкой отмечено преобладание гомозиготного *GH_LL* варианта [20].

В исследованиях, проведённых Каюмовым Ф.Г. с соавторами, изучались помесные животные (F_2), полученные в результате скрещивания калмыцких коров и быков-производителей породы красный ангус американской селекции, разводимые в условиях ООО «Агрофирма «Адучи» Целинного района Республики Калмыкия. В работе отражена низкая частота встречаемости животных с желательным генотипом *GH_VV*. У бычков она составила 6,0 %, при этом в группе тёлочек данный вариант отсутствовал. Авторы отмечают наличие довольно значительного поголовья гетерозиготных животных, которое варьировало в пределах 37,0–56,0 %, поскольку в целом по стаду частота встречаемости *GH_L*-аллели на 52,2 % преобладала над *GH_V* вариантом [21].

В литературе существуют данные о различии уровня молочной продуктивности в зависимости от генотипа по гену гормона роста.

При исследовании молочной продуктивности коров ярославской породы Бобрышова Г.Т. и соавторы установили, что животные с гомозиготным генотипом *GH_LL* незначительно превосходили по продуктивности животных с генотипами *GH_VV* и *GH_LV* [17].

В исследованиях Ткаченко И.В. и Гридиной С.Л., проводимых на первотёлках уральского типа чёрно-пёстрой породы, было выявлено, что наиболее высокой обильномолочностью за 1-ю лактацию характеризовались коровы с генотипом *GH_LL* – 7799 кг, а самый низкий удой (5674 кг) имели коровы с гомозиготным *GH_VV* генотипом [22].

Аналогичные данные получены Шайдуллиной Р.Р. с соавторами. Ими установлено, что животные с генотипом *GH_LL* давали наибольший уровень молочной продуктивности при достоверном преимуществе над полновозрастными коровами-носителями *GH_LV* и *GH_VV* генотипов, тогда как животные с генотипом *GH_VV* опережали своих сверстников наибольшей жирномолочностью (3,90 %) и белкомолочностью (3,26 %) [23].

Похожие результаты получила Ялуга В.Л. с соавторами. Авторы доказали, что коровы-носительницы генотипа *GH_LL* в холмогорской породе, по сравнению с аналогами-носителями гетерозиготного *GH_LV* генотипа, отличались наибольшим удоём (на 419 кг), но более низкой массовой долей жира и белка в молоке [24].

Однако исследования, проведенные Ярышкиным А.А. на 60 коровах уральского типа, выращенных в сельскохозяйственной организации Свердловской области, показали, что только по 1-й лактации первотёлки с генотипом *GH_LL* отличаются более высокой молочной продуктивностью, тогда как в старшем возрасте по удою лидируют коровы с генотипом *GH_LV* [25].

Танана Л.А. и соавторы проводили изучения технологических свойств мяса, полученного от животных герефордской породы в зависимости от генотипов по гену *GH*. Анализ полученных данных показал, что у быков с генотипом *GH_VV* убойные показатели значительно выше, быки с данным генотипом превосходили своих сверст-

ников с генотипами *GH_LV* и *GH_LL*: по массе парной туши – на 5,2–10,9 кг, или 1,1–2,2 %, а по коэффициенту мясности – на 5,6% и 5,7 % соответственно.

Заключение. Проанализировав обзор научных данных, можно сделать вывод о том, что во всех исследуемых породах частота встречаемости аллеля *GH_L* значительно превышала частоту аллеля *GH_V* и находилась в диапазоне от 0,60 до 0,98. С каждым годом появляется всё больше исследований, направленных на изучения и выявление генов-маркеров, ассоциированных с молочной или мясной продуктивностью.

Однонуклеотидные полиморфизмы являются своего рода указателем лучших животных, поскольку гены-маркеры выполняют важную роль в отрасли скотоводства, позволяя принимать более рациональные решения при отборе особей с желательными генотипами в селекционном процессе.

Тщательное изучение ДНК-генотипирования, а также их воздействия на животных – важная направленность в исследованиях. При этом нужно проводить дальнейшую работу, чтобы узнать как можно больше о функционировании таких важных генов в селекции скотоводства.

Список источников

1. Каюмов Ф. Г., Третьякова Р. Ф., Третьякова Н. А. Полиморфизм генов *CAPN1*, *GH*, *TG5* и *LEP* у молодняка нового мясного типа Адучи // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (91). С. 206–210. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-91-5-206-210.
2. Бейшова И.С. Анализ предпочтительных и альтернативных генотипов коров казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (69). С. 173–176.
3. Бейшова И.С. Фенотипические эффекты генов соматотропинового каскада, ассоциированных с мясной продуктивностью у коров казахской белоголовой породы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 48–53.
4. Колпаков В. И. Влияние некоторых полиморфных генов на мясную продуктивность и качество мяса у крупного рогатого скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 4. С. 47–64. DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-47.
5. Убойные и качественные показатели мяса герефордских быков в зависимости от генотипов гена соматотропина / Л.А. Танана, О.В. Вертинская, К.О. Кизилевич, Е.Я. Лебедько // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. 2019. №6 (76).
6. Батанов С.Д., Баранова И.А., Старостина О.С. Рост, развитие и мясная продуктивность бычков чёрно-пёстрой породы и её помесей с абердин-ангуссами // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. №2 (58). С. 44–50. DOI: 10.35694/YARCX.2022.58.2.006.
7. Kurzyukova T.A., Udalova T.A., Frolova O. Y. Technological platform of the development of beef cattle breeding in food supply system // Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 421. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 82004. DOI: 10.1088/1755-1315/421/8/082004.
8. Reaffirmation of known major genes and the identification of novel candidate genes associated with carcass-related metrics based on whole genome sequence within a large multi-breed cattle population / D.C. Purfield, R.D. Evans, D.P. Berry et al. // BMC Genomics. 2019. No. 20(1), P. 1-17. DOI: 10.1186/s12864-019-6071-9.
9. Use of genetic markers of meat productivity in breeding of Hereford breed bulls / M.P. Dubovskova, M.I. Selionova, L.N. Chizhova, E.S. Surzhikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol.341. Pp.1-5. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012052
10. Полиморфизм генов *PIT-1*, *PRL*, *GH* молочного скота кавказской бурой породы, разводимого в различных природно-экологических зонах Республики Дагестан / А.А. Озде-

- миров, М.И. Селионова, Л.Н. Чижова и др. // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 2(55). С. 165–171. EDN JKXKRE.
11. Short communication: The genotype of growth hormone gene that affects the birth weight and average daily gain in crossbred beef cattle / T. Hartatik, A. Fathoni, S. Bintara et al. // Biodiversitas. 2020. Vol. 21. No.3. P. 941-945 DOI: 10.13057/BIODIV/D210312.
 12. ДНК-тестирование полиморфизма гена GH-AluI крупного рогатого скота / Н.Ю. Сафина, Ф.Ф. Зиннатова, Ш.К. Шакиров, И.Ю. Гилемханов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2019. № 6. С. 80–83. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201906012.
 13. Дубовскова М.П., Герасимов Н.П. Генетическая структура и ассоциация полиморфизма генов гормона роста (L127V) и лептина (A80V) с продуктивностью в северо-кавказской популяции герефордской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 3. С. 91–101. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-91.
 14. Ярышкин А.А., Шаталина О.С., Лешонок О.И. Ассоциации полиморфных вариантов гена соматотропина с хозяйственно-ценными показателями коров // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 60–70. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-2-60-70.
 15. Генетическая структура крупного рогатого скота голштинской породы в Кабардино-Балкарии по генам PRL и GH / А.Н. Ахметова, Д.В. Халишхова, З.И. Боготова, А.Х. Кучменов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 4 (96). С. 26–33. DOI 10.35330/1991-6639-2020-4-96-26-33.
 16. Оценка генетического разнообразия алатауской, чёрно-пёстрой и голштинской пород крупного рогатого скота Кыргызстана по генам PRL, GH и PIT-1 / Ж.Т. Исакова, В.Н. Кипень, К.Б. Чекиров, Ю.Г. Быковченко // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 3. С. 10–14. DOI:10.33943/MMS.2019.3.31545.
 17. Бобрышова, Г. Т. Полиморфизм гена гормона роста и (GH) его взаимосвязь с продуктивными качествами у коров ярославской породы / Г. Т. Бобрышова, Е. С. Суржилова, А. И. Чудновец // Главный зоотехник. 2019. № 12. С. 31–37. EDN KXWQCW
 18. Кононова Л.В., Шарко Г.Н., Михайленко Т.Н. Полиморфизм генетических маркеров CALP1 и GH у быков-производителей мясных пород // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55, № 1. С. 49–57.
 19. Селионова М.И., Плахтюкова В.Р. Мясная продуктивность бычков казахской белоголовой породы разных генотипов по генам CAPN1 и GH // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 9–12. DOI: 10.33943/MMS.2020.96.35.003.
 20. ДНК-тестирование аллельного полиморфизма генов IGF-1, GDF5, GH, GHR у молодняка мясного скота / З.К. Гаджиев, Е.С. Суржилова, Д.Д. Евлагина, А.И. Суров, С.Н. Шумаенко // Аграрный научный журнал. 2023. № 9. С. 82–87. <http://10.28983/asj.y2023i9pp82-87>.
 21. Анализ полиморфизма генов CAPN1, GH и TG5 у помесного молодняка при скрещивании калмыцкого скота и красных ангусов / Ф.Г. Каюмов, И.М. Дунин М.И. Селионова и др. // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101, № 4. С. 28–34. ISSN 2658-3135.
 22. Ткаченко И. В., Гридина С. Л. Влияние полиморфных вариантов генов каппа-казеина и гормона роста на молочную продуктивность первотелок уральского типа // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 87–95. DOI 10.26897/0021-342X-2018-5-87-95.
 23. Шайдуллин Р. Р., Загидуллин Л. Р., Ахметов Т. М., Халилова Г. Х. Оценка молочной продуктивности холмогорских коров с аллельными вариантами генов пролактина и соматотропина // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 75–78. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp75-78>.

24. Ялуга В.Л., Прожерин В.П., Хабибрахманова Я.А. [и др.] Полиморфизм генов CSN3, LGB, PRL, GH, LEP у холмогорских коров // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 4. С. 5–8. ISSN 0026-9034.
25. Ярышкин А.А. Влияние полиморфных вариантов гена соматотропина на молочную продуктивность коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 279–281. ISSN 2073-0853

References

1. Kaiumov F. G., Tretiakova R. F., Tretiakova N. A. Polymorphism of CAPN1, GH, TG5 and LEP genes in young animals of a new meat type of Aduchi // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2021. No. 5 (91). pp. 206–210. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-91-5-206-210.
2. Beishova I.S. Analysis of preferred and alternative genotypes of Kazakh Whiteheaded cows // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 1 (69). pp. 173–176.
3. Beishova I.S. Phenotypic effects of somatotropin cascade genes associated with meat productivity in Kazakh Whiteheaded cows // Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2018. No. 1. pp. 48–53.
4. Kolpakov V. I. Influence of some polymorphic genes on meat productivity and meat quality in cattle (review) // Animal Husbandry and Fodder Production. 2020. Vol. 103, No. 4. pp. 47–64. DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-47.
5. Slaughter and quality characteristics of Hereford bulls meat depending on the genotypes of the somatotropin gene / L.A. Tanana, O.V. Vertinskaia, K.O. Kizilevich, E.Ya. Lebedko // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2019. No.6 (76).
6. Batanov S.D., Baranova I.A., Starostina O.S. Growth, development and meat productivity of bulls of the Black Pied breed and its crossbreeds with Aberdeen Angus // Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region. 2022. No.2 (58). pp. 44–50. DOI: 10.35694/YARCX.2022.58.2.006.
7. Kurzyukova T.A., Udalova T.A., Frolova O. Y. Technological platform of the development of beef cattle breeding in food supply system // Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 421. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 82004. DOI: 10.1088/1755-1315/421/8/082004.
8. Reaffirmation of known major genes and the identification of novel candidate genes associated with carcass-related metrics based on whole genome sequence within a large multi-breed cattle population / D.C. Purfield, R.D. Evans, D.P. Berry et al. // BMC Genomics. 2019. No. 20(1), pp. 1–17. DOI: 10.1186/s12864-019-6071-9.
9. Use of genetic markers of meat productivity in breeding of Hereford breed bulls / M.P. Dubovskova, M.I. Selionova, L.N. Chizhova, E.S. Surzhikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol.341. pp.1–5. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012052.
10. Polymorphism of PIT-1, PRL, GH genes of Brown Caucasian dairy cattle bred in various natural and ecological zones of the Republic of Dagestan / A.A. Ozdemirov, M.I. Selionova, L.N. Chizhova, et al. // South of Russia: ecology, development. 2020. Vol. 15. No. 2(55). pp. 165–171. – EDN JKXKRE.
11. Short communication: The genotype of growth hormone gene that affects the birth weight and average daily gain in crossbred beef cattle / T. Hartatik, A. Fathoni, S. Bintara et al. // Biodiversitas. 2020. Vol. 21. No.3. pp. 941–945 DOI: 10.13057/BIODIV/D210312.
12. DNA testing of GH-AluI gene polymorphism in cattle / N.Yu. Safina, F.F. Zinnatova, Sh.K. Shakirov, I.Yu. Gilemkhanov // Veterinary, animal science and biotechnology. 2019. No. 6. pp. 80–83. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201906012.
13. Dubovskova M.P., Gerasimov N.P. Genetic structure and association of growth hormone (L127V) and leptin (A80V) gene polymorphism with productivity in the North Caucasian

- population of the Hereford breed // *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020. Vol. 103, No. 3. pp. 91–101. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-91.
14. Yaryshkin A.A., Shatalina O.S., Leshonok O.I. Associations of polymorphic variants of the somatotropin gene with economically valuable traits of cows // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2021. No. 2. pp. 60–70. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-2-60-70.
 15. Genetic structure of Holstein cattle in Kabardino-Balkaria by PRL and GH genes / A.N. Akhmetova, D.V. Khalishkhova, Z.I. Bogotova, A.Kh. Kuchmenov // *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2020. No. 4 (96). pp. 26–33. DOI 10.35330/1991-6639-2020-4-96-26-33.
 16. Assessment of genetic diversity of Alatau, Black Pied and Holstein cattle breeds of Kyrgyzstan by PRL, GH and PIT-1 genes / Zh.T. Isakova, V.N. Kipen, K.B. Chekirov, Yu.G. Bykovchenko // *Dairy and beef cattle farming*. 2019. No. 3. pp. 10-14. DOI:10.33943/MMS.2019.3.31545.
 17. Bobryshova, G. T. Polymorphism of the growth hormone gene and (GH) its interrelationship with productive qualities in Yaroslavl cows / G. T. Bobryshova, E. S. Surzhikova, A. I. Chudnovets // *Chief zootechnik*. 2019. No. 12. pp. 31–37. EDN KXWQCW
 18. Kononova L.V., Sharko G.N., Mikhailenko T.N. Polymorphism of genetic markers CALP1 and GH in servicing bulls of meat breeds // *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2018. Vol. 55, No. 1. pp. 49–57.
 19. Selionova M.I., Plakhtiukova V.R. Meat productivity of Kazakh Whiteheaded bulls of different genotypes according to CAPN1 and GH genes // *Dairy and beef cattle farming*. 2020. No. 4. pp. 9–12. DOI: 10.33943/MMS.2020.96.35.003.
 20. DNA testing of allelic polymorphism of IGF-1, GDF5, GH, GHR genes in young beef cattle / Z.K. Gadzhiev, E.S. Surzhikova, D.D. Evlagina, A.I. Surov, S.N.. Shumaenko // *Agrarian Scientific Journal*. 2023. No. 9. pp. 82–87. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i9pp82-87>.
 21. Analysis of polymorphism of CAPN1, GH and TG5 genes in crossbred young animals when crossing Kalmyk cattle and Red Angus / F.G. Kaiumov, I.M. Dunin, M.I. Selionova et al. // *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018. Vol. 101, No. 4. pp. 28–34. ISSN 2658-3135.
 22. Tkachenko I. V., Gridina S. L. The influence of polymorphic variants of kappa-casein and growth hormone genes on the milk productivity of the first-calf cows of the Ural type // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2018. No. 5. pp. 87–95. DOI 10.26897/0021-342X-2018-5-87-95.
 23. Shaidullin R. R., Zagidullin L. R., Akhmetov T. M., Khalilova G. H. Evaluation of dairy productivity of Kholmogorsky cows with allelic variants of prolactin and somatotropin genes // *Agrarian Scientific Journal*. 2022. No. 3. pp. 75–78. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp75-78>.
 24. Yaluga V. L., Prozherin V. P., Khabibrakhmanova Ya. A. [et al.] Polymorphism of CSN3, LGB, PRL, GH, LEP genes in Kholmogorsky cows // *Dairy and beef cattle farming*. 2018. No. 4. pp. 5–8. ISSN 0026-9034
 25. Yaryshkin A. A. Influence of polymorphic variants of the somatotropin gene on dairy productivity of cows // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019. No. 6 (80). pp. 279–281. ISSN 2073-0853

Сведения об авторах

Дарья Дмитриевна Евлагина, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, тел.: 8 (918) 13-19-731, e-mail: d1319731@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6101-7293.

Закир Камилович Гаджиев, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории разведения и селекции сельскохозяйственных животных (с сектором скотоводства), тел. 8 (8652) 71-70-33, e-mail: gadzhiev70@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1966-7000.

Владимир Аникеевич Погодаев, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории разведения и селекции сельскохозяйственных животных (с сектором скотоводства), тел.: 8 (918) 785-85-25, e-mail: pogodaev_1954@mail.ru, ORCID 0000-0002-9165-1225.

Евгения Семёновна Суржикова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, тел.: 8 (905) 413-74-35, e-mail: immunogenetika@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3955-0902.

Ольга Николаевна Онищенко, младший научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК, ассистент базовой кафедры частной зоотехнии, селекции и разведения животных ФГБНУ ВО СтГАУ, тел.: 8 (918) 882-16-91, e-mail: 74helga74@mail.ru, ORCID 0009-0006-0320-5716.

Лидия Валентиновна Кононова, кандидат сельскохозяйственных наук, тел.: +7-918-747-47-37, e-mail: kononova-lidij@mail.ru, ORCID 0000-0003-3812-9099.

Information about the authors

D.D. Evlagina, Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Laboratory of Immunogenetics and DNA Technologies, tel.: 8 (918) 13-19-731, e-mail: d1319731@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6101-7293

Z.K. Gadzhiev, Doctor of Biological Science, Chief Researcher of the Laboratory of Breeding and Selection of Farm Animals (with cattle breeding sector), tel. 8 (8652) 71-70-33, e-mail: gadzhiev70@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1966-7000

V.A. Pogodaev, Doctor of Agricultural Science, Chief Researcher of the Laboratory of Breeding and Selection of Farm Animals (with cattle breeding sector), tel.: 8 (918) 785-85-25, email: pogodaev_1954@mail.ru, ORCID 0000-0002-9165-1225

E.S. Surzhikova, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Immunogenetics and DNA Technologies, tel.: 8 (905) 413-74-35, e-mail: immunogenetika@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3955-0902

O.N. Onishchenko, Junior Researcher of the Laboratory of Immunogenetics and DNA Technologies of All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding, Assistant of the Industrial Chair of Small Animal Science, Selection and Breeding of Animals of the FSBEI of HE Stavropol State Agrarian University, tel.: 8 (918) 882-16-91, e-mail: 74helga74@mail.ru, ORCID 0009-0006-0320-5716

L.V. Kononova, Candidate of Agricultural Sciences, tel.: +7-918-747-47-37, e-mail: kononova-lidij@mail.ru, ORCID 0000-0003-3812-9099

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 14.11.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 14.11.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 108-117
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 108-117

Зоотехния и ветеринария

Научная статья
УДК 638.2:637.5
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/011.4.16.2023

ВЛИЯНИЕ АЭРОИОНИЗАЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

**Елена Григорьевна Евлагина, Виктор Григорьевич Евлагин,
Евдокия Федотовна Лейнвебер, Максим Генчев Костадинов**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, e-mail: gnu_rnis_silk@mail.ru

Аннотация. Многочисленными исследованиями установлено, что отрицательные аэроионы благоприятно влияют на организм животных, улучшая обмен веществ, аппетит и усвояемость кормов, способствуют росту и развитию, повышают продуктивность и устойчивость к заболеваниям, а также благоприятно влияют на здоровье пчёл. Цель исследования – изучение действия аэроионизации на динамику развития гусениц; биологические, продуктивные и репродуктивные показатели тутового шелкопряда. Объектом исследования являлись районированные породы тутового шелкопряда: Кавказ-1, Кавказ-2, содержащиеся в Биокolleкции пород тутового шелкопряда Научно-исследовательской станции шелководства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Ставропольский край, г. Железноводск, пос. Иноземцево). В результате проведенных исследований получены следующие результаты: обработка отрицательными ионами в период выкормки младших возрастов гусениц (с 1-го по 3-й возраст) пород Кавказ-1, Кавказ-2 положительно сказывается на последующих стадиях развития тутового шелкопряда; сокращается выкормочный период – гусеницы раньше уходят на завивку; повышается жизнеспособность на 2,0–2,4 %, по сравнению с контролем (выкормка без обработки отрицательными ионами); увеличивается средняя масса кокона по породам (Кавказ-1 – на 2,6 %, Кавказ-2 – 1,1 %) по сравнению с контролем; снижается количество коконного брака (коконов-глухарей в среднем – на 1,05 %, коконов-двойников – на 1,06 %); повышаются репродуктивные показатели (средняя масса 1 яйца – на 1,38 % и 1,71 %, среднее количество яиц в кладке – на 78,8 штук и на 60,6 штук, вследствие чего увеличивается масса кладки на 11,8 % и 12,1 % у пород Кавказ-1 и Кавказ-2 соответственно). Таким образом, аэроионизация при выкормке гусениц младших возрастов тутового шелкопряда способствует увеличению массы коконов, повышению урожая и сокращению количества бракованных коконов и стимулирует плодовитость бабочек.

Ключевые слова: аэроионизация, отрицательные ионы, тутовый шелкопряд, порода, гусеницы, младшие возраста, развитие, продуктивность

Для цитирования: Евлагина Е.Г., Евлагин В.Г., Лейнвебер Е.Ф., Костадинов М.Г. Влияние аэроионизации на продуктивность тутового шелкопряда // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.108-117.

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/011.4.16.2023

Zootechny and veterinary science

Original article

EFFECT OF AEROIONIZATION ON THE PRODUCTIVITY OF THE SILKWORM

Elena G. Evlagina, Viktor G. Evlagin, Evdokiia F. Leinveber, Maksim G. Kostadinov

FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk, e-mail: gnu_rnis_silk@mail.ru

Abstract. Numerous studies have established that negative air ions have a beneficial effect on the animal body, improving metabolism, appetite and feed digestibility, promote growth and development, increase productivity and resistance to diseases, and also have a beneficial effect on the health of bees. The purpose of the research was to study the effect of aeroionization on dynamics of larvae development, biological, productive and reproductive parameters of the silkworm. The object of the study was recognized breeds of silkworm: Kavkaz-1, Kavkaz-2, which were included in the Biocollection of silkworm breeds of Sericulture Research Station – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre” (Stavropol Territory, Zheleznovodsk, Inozemtsevo). According to the research, the following results were obtained: treatment with negative ions during the fattening period of younger instars of larvae (from the first to the third instar) of Kavkaz-1, Kavkaz-2 breeds had a positive effect on subsequent stages of silkworm development; the fattening period was shortened – larvae formed cocoons earlier; viability increased by 2,0-2,4% compared to the control group (fattening without treatment with negative ions); average cocoon weight increased depending on the breed: Kavkaz-1 by 2,6%, Kavkaz-2 by 1,1% compared to the control group; number of cocoon defects decreased: (on average, dead cocoons by 1,05%, twin cocoons by 1,06%); reproductive parameters increased: the average weight of one egg by 1,38% and 1,71%, average number of egg laying by 78,8 pieces and by 60,6 pieces, as a result of which the weight of egg mass increased by 11,8% and 12,1% for Kavkaz-1 and Kavkaz-2 breeds, respectively. Thus, aeroionization when fattening younger instars of silkworm larvae helps increase the mass of cocoons, increases yield and reduces the number of defective cocoons and stimulates the fertility of butterflies.

Keywords: aeroionization, negative ions, silkworm, breed, larvae, younger instars, development, productivity

For citation: Evlagina E.G., Evlagin V.G., Leinveber E.F., Kostadinov M.G. Effect of aeroionization on the productivity of the silkworm // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16). P. 108-117. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/011.4.16.2023

Введение. Тутовый шелкопряд – насекомое, сильно зависящее от факторов окружающей среды. Процесс одомашнивания тутового шелкопряда привел к снижению

естественной устойчивости организма к определённым патогенам, вызывающим различные заболевания. Наиболее распространёнными заболеваниями тутового шелкопряда являются мускардина, пембрина (нозематоз), фляшерия (мертвенность), полиэдроз (желтуха), а также различные виды бактериозов, вызываемые *Bacillus thuringiensis*, *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus faecium*, *Staphylococci sp.* и *Serratia marcescens*, которые как по отдельности, так в сочетании с друг с другом приводят к высокой гибели гусениц, ухудшению качества коконов, увеличивая количество коконного брака и снижая тем самым урожай коконов [1, 2, 3].

Как известно, на вирусные заболевания приходится почти 70 % гибели гусениц на выкормках, поэтому современным и актуальным считается решение вопросов, связанных с изысканием лечебных и профилактических средств в борьбе с заболеваниями тутового шелкопряда [4].

В существующих системах содержания сельскохозяйственных животных и птицы, а также тутового шелкопряда высокие уровни продуктивности возможны только тогда, когда обеспечен соответствующий микроклимат. Особое значение при этом должно уделяться таким факторам, как температура, влажность, запыленность воздуха, содержание патогенных микроорганизмов, вирусов и других вредных веществ. Исходя из этого, в последнее время особое внимание уделяется ионизации воздуха как средству улучшения микроклимата [5, 6, 7].

Ионизация воздуха вызвана электромагнитным воздействием двух частиц, в результате которого одна частица приобретает энергию, достаточную для высвобождения электрона. Аэроионы различаются по характеру заряда: положительно заряженный ион, образующийся в следствии потери электронов нейтральными частицами, и отрицательно заряженный ион, возникающий в следствии соединения с электрически нейтральной частицей [8, 9]. Многочисленными исследованиями установлено, что наиболее благоприятное влияние на организм животных оказывают отрицательные аэроионы [10, 11].

Исследованиями различных авторов установлено, что искусственно ионизированный воздух улучшает обмен веществ, аппетит животных и усвояемость кормов, способствует росту и развитию, повышает продуктивность и устойчивость к заболеваниям, а также благоприятно влияет в том числе и на пчёл [7, 12]. В птицеводстве исследования показали, что отрицательная ионизация воздуха оказывает благотворное влияние практически на все функции организма птицы [10, 13].

Известно, что заболевания тутового шелкопряда встречаются практически на всех стадиях развития, но проявляются на стадии гусеницы, особенно в старших (4-й и 5-й) возрастах. При этом дезинфекция и гигиена в помещениях, поддержание оптимальных условий инкубации грен (яиц) и выкормки гусениц младших возрастов обеспечивают значительную устойчивость к болезням в старших возрастах гусениц [14, 15].

Таким образом, ионизация воздуха, являясь элементом окружающей среды, способствующим сокращению количества болезнетворных патогенов и улучшению микроклимата, а также общей продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы, содержащихся в помещениях, может найти большое практическое применение в шелководстве.

Цель исследования. Изучение действия аэроионизации на динамику развития гусениц; биологические, продуктивные и репродуктивные показатели тутового шелкопряда.

Материал и методы исследований. Исследования, направленные на изучение действия отрицательно заряженных ионов на развитие гусениц, биологические показатели и продуктивность тутового шелкопряда, проводились на базе Научно-исследовательской станции шелководства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Ставропольский край, г. Железноводск, пос. Иноземцево).

Объектом исследований являлись районированные породы тутового шелкопряда Кавказ-1 и Кавказ-2, содержащиеся в Биокolleкции пород тутового шелкопряда Станции шелководства. Для проведения исследований были сформированы опытные группы по 300 гусениц в трёх повторностях по каждой породе. Контроль (выкормка без аэроионизации) – 300 гусениц в трехкратной повторности этих же пород.

Экспериментальная выкормка проводилась в соответствии с действующими методическими рекомендациями А. А. Климовой (1990) [16].

Для изучения действия аэронов на организм тутового шелкопряда аэроионизацию осуществляли в период выкормки гусениц младших возрастов (1–3-й возраст) (рисунок 1). В качестве источника отрицательно заряженных ионов использовался ионизатор «Супер-Плюс-Турбо» (концентрация не более 40×10^3 ион/см³). Обработку гусениц отрицательно заряженными ионами проводили по 2 часа каждый день, исключая периоды линек. Гусеницы располагались на расстоянии 40 см от устройства.



Рисунок 1. Обработка отрицательно заряженными ионами гусениц младших возрастов

В ходе исследований изучали динамику развития гусениц тутового шелкопряда по возрастам, определяли биологические, продуктивные и репродуктивные показатели.

Жизнеспособность – один из основных показателей, относящийся к биологическим, определяется по итогам выкормки. В опытных и контрольных группах отбирали коконы первых трех дней массовой завивки, далее подсчитывали количество коконов с живыми куколками, отдельно – глухарей с мертвыми куколками и гусеницами, двойники и карапачах. По количеству нормальных коконов (коконы с живыми куколками) определяли жизнеспособность гусениц в каждой группе по следующей формуле (1):

$$\text{Жизнеспособность, \%} = \frac{\text{Кол-во коконов с живыми куколками (шт)}}{\text{Кол-во гусениц в начале 3-ого возраста (шт)}} \times 100 \quad (1)$$

Оценку таких показателей, как средняя масса кокона и урожай коконов, осуществляли на 9-й день со дня массовой завивки. Взвешивали образец коконов от каждой партии (контрольные и опытные группы), состоящий из 25 самцов и 25 самок.

Среднюю массу кокона рассчитывали по формуле (2):

$$\text{Ср. масса кокона, г} = \frac{\text{Масса коконов (г) } 25 \sigma + 25 \varphi}{50} \quad (2)$$

Урожай коконов с 1 г гусениц, выраженный в килограммах, вычисляли расчетным путем по формуле (3):

$$\text{Урожай коконов, кг} = \frac{\text{Жизнеспособность (\%)} \times \text{Ср.масса кокона(г)} \times \text{Кол-во вышедших гусениц в 1 г (шт)}}{100000} \quad (3)$$

Определение репродуктивных показателей проводили на грене 1-го дня откладки её бабочкой. Количество яиц в кладке подсчитывали, определяли процент физиологического брака, нормальную grenу взвешивали для определения средней массы одного яйца по формуле (5):

$$\text{Средняя масса одного яйца, мг} = \frac{\text{Масса нормальной grenы в кладке (мг)}}{\text{Кол-во нормальных яиц в кладке (шт)}} \quad (4)$$

Массу кладки высчитывали по формуле (5):

$$\text{Масса кладки, мг} = \text{Средняя масса одного яйца (мг)} \times \text{Кол-во яиц в кладке (шт)} \quad (5)$$

Биометрическую обработку и анализ статистических данных проводили путём вычисления ошибки среднего ($\pm m$), коэффициента вариации (Cv) и расчёта критерия Стьюдента для трёх уровней достоверности при $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$ с использованием программы StatPlus 7.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ динамики выкормочного периода по возрастам гусениц (рисунок 2) показал отсутствие отклонений в развитии гусениц с 1-го по 4-й возраст, в 5-ом возрасте гусениц – незначительное ускорение развития в опытных группах в сравнении с контролем: период развития сократился на одни сутки (гусеницы раньше ушли на завивку).

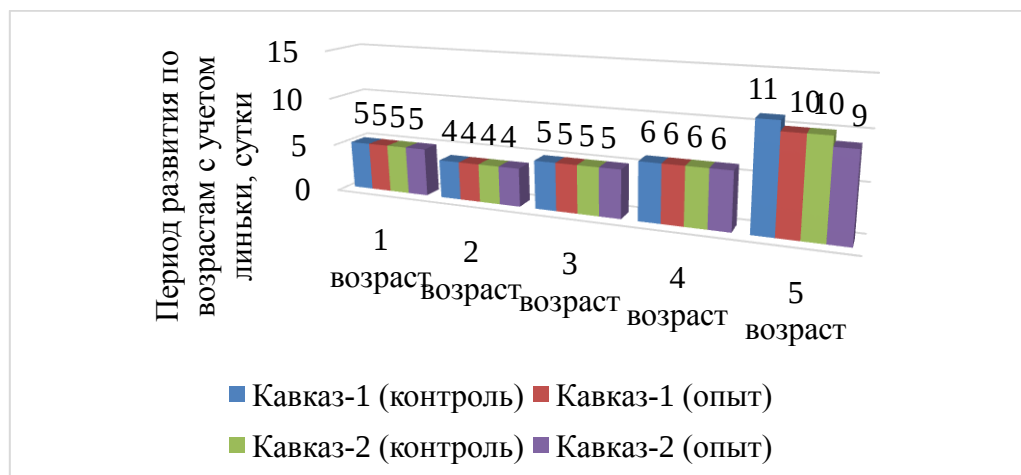


Рисунок 2. Динамика развития гусениц тутового шелкопряда пород Кавказ-1, Кавказ-2

Показатели, характеризующие жизнеспособность и продуктивность тутового шелкопряда, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Биологические и продуктивные показатели тутового шелкопряда

Группы	Жизнеспособность, %		Средняя масса кокона, г		Урожай коконов с 1 г гусениц, кг	
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %
Кавказ-1						
контроль	96,5±0,24	2,61	1,93±0,019	1,07	4,079±0,034	1,32
опыт	98,8±0,54*	1,02	1,98±0,015	2,05	4,284±0,058*	1,86
Кавказ-2						
контроль	96,6±0,42	1,60	1,79±0,018	1,76	3,839±0,075	2,95
опыт	98,5±0,29*	1,20	1,81±0,015	1,86	3,958±0,044	1,69

* $P \leq 0,05$

Данные, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о положительном влиянии обработки гусениц младших возрастов отрицательно заряженными ионами на биологические показатели и продуктивность тутового шелкопряда. Так, в опытных группах жизнеспособность гусениц тутового шелкопряда пород Кавказ-1 и Кавказ-2 оказалась выше контроля на 2,4 % ($P \leq 0,05$) и 2,0 % ($P \leq 0,05$) соответственно. Обработка отрицательными ионами способствовала получению коконов большей массы в опытных группах, по сравнению с контрольными (по породе Кавказ-1 – на 2,6 %, по породе Кавказ-2 – на 1,1 %), а также повышению урожая коконов с 1 г гусениц (Кавказ-1 – на 5,0 % ($P \leq 0,05$), Кавказ-2 – на 3,1 % по отношению к контролю).

Следует отметить, в опытных группах тутового шелкопряда пород Кавказ-1 и Кавказ-2, по сравнению с контрольными, наблюдается снижение количества коконного брака: коконов-глухарей в среднем по породам – на 1,05 %, коконов-двойников – на 1,06 % (рисунок 3).

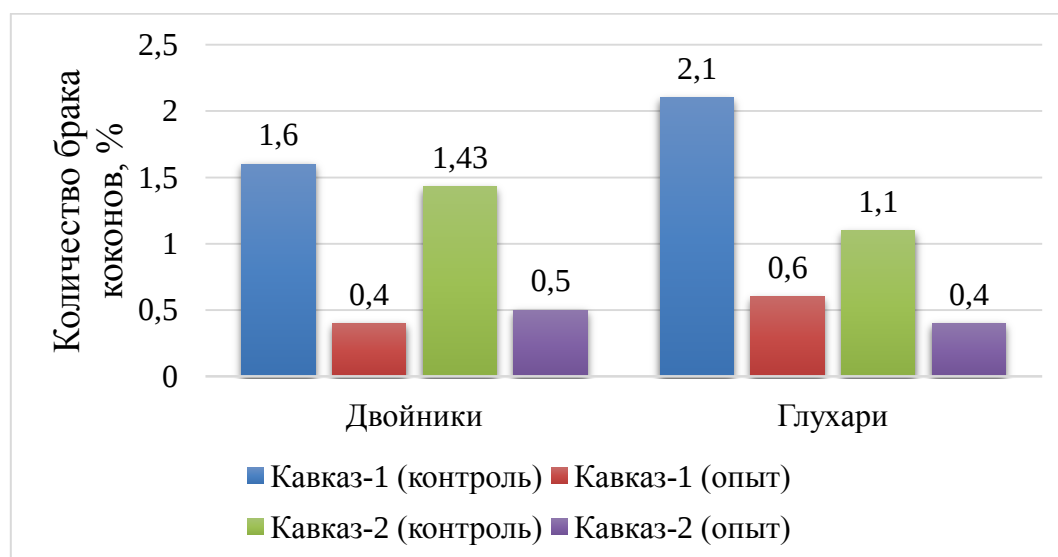


Рисунок 3. Количество коконного брака

Также было изучено влияние отрицательных ионов при обработке гусениц младших возрастов (1–3) на репродуктивные показатели бабочек тутового шелкопряда, результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Репродуктивные показатели тутового шелкопряда

Группа	Масса 1 яйца, мг		Количество яиц в кладке, шт.		Масса кладки яиц, мг	
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %
Кавказ-1						
контроль	0,652±0,003	1,1	739,5±5,12	5,1	484,9±7,68	6,1
опыт	0,661±0,001*	1,2	818,3±4,53***	3,9	542,3±4,98**	5,4
Кавказ-2						
контроль	0,643±0,001	1,4	712,1±4,27	5,6	451,4±7,41	5,8
опыт	0,654±0,002**	0,8	772,7±3,82***	4,8	505,9±8,52**	7,1

* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$

Анализ результатов показал, что обработка отрицательными ионами гусениц тутового шелкопряда младших возрастов повышает репродуктивные показатели: среднюю массу 1 яйца – на 1,38 % ($P \leq 0,05$) и 1,71 % ($P \leq 0,01$), среднее количество яиц в кладке – на 78,8 штук ($P \leq 0,001$) и на 60,6 штук ($P \leq 0,001$), вследствие этого увеличивается масса кладки на 11,8 % ($P \leq 0,01$) и 12,1 % ($P \leq 0,01$) у пород Кавказ-1 и Кавказ-2 соответственно. Это свидетельствует о положительном влиянии аэроионизации на формирование яиц тутового шелкопряда и, как следствие, улучшение плодовитости бабочек.

Заключение. В проведённых нами исследованиях выявлено, что аэроионизация при выкормке гусениц младших возрастов (с 1-го по 3-й) тутового шелкопряда положительно сказывается на последующих стадиях развития тутового шелкопряда. Реакция тутового шелкопряда на воздействие отрицательно заряженных ионов выражается в повышении интенсивности развития и жизнеспособности (за счёт снижения заболеваемости), увеличении продуктивности (урожая коконов) и репродуктивных показателей.

Список источников

1. Somu C., Karuppiah H., Sundaram J. Antiviral activity of seselin from Aegle marmelos against nuclear polyhedrosis virus infection in the larvae of silkworm, Bombyx mori // Journal of Ethnopharmacology. 2019. No. 245. P. 1-11. DOI: 10.1016/j.jep.2019.112155
2. Efficacy of phototrophic bacterial feed supplementation on economic traits and disease resistance in mulberry silkworm, Bombyx mori (Lepidoptera: Bombycidae) / K. Rahul, P. Anil, M. Pooja et al. // Revista de la Sociedad Entomológica Argentina. 2022. Vol. 83. No. 3. P. 28-40. DOI:10.25085/rsea.810303.
3. Ильиных А. В. Вертикальная передача бакуловирусов // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2019. № 3. С. 321–330. DOI: 10.1134/S0002332919030032.

4. Lens on Tropical Sericulture Development in Indonesia: Recent Status and Future Directions for Industry and Social Forestry / L. Andadari, D. Yuniati, B. Supriyanto // *Insects*. 2022. No. 13. P. 1-25. DOI:10.3390/insects13100913
5. Technology of Microclimate Regulation in Organic and Energy-Sustainable Livestock Production / Z. Havelka, R. Kunes, Y. Kononets // *Agriculture*. 2022. Vol.12. No. 10. P. 1-24. DOI: 10.3390/agriculture12101563
6. Gencoglan S., Baspinar A. Determination of the Silkworm (*Bombyx mori* L.) heat requirements in rearing room of village house for optimal environmental conditions // *Pakistan Journal of Zoology*. 2016. Vol. 48. No. 2. P. 557-561.
7. Herbut E., Sosnowka-Czajka E., Skomorucha I. Air ionization in livestock buildings – a review // *Annals of Animal Science*. 2018. Vol. 18. No. 4. P. 899–905. DOI: 10.2478/aoas-2018-0043.
8. Шикин В. Отрицательные ионы в криогенных средах // *Физика низких температур*. 2017. Т. 43. № 6. С. 807–818. EDN YTXPET.
9. Experimental evaluation of positive and negative air ions disinfection efficacy under different ventilation duct conditions / S. S. Nunayon, H. H. Zhang, X. Jin et al. // *Building and Environment*. 2019. No. 158. P. 295–301. DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.05.027.
10. Абузярова Г. А. Изменение массы печени гусиных эмбрионов при действии отрицательных аэроионов // *Международный вестник ветеринарии*. 2021. № 2. С. 108–111. EDN FHESTR.
11. Определение оптимального режима работы устройства «Аэротон» для кур-несушек / Р. А. Камалов, Н. С. Гегамян, Л. Ю. Киселев и др. // *Аграрный вестник Урала*. 2019. № 1(180). С. 16–20. DOI: 10.32417/article_5ca4df106d1b01.03591716.
12. Oskin S., Tsokur D., Voloshin S. Modeling process of water bubbling with ozone to obtain disinfectant solutions in beekeeping // *Engineering for Rural Development, Jelgava*. 2019. Vol. 18. P. 1210-1214. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N412.
13. Бирюкова Е. Е., Хохлов Р. Ю. Закономерность роста яйцевода кур в эмбриональном периоде при использовании аэроионизации // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 3. С. 39–41. EDN XPBXJJ.
14. Impact of disinfectants on the intestinal bacterial symbionts and immunity of silkworm (*Bombyx mori* L.) / G. Li, M. Cai, X. Zheng et al. // *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. No. 29. P. 79545–79554. DOI: 10.1007/s11356-022-21442-0
15. Begum S. F., Savithri G. Investigation on conversion efficiencies of mulberry leaves in silkworm *Bombyx Mori* L. During the progress of entomo-pathogenic fungus *beauveria bassiana* (bal) vuill // *Uttar pradesh journal of zoology*. 2022. Vol. 43. No. 16, 37–48. DOI:10.56557/upjoz/2022/v43i163140
16. Климова А. А. Методика проведения экспериментальных выкормок тутового шелкопряда. Методические рекомендации по шелководству // *Иноземцево: Росшелк-станция*, 1990. 17 с.

References

1. Somu C., Karupiah H., Sundaram J. Antiviral activity of seselin from *Aegle marmelos* against nuclear polyhedrosis virus infection in the larvae of silkworm, *Bombyx mori* // *Journal of Ethnopharmacology*. 2019. No. 245. pp. 1-11. DOI: 10.1016/j.jep.2019.112155

2. Efficacy of phototrophic bacterial feed supplementation on economic traits and disease resistance in mulberry silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) / K. Rahul, P. Anil, M. Pooja et al. // *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 2022. Vol. 83. No. 3. pp. 28-40. DOI:10.25085/rsea.810303.
3. Ilinykh A.V. Vertical transmission of baculoviruses // *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological series*. 2019. No. 3. pp. 321-330. DOI: 10.1134/S0002332919030032.
4. Lens on Tropical Sericulture Development in Indonesia: Recent Status and Future Directions for Industry and Social Forestry / L. Andadari, D. Yuniati, B. Supriyanto // *Insects*. 2022. No. 13. pp. 1-25. DOI:10.3390/insects13100913
5. Technology of Microclimate Regulation in Organic and Energy-Sustainable Livestock Production / Z. Havelka, R. Kunes, Y. Kononets // *Agriculture*. 2022. Vol.12. No. 10. pp. 1-24. DOI: 10.3390/agriculture12101563
6. Gencoglan S., Baspinar A. Determination of the Silkworm (*Bombyx mori* L.) heat requirements in rearing room of village house for optimal environmental conditions // *Pakistan Journal of Zoology*. 2016. Vol. 48. No. 2. pp. 557-561.
7. Herbut E., Sosnówka-Czajka E., Skomorucha I. Air ionization in livestock buildings – a review // *Annals of Animal Science*. 2018. Vol. 18. No. 4. pp. 899–905. DOI: 10.2478/aoas-2018-0043.
8. Shikin V. Negative ions in cryogenic media // *Low Temperature Physics*. 2017. Vol. 43. No 6. pp. 807-818. EDN YTXPET.
9. Experimental evaluation of positive and negative air ions disinfection efficacy under different ventilation duct conditions / S. S. Nunayon, H. H. Zhang, X. Jin et al. // *Building and Environment*. 2019. No. 158. pp. 295–301. DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.05.027.
10. Abuzyarova G. A. Changes in the liver mass of goose embryos under the action of negative aeroions // *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2021. No 2. pp. 108-111. EDN FHESTR.
11. Determining the optimal mode of operation of the device “Aeroton” for laying hens / R. A. Kamalov, N. S. Gegamyan, L. Yu. Kiselev et al. // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019. No. 1(180). pp. 16-20. DOI: 10.32417/article_5ca4df106d1b01.03591716.
12. Oskin S., Tsokur D., Voloshin S. Modeling process of water bubbling with ozone to obtain disinfectant solutions in beekeeping // *Engineering for Rural Development, Jelgava*. 2019. Vol. 18. pp. 1210-1214. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N412.
13. Biryukova E. E., Khokhlov R. Yu. Regularity of oviduct growth in hens during the embryonic period when using aeroionization // *International Agricultural Journal*. 2018. No. 3. pp. 39-41. EDN XPBXJJ.
14. Impact of disinfectants on the intestinal bacterial symbionts and immunity of silkworm (*Bombyx mori* L.) / G. Li, M. Cai, X. Zheng et al. // *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. No. 29. pp. 79545–79554. DOI: 10.1007/s11356-022-21442-0
15. Begum S. F., Savithri G. Investigation on conversion efficiencies of mulberry leaves in silkworm *Bombyx Mori* L. During the progress of entomo-pathogenic fungus *beauveria bassiana* (bal) vuill // *Uttar pradesh journal of zoology*. 2022. Vol. 43. No. 16, 37–48. DOI:10.56557/upjoz/2022/v43i163140
16. Klimova A. A. Methodology of experimental silkworm feeding. Methodological recommendations on sericulture // *Inozemtsevo: Russian Sericulture Research Station*, 1990. 17p.

Сведения об авторах

Елена Григорьевна Евлагина, директор Станции шелководства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», тел.: 8-(879)-325-54-79, e-mail: kim307@bk.ru ORCID 0000-0003-1050-9970

Виктор Григорьевич Евлагин, научный сотрудник Станции шелководства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», тел.: 8-938-354-23-83, e-mail: evlaginvg@mail.ru ORCID: 0000-0002-2404-4222

Евдокия Федотовна Лейнвебер, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Станции шелководства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», тел.: 8-919-739-97-82, e-mail: tutovod@mail.ru ORCID 0000-0002-5284-0840

Максим Генчев Костадинов, младший научный сотрудник Станции шелководства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», тел.: 8-928-632-62-53, e-mail: maks.kostadinov@mail.ru ORCID: 0009-0001-7080-3904

Information about the authors

E. G. Evlagina, Director of the Sericulture Station – branch of FSBSI “North Caucasus FARC”, tel.: 8-(879)-325-54-79, e-mail: kim307@bk.ru ORCID 0000-0003-1050-9970

V. G. Evlagin, Researcher of the Sericulture Station – branch of FSBSI “North Caucasus FARC”, tel.: 8-938-354-23-83, e-mail: evlaginvg@mail.ru ORCID: 0000-0002-2404-4222

E. F. Leinveber, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Sericulture Station – branch of FSBSI “North Caucasus FARC”, tel.: 8-919-739-97-82, e-mail: tutovod@mail.ru ORCID 0000-0002-5284-0840

M. G. Kostadinov, Junior Researcher of the Sericulture Station – branch of FSBSI “North Caucasus FARC”, tel.: 8-928-632-62-53, e-mail: maks.kostadinov@mail.ru ORCID: 0009-0001-7080-3904

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.11.2023; одобрена после рецензирования 15.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 01.11.2023; approved after reviewing 15.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 118-129
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 118-129

Зоотехния и ветеринария

Научная статья
УДК 636.22/.28.033
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/012.4.16.2023

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЖИВОТНЫХ КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ ПОРОДЫ

Галина Петровна Ковалева, Марина Николаевна Лапина,
Наталья Владимировна Сулыга, Владимир Адольфович Витол
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский
федеральный научный аграрный центр», Россия, г. Михайловск,
e-mail: info@fnac.center

Аннотация. На территории Ставропольского края, на базе СПК колхоз «Гигант» Благодарненского муниципального округа, в настоящее время активно ведётся работа по созданию внутривидового типа казахской белоголовой породы, отличающегося повышенными продуктивными и адаптационными качествами. Целью исследований, представленных в статье, являлась оценка степени выраженности признаков мясной продуктивности у крупного рогатого скота казахской белоголовой породы создаваемого внутривидового типа. Объектом исследований стали 50 бычков, 50 телочек, 50 коров-первотёлок и 20 быков-производителей казахской белоголовой породы. Исследования проводились по общепринятым методикам. Экстерьер всех оценённых животных был типичным для казахской белоголовой породы. Установлено, что коэффициент вариации по показателям живой массы как у бычков, так и у телочек находился на уровне 1,949–6,625%. У быков-производителей казахской белоголовой породы наибольшая однородность установлена по следующим признакам: рост – 1,554 %, длина туловища – 2,572 % и живая масса в 12 месяцев – 3,016 %. Наибольшей изменчивостью быки-производители отличаются: по глубине груди – 16,080 %, ширине зада в маклоках – 18,390 % и ширине груди – 20,000 %. По остальным изученным признакам коэффициент вариации составил от 4,121 до 8,726 %. Наибольшая однородность коров-первотёлок казахской белоголовой породы установлена по следующим признакам: рост – 0,856 %, глубина груди – 0,998 %, обхват груди – 2,221 %, длина крестца – 0,980 %, ширина зада в маклоках – 1,491 %, длина туловища – 2,704 % и обхват пясти – 2,704 %. Наибольшая вариация прослеживалась по следующим признакам: ширина лба – 8,260 %, ширина зада в тазобедренных сочленениях – 6,156 %, ширина таза – 7,686 %, толщина кожи – 6,857 % и молочность – 7,512 %. По остальным признакам коэффициент вариации составил от 3,115 до 4,772 %. Полученные данные говорят о том, что поголовье достаточно однородно по большинству селекционируемым признакам.

Ключевые слова: казахская белоголовая порода, признаки мясной продуктивности

Для цитирования: Ковалева Г.П., Лапина М.Н., Сулыга Н.В., Витол В.А. Результаты оценки животных казахской белоголовой породы // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.118-129.

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/012.4.16.2023

Zootechny and veterinary science

Original article

RESULTS OF BEEF PRODUCTIVITY ASSESSMENT OF THE KAZAKH WHITEHEADED ANIMALS

Galina P. Kovaleva, Marina N. Lapina, Natalia V. Sulyga, Vladimir A. Vitol

Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, Russia, Mikhailovsk,

e-mail: info@fnac.center

Abstract. Currently, the active work on development of an intrabreed type of the Kazakh Whiteheaded breed, which is characterized by increased productive and adaptive qualities, is in progress. It is being conducted in the Stavropol Territory, on the basis of the APC collective farm “Gigant” in the Blagodarnensky Municipal District. The purpose of the research, which was presented in the article, was to assess the degree of manifestation of beef productivity traits in Kazakh Whiteheaded cattle of the developed intrabreed type. The object of the research was 50 bull calves, 50 heifers, 50 first-calf cows and 20 servicing bulls of the Kazakh Whiteheaded breed. The studies were carried out using common methods. The exterior of all assessed animals was typical for the Kazakh Whiteheaded breed. It was found that the coefficient of variation in terms of live weight in both bull calves and heifers was at the level of 1,949–6,625%. As for the bulls of the Kazakh Whiteheaded breed, the greatest homogeneity was established for the following characteristics: height – 1,554%, body length – 2,572% and live weight at 12 months – 3,016%. The servicing bulls differed in the greatest variability: in chest depth – 16,080%, hip width – 18,390% and chest width – 20,000%. As for the remaining studied characteristics, the coefficient of variation ranged from 4,121 to 8,726%. The greatest homogeneity in first-calf cows of the Kazakh Whiteheaded breed was established according to the following characteristics: height – 0,856%, chest depth – 0,998%, chest girth – 2,221%, rump length – 0,980%, hip width – 1,491%, body length – 2,704% and cannon bone girth – 2,704%. The greatest variation was observed in the following characteristics: forehead width – 8,260%, hip-joint width – 6,156%, width of pelvis – 7,686%, skin thickness – 6,857% and milk yielding capacity – 7,512%. As for other characteristics, the coefficient of variation ranged from 3,115 to 4,772%. The obtained data indicated that the livestock was quite homogeneous in most of the selected traits.

Key words: Kazakh Whiteheaded breed, parameters of meat productivity

For citation: Kovaleva G.P., Lapina M.N., Sulyga N.V., Vitol V.A. Results of beef productivity assessment of the Kazakh Whiteheaded animals // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16). P. 118-129. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/012.4.16.2023

Введение. Мясное скотоводство – одна из важнейших составляющих АПК России [1]. Увеличение производства говядины, повышение её качества и снижение себестоимости имеют важное народнохозяйственное значение [2]. Добиться поставленных целей возможно только при широком использовании генофонда специализированных пород крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, одна из которых – казахская белоголовая порода. Казахская белоголовая порода – первая порода мясного скота, выведенная в России методом воспроизводительного скрещивания казахского, калмыцкого скота и их помесей с герефордской породой. Животные казахской белоголовой породы от герефордов унаследовали мясные качества, а от калмыцкой породы – неприхотливость к условиям содержания и кормления, приспособленность к резко континентальному климату. Они имеют хорошую воспроизводительную способность и устойчивость к ряду инфекционных заболеваний [3, 4]. Наибольшее распространение порода получила в Российской Федерации и Казахстане, где по численности среди пород мясного направления продуктивности занимает соответственно четвёртое и первое места [3, 5, 6]. В Российской Федерации казахский белоголовый скот в своём большинстве сосредоточен в пяти федеральных округах: Сибирском, Приволжском, Северо-Кавказском, Южном и Центральном [5]. В Ставропольском крае скот казахской белоголовой породы находится на третьем месте по численности, уступая только калмыцкой и герефордской породам. Его разводят в четырёх хозяйствах края, расположенных в засушливой и крайне засушливой климатических зонах, в том числе в СПК колхоз «Гигант» Благодарненского муниципального округа [4, 7].

По своим хозяйственно-биологическим свойствам казахская белоголовая порода представляет большую ценность и обладает высокими потенциальными возможностями для увеличения уровня продуктивности [2]. Порода оказывает большое влияние на развитие отрасли мясного скотоводства и обеспечение продовольственной независимости России за счёт своей роли в производстве высококачественного мяса через малоиспользуемые ресурсы пастбищного скотоводства [3]. Животные казахской белоголовой породы характеризуются высокими среднесуточными приростами и промерами экстерьерных статей. Установлено их превосходство по данному показателю над животными других пород мясного направления продуктивности [8, 9, 10, 11]. Казахскую белоголовую породу разводят не только в чистоте, но используют для улучшения мясных качеств других пород и получения помесного поголовья [12, 13].

С целью повышения эффективности селекционной работы со скотом казахской белоголовой породы необходимо широко использовать популяционно-генетические методы [14, 15]. Одними из приоритетных направлений развития племенного дела в мясном скотоводстве являются использование методологии BLUP и расчёт индексов племенной ценности животных с учётом российских природно-климатических и технологических условий производства [16]. Отбор по комплексу признаков способствует увеличению живой массы, улучшению экстерьера и телосложения у животных казахской белоголовой породы [17].

Скот казахской белоголовой породы длительное время разводится в СПК колхоз «Гигант» Благодарненского муниципального округа Ставропольского края. В результате планомерной селекционной работы со стадом животные данной популяции отличаются высокими хозяйственно-полезными признаками и по бонитировочной оценке относятся к классам элита и элита-рекорд. В хозяйстве заложены линии выдающихся быков-производителей, представители которых станут основой создаваемого внутривидового типа казахской белоголовой породы [4, 7]. На завершающем этапе работы для

регистрации селекционного достижения необходимо проведение испытания улучшенного поголовья на отличимость, однородность и стабильность.

В связи с этим **цель исследований** заключалась в оценке степени выраженности признаков мясной продуктивности у крупного рогатого скота казахской белоголовой породы различных половозрастных групп.

Материал и методы исследований. Исследования проводились в 2023 году на базе СПК колхоз «Гигант» Благодарненского муниципального округа Ставропольского края на животных казахской белоголовой породы. По принципу случайной выборки отобрали 50 бычков, 50 тёлочек, 50 коров-первотёлок и 20 быков-производителей. Визуальная оценка, измерение отдельных статей и взвешивание опытных животных проходили по общепринятым методикам. На основании полученных данных, согласно «Методике проведения испытания на отличимость, однородность и стабильность. «Крупный рогатый скот (*Bos primigenius* Bojanus)», проведена оценка степени выраженности признаков мясной продуктивности у опытных животных [18, 19]. Животные каждой группы оценены по шкале признаков, включающей качественные и количественные показатели, степень их выраженности в индексах варьирует от 3 до 9. Полученные экспериментальные данные подвергнуты биометрической обработке посредством компьютерной программы «Microsoft Office Excel». Обработка данных включала подсчёт среднего значения (M), стандартной ошибки среднего значения ($\pm m$), среднее квадратичное отклонение (σ) и коэффициент вариации (C_v) по каждому признаку.

Результаты исследований и их обсуждение. В таблице 1 отражены результаты оценки 50 бычков и 50 тёлочек казахской белоголовой породы. Живая масса бычков при рождении составила в среднем 27,43 кг, что соответствует малой степени выраженности признака с оценкой 3. Живая масса тёлочек при рождении насчитывала 25,45 кг, или средняя степень выраженности данного признака с оценкой 5. Бычки и тёлочки отличались большой однородностью по этому признаку – коэффициент вариации – 1,949 % и 1,954 %. В 6-месячном возрасте визуально оценивали масть животных – все животные имели основную красную масть. Дополнительная окраска также присутствовала у всех животных, была белого цвета и располагалась на голове, туловище, ногах и хвосте. Внешний вид 100 % бычков и тёлочек был типичен для животных казахской белоголовой породы.

Таблица 1

Результаты оценки молодняка казахской белоголовой породы

Показатели	Бычки	Тёлочки		
	Живая масса, кг			Возраст физиологической зрелости, мес.
	при рождении	при рождении	в 14 месяцев	
M	27,43	25,45	339,20	16,87
m	0,076	0,070	2,180	0,158
σ	0,535	0,497	15,420	1,118
C_v	1,949	1,954	4,545	6,625
Индекс	3	5	3	7

Живая масса тёлочек в 14 месяцев – 339,20 кг, коэффициент вариации – 4,545 %. Возраст физиологической зрелости составил 16,87 месяцев. Данный признак отличался наибольшей изменчивостью – 6,625 % (таблица 1). Если оценивать два выше приведённых признака в индексах, то живая масса в 14-месячном возрасте соответствует малой

выраженности с индексом 3, а возраст физиологической зрелости трактуется как поздний с индексом 7.

По данным таблицы 2, у быков-производителей казахской белоголовой породы наибольшая однородность установлена по следующим признакам: рост – 1,554 %, длина туловища – 2,572 % и живая масса в 12 месяцев – 3,016 %. Наибольшей изменчивостью быки-производители отличаются: по глубине груди – 16,080 %, ширине зада в маклоках – 18,390 % и ширине груди 20,000 %. По остальным изученным признакам коэффициент вариации составил от 4,121 до 8,726 %.

Таблица 2

Результаты оценки быков-производителей казахской белоголовой породы

Показатели	Живая масса в 12 месяцев	Голова: длина, см	Лоб: ширина, см	Рост, см	Грудь: ширина, см
М	373,60	38,63	20,63	137,80	60,16
m	2,520	0,443	0,350	0,479	2,690
σ	11,270	1,979	1,563	2,142	12,030
Cv	3,016	5,123	7,576	1,554	20,000
Индекс	5	5	5	5	7

Таблица 2(а)

Результаты оценки быков-производителей казахской белоголовой породы

(Продолжение)

Показатели	Грудь: глубина, см	Грудь: об- хват, см	Крестец: длина, см	Ширина зада в маклоках, см	Ширина зада в тазобедренном сочленении, см
М	78,68	206,7	53,11	50,05	54,21
m	2,829	1,904	0,632	2,058	1,058
σ	12,650	8,517	2,826	9,202	4,730
Cv	16,080	4,121	5,322	18,390	8,726
Индекс	7	5	7	5	7

Таблица 2(б)

Результаты оценки быков-производителей казахской белоголовой породы

(Продолжение)

Показатели	Полуобхват зада, см	Таз: ширина, см	Туловище: длина, см	Туловище: глубина, см	Кожа: толщина, см
М	131,40	39,42	175,80	78,79	5,27
m	2,395	0,608	1,011	0,848	0,080
σ	10,710	2,721	4,522	3,792	0,358
Cv	8,155	6,901	2,572	4,812	6,791
Индекс	7	5	7	5	5

По сравнению с другими половозрастными группами коровы-первотёлки оцениваются по наибольшему количеству признаков – 17. Результаты оценки коров-первотёлок казахской белоголовой породы представлены в таблице 3.

Наибольшая однородность коров-первотёлок казахской белоголовой породы установлена по следующим признакам: рост – 0,856 %, глубина груди – 0,998 %, обхват груди – 2,221 %, длина крестца – 0,980 %, ширина зада в маклоках – 1,491 %, длина туловища – 2,704 % и обхват пясти – 2,704 %. Наибольшая вариация наблюдалась по следующим признакам: ширина лба – 8,260 %, ширина зада в тазобедренных сочленениях

– 6,156 %, ширина таза – 7,686 %, толщина кожи – 6,857 % и молочность – 7,512 %. По остальным признакам коэффициент вариации составил от 3,115 % до 4,772 %.

Таблица 3

Результаты оценки коров-первотелок казахской белоголовой породы

Показатели	Живая масса 2-3 месяца после отёла	Голова: дли- на, см	Лоб: шири- на, см	Рост, см	Грудь: ши- рина, см
М	531,55	37,76	23,71	129,20	48,75
m	2,504	0,255	0,277	0,156	0,214
σ	17,712	1,802	1,959	1,106	1,519
Cv	3,332	4,772	8,260	0,856	3,115
Индекс	7	5	5	5	5

Таблица 3 (а)

Результаты оценки коров-первотёлок казахской белоголовой породы

(Продолжение)

Показатели	Грудь: глубина, см	Грудь: обхват, см	Крестец: длина, см	Ширина зада в маклоках, см
М	70,69	180,83	51,30	52,55
m	0,099	0,568	0,071	0,110
σ	0,705	4,017	0,503	0,784
Cv	0,998	2,221	0,980	1,491
Индекс	5	5	5	5

Таблица 3(б)

Результаты оценки коров-первотёлок казахской белоголовой породы

(Продолжение)

Показатели	Ширина зада в тазобедренном сочленении, см	Полуобхват за- да, см	Таз: ширина, см	Туловище: длина, см
М	46,24	94,91	34,90	165,20
m	0,403	0,493	0,379	0,344
σ	2,847	3,492	2,682	2,433
Cv	6,156	3,679	7,686	2,704
Индекс	3	3	5	7

Таблица 3(в)

Результаты оценки коров-первотёлок казахской белоголовой породы

(Продолжение)

Показатели	Туловище: глу- бина, см	Кожа: толщина, см	Обхват пя- сти, см	Молочность, кг
М	70,45	4,3	18,49	200,7
m	0,393	0,042	0,071	2,132
σ	2,778	0,295	0,500	15,080
Cv	3,943	6,857	2,704	7,512
Индекс	5	5	3	5

Все оценённые животные СПК колхоз «Гигант» имели типичную для казахской белоголовой породы основную окраску и наличие дополнительной белой окраски на голове, кончике хвоста, груди, животе и конечностях. Все животные комолые (табл. 4).

Таблица 4

Описание результатов индексной оценки животных казахской белоголовой породы
СПК колхоз «Гигант» на однородность и выраженность
признаков мясной продуктивности

Признак	Степень выраженности	Индекс
1. Животное: основная окраска	красная	5
2. Животное: наличие дополнительной окраски	имеется	9
3. Животное: дополнительная окраска	белая	1
9. Бычок: живая масса при рождении	малая	3
10. Тёлочка: живая масса при рождении	средняя	5
11. Тёлка: живая масса в 14 месяцев	малая	3
12. Тёлка: возраст физиологической зрелости	поздний	7
13. Бык: живая масса в 12 месяцев	средняя	5
14. Корова: живая масса на 2-3-м месяце лактации	большая	7
15. Голова коровы профиль	прямой	2
16. Голова быка: длина	средняя	5
17. Голова коровы: длина	средняя	5
18. Лоб быка: ширина	средняя	5
19. Лоб коровы: ширина	средняя	5
20. Затылочный гребень коровы: профиль	прямой	2
21. Рога коровы: наличие	отсутствуют	1
28. Шея быка: профиль	прямой	1
29. Шея коровы: профиль	прямой	1
32. Бык: рост	средний	5
33. Корова: рост	средний	5
34. Грудь быка: ширина	широкая	7
35. Грудь коровы: ширина	средняя	5
38. Грудь быка: глубина	глубокая	7
39. Грудь коровы: глубина	средняя	5
40. Грудь быка: обхват	средний	5
41. Грудь коровы: обхват	средний	5
44. Крестец быка: длина	длинный	7
45. Крестец коровы: длина	средний	5
46. Зад быка: ширина в маклоках	средний	5
47. Зад коровы: ширина в маклоках	средний	5
48. Зад быка: ширина в тазобедренных сочленениях	широкий	7
49. Зад коровы: ширина в тазобедренных сочленениях	узкий	3
50. Зад быка: полуобхват	большой	7
51. Зад коровы: полуобхват	малый	3
52. Бычки и тёлки: кулардность	отсутствует	
54. Таз быка: ширина	средний	5
55. Таз коровы: ширина	средний	5
56. Туловище быка: длина	длинное	7
57. Туловище коровы: длина	длинное	7
58. Туловище быка: глубина	среднее	5
59. Туловище коровы: глубина	среднее	5
63. Кожа быка: толщина	средняя	5
64. Кожа коровы: толщина	средняя	5
71. Пясть коровы: обхват	малая	3
72. Молочность коров	средняя	5

Заключение. В результате проведённых исследований не выявлено ни одного нетипичного животного. Животные характеризовались высокими индексами и величинами средних значений следующих признаков: возраст физиологической зрелости тёлочек; у быков-производителей – ширина и глубина груди, длина крестца, ширина зада в тазобедренных сочленениях, полуобхват зада, длина туловища; у коров-первотёлок – живая масса на 2-3-м месяце после отёла, длина туловища. При этом оцениваемый массив животных по большинству признаков однороден: коэффициент вариаций по большинству изучаемых признаков не превышал допустимых значений и находился на уровне 0,98–8,726%. Исключение составили следующие показатели у быков-производителей: по глубине груди C_v – 16,080%, ширине зада в маклоках – 18,390% и глубине груди – 20,000%. Таким образом, полученные результаты позволяют констатировать, что сформированный массив животных казахской белоголовой породы достаточно однороден, испытания на отличимость будут представлены в наших дальнейших работах.

Список источников

1. Мясное скотоводство России и перспективы его развития / А.Ф. Шевхужев, В.А. Погодаев, В.В. Голембовский, С.С. Гостищев // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 4 (14). С. 53–60. DOI: 10.25930/2687-1254/007.4.14.2021.
2. Тегза И.М., Махоткина А.С. Сравнительная оценка быков казахской белоголовой породы трёх линий по мясной продуктивности в условиях ТОО «Караман-К» // INTELLECT, IDEA, INNOVATION-ИНТЕЛЛЕКТ, ИДЕЯ, ИННОВАЦИЯ. 2016. № 1-1. С. 101–108. EDN: CDXCTR.
3. Казахская белоголовая – первая отечественная специализированная порода мясного скота / В.Ю. Хаинацкий, В.А. Гонтюров, К.М. Джуламанов, А.П. Искандеров, С.Д. Тюлебаев // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 7–10. DOI: 10.33943/MMS.2020.98.89.002.
4. Ковалева Г.П., Бобрышова Г.Т. Казахская белоголовая порода мясного скота на Ставрополье // Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 4 (13). С. 36–41. DOI: 10.25930/2687-1254/005.4.13/2020.
5. Состояние и направления селекционно-племенной работы с казахской белоголовой породой крупного рогатого скота / В.В. Кулинцев, М.Б. Улимбашев, Е.Р. Гостева, Н.Н. Козлова // Зоотехния. 2019. № 11. С. 2–5. DOI: 10/25/708/ZT.2019.38.13.001.
6. Некоторые аспекты селекционного совершенствования племенных стад мясного скота казахской белоголовой и ауекольской пород в Казахстане / М.В. Тамаровский, Т.Н. Карымсаков, О.В. Даниленко, К.Ж. Аманжолов, К.Ж. Жуманов // Зоотехния. 2020. № 6. С. 5–9. DOI: 10/25/708/ZT.2020.11.83.003.

7. Структурный анализ популяции племенного скота мясного направления продуктивности в Ставропольском крае / Г.П. Ковалева, Н.В. Сулыга, З.К. Гаджиев, М.Н. Лапина, В.А. Витол // Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 3. С. 79–86. DOI: 10.25930/2687-1254/011.3.15.2022.
8. Экстерьерные особенности и проявление полового диморфизма у молодняка казахской белоголовой и абердин-ангусской пород / Т.К. Бексеитов, Р.Б. Абельдинов, Т.К. Сейтеуов, Н.Н. Кайниденов // INTELLECT, IDEA, INNOVATION-ИНТЕЛЛЕКТ, ИДЕЯ, ИННОВАЦИЯ. 2022. № 4. С. 121–128. DOI: 10.52269/22266070-2022-4-121.
9. Возрастная динамика живой массы казахской белоголовой породы мясного скота / А.Т. Бисембаев, Ж.М. Касенов, С.Д. Батанов, С.Т. Жали, А.Е. Чиндалиев, Д.А. Баймуканов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 81–88. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-81-88.
10. Качество мясной продукции бычков разных пород при интенсивном выращивании / В.И. Косилов, И.А. Рахимжанова, М.Б. Ребезов, И.В. Миронова, Т.А. Седых, О.А. Быкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (94). С. 262–266. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-262-266.
11. Качество естественно-анатомических частей полутуши бычков казахской белоголовой породы при использовании фелуцена / Д.А. Курохтина, В.И. Косилов, И.А. Рахимжанова, Г.М. Долженкова // 2023. № 2 (100). С. 236–240. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-100-2-236-240.
12. Использование казахской белоголовой породы для увеличения производства говядины в Дагестане / М.М. Садыков, М.П. Алиханов, А.Г. Симонов, Г.А. Симонов // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 6. С. 32–34. DOI: 10.33943/MMS.2020.85.73.006.
13. Шевхужев А.Ф. Мясная продуктивность молодняка, полученного от скрещивания коров молочного и комбинированного направления продуктивности с быками мясных пород (Обзор) // Сельскохозяйственный журнал. 2022. Т. 15. № 2. С. 103–113. DOI: 10.25930/2687-1254/012.2.15.2022.
14. Племенные и продуктивные качества заводских линий казахской белоголовой породы в КХ «Айсулу» / К.К. Бозымов, Е. Насамбаев, А.Б. Ахметалиева, Е.А. Батыргалиев, А.Е. Нугманова, Л.Ш. Бертилеу // Аграрная наука. 2019. № 4. С. 43–45. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-324-4-43-46.
15. Герасимов Р.Г. Взаимосвязь показателей племенной ценности и мясной продуктивности у бычков казахской белоголовой породы // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 2. С. 28–36. DOI: 10.33284/2658-3135-105-2-28.
16. Кузьмина Т.Н. Результаты исследований по улучшению генетического потенциала казахской белоголовой породы крупного рогатого скота отечественной селекции // НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АПК. Материалы XI Международной научно-практической

- интернет конференции. 2019. Издательство: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса. 2019. С. 30–33. EDN: RGOTCJ.
17. Хакимов И.Н., Мударисов Р.М. Совершенствование казахской белоголовой породы в Самарской области // Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Оренбург, 2022. Издательство: ООО Типография «Агентство Пресса». 2022. С. 474–478. EDN: MIJVKF.
18. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. «Крупный рогатый скот (*Bos primigenius* Bojanus)». Утвержден 14 июня 1996 г. № 12-06.37. Официальный бюллетень. Государственная комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений при Минсельпрод России. – М., 1996. [Электронный ресурс] Заглавие с экрана. URL: <https://pandia.ru/text/86/058/69146.php> (Дата обращения 14.02.2023).
19. Порядок проведения апробации новых пород, типов, линий и кроссов сельскохозяйственных животных в государствах – членах Евразийского экономического союза. Утвержден 22 сентября 2020 г. № 113. [Электронный ресурс] Заглавие с экрана. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565836942> (Дата обращения 14.02.2023).

References

1. Beef cattle breeding in Russia and prospects for its development / A.F. Shevkhuzhev, V.A. Pogodaev, V.V. Golembovskii, S.S. Gostishchev // *Agricultural Journal*. 2021. No. 4 (14). pp. 53–60. DOI: 10.25930/2687-1254/007.4.14.2021.
2. Tegza I.M., Makhotkina A.S. Comparative assessment of bulls of the Kazakh Whiteheaded breed of three lines for meat productivity in the conditions of Karaman-K LLP // *INTELLECT, IDEA, INNOVATION*. 2016. No. 1-1. pp. 101–108. EDN: CDXCTR.
3. Kazakh Whiteheaded is the first domestic specialized breed of beef cattle / V.Yu. Khainatskii, V.A. Gontiurev, K.M. Dzhamanov, A.P. Iskanderov, S.D. Tiulebaev // *Dairy and beef cattle farming*. 2020. No. 2. pp. 7–10. DOI: 10.33943/MMS.2020.98.89.002.
4. Kovaleva G.P., Bobryshova G.T. Kazakh Whiteheaded breed of beef cattle in the Stavropol Territory // *Agricultural Journal*. 2020. No. 4 (13). pp. 36–41. DOI: 10.25930/2687-1254/005.4.13/2020.
5. State and directions of selective breeding with the Kazakh Whiteheaded breed of cattle / V.V. Kulintsev, M.B. Ulimbashev, E.R. Gosteva, N.N. Kozlova // *Zootechniya*. 2019. No. 11. pp. 2–5. DOI: 10.25/708/ZT.2019.38.13.001.
6. Some aspects of selection improvement of breeding herds of beef cattle of the Kazakh Whiteheaded and Auliekol breeds in Kazakhstan / M.V. Tamarovskii, T.N. Karymsakov, O.V. Danilenko, K.Zh. Amanzholov, K.Zh. Zhumanov // *Zootechniya*. 2020. No. 6. pp. 5–9. DOI: 10.25/708/ZT.2020.11.83.003.
7. Structural analysis of the population of breeding cattle of beef type in the Stavropol Territory / G.P. Kovaleva, N.V. Sulyga, Z.K. Gadzhiev, M.N. Lapina, V.A. Vitol // *Agricultural Journal*. 2022. No. 3. pp. 79–86. DOI: 10.25930/2687-1254/011.3.15.2022.

8. Exterior traits and manifestation of sexual dimorphism in young animals of the Kazakh Whiteheaded and Aberdeen Angus breeds / T.K. Bekseitov, R.B. Abeldinov, T.K. Seiteuov, N.N. Kainidenov // INTELLECT, IDEA, INNOVATION. 2022. No. 4. pp. 121–128. DOI: 10.52269/22266070-2022-4-121.

9. Age dynamics of live weight of the Kazakh Whiteheaded breed of beef cattle / A.T. Bisembaev, Zh.M. Kasenov, S.D. Batanov, S.T. Zhali, A.E. Chindaliev, D.A. Baimukanov // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2023. No. 1. pp. 81–88. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-81-88.

10. Quality of meat products from bull calves of different breeds during intensive rearing / V.I. Kosilov, I.A. Rakhimzhanova, M.B. Rebezov, I.V. Mironova, T.A. Sedykh, O.A. Bykova // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2022. No. 2 (94). pp. 262–266. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-262-266.

11. Quality of natural anatomical parts of half-carcasses of Kazakh Whiteheaded bull calves when using Felucene / D.A. Kurokhtina, V.I. Kosilov, I.A. Rakhimzhanova, G.M. Dolzhenkova // 2023. No. 2 (100). pp. 236–240. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-100-2-236-240.

12. Use of the Kazakh Whiteheaded breed to increase beef production in Dagestan / M.M. Sadykov, M.P. Alikhanov, A.G. Simonov, G.A. Simonov // Dairy and beef cattle farming. 2020. No. 6. pp. 32–34. DOI: 10.33943/MMS.2020.85.73.006.

13. Shevkhuzhev A.F. Meat productivity of young cattle obtained from crossbreeding of dairy and dual-purpose cows with bulls of beef breeds (Review) // Agricultural Journal. 2022. Vol. 15. No. 2. pp. 103–113. DOI: 10.25930/2687-1254/012.2.15.2022.

14. Breeding and productive qualities of stud lines of the Kazakh Whiteheaded breed at the peasant farm “Aisulu” / K.K. Bozymov, E. Nasambaev, A.B. Akhmetalieva, E.A. Batyrgaliev, A.E. Nugmanova, L.Sh. Bertileu // Agrian Science. 2019. No. 4. pp. 43–45. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-324-4-43-46.

15. Gerasimov R.G. The relationship between characteristics of breeding value and meat productivity in bulls of the Kazakh Whiteheaded breed // Animal Husbandry and Fodder Production. 2022. Vol. 105. No. 2. pp. 28–36. DOI: 10.33284/2658-3135-105-2-28.

16. Kuzmina T.N. Results of the research on improving the genetic potential of the Kazakh Whiteheaded breed of domestic selection cattle // SCIENTIFIC AND INFORMATION SUPPORT OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE AIC. Materials of the XI International Scientific and Practical Internet Conference. 2019. Publisher: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex. 2019. pp. 30–33. EDN: RGOTCJ.

17. Khakimov I.N., Mudarisov R.M. Improving the Kazakh Whiteheaded breed in the Samara Region // National priorities for the development of the agro-industrial complex. Materials of the national scientific and practical conference with international participation. Orenburg, 2022. Publisher: LLC Printing House “Agenstvo Pressa”. 2022. pp. 474–478. EDN: MIJVKF.

18. Testing methodology for distinctiveness, uniformity and stability. “Cattle (Bosprimigenius Bojanus)”. Approved on June 14, 1996 No. 12-06.37. Official bulletin. State Commission of the Russian Federation for testing and protection of breeding achievements under the Ministry of Agriculture of Russia. – M., 1996. [Electronic resource] Screen Reader Title. URL : <https://pandia.ru/text/86/058/69146.php> (Date of access: 02/14/2023).

19. The procedure for testing new breeds, types, lines and crosses of farm animals in the member states of the Eurasian Economic Union. Approved on September 22, 2020 No. 113.

[Electronic resource] Screen Reader Title. URL://docs.cntd.ru/document/565836942 (Date of access: 02/14/2023).

Сведения об авторах

Галина Петровна Ковалева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, тел.: 8-928-310-91-28, e-mail: skotovodstvo-sniizhk.@yandex.ru, ORCID 0000-0002-6655-2225.

Марина Николаевна Лапина, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, тел.: 8-928-009-81-51, e-mail: skotovodstvo-sniizhk.lapina@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7651-8450.

Наталья Владимировна Сулыга, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, тел.: 8-928-335-45-09, , e-mail: natadi80@mail.ru, ORCID 0000-0002-9724-6271.

Владимир Адольфович Витол, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, тел.: 8-928-014-51-78, vitolvladimir4@gmail.com, ORCID 0000-0002-5254-5200.

Information about the authors

G. P. Kovaleva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, tel.: 8-928-310-91-28, e-mail: skotovodstvo-sniizhk.@yandex.ruru, ORCID 0000-0002-6655-2225.

M. N. Lapina, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, tel.: 8-928-009-81-51, e-mail: skotovodstvo-sniizhk.lapina@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7651-8450.

N. V. Sulyga, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, tel.: 8-928-335-45-09, e-mail: natadi80@mail.ru, ORCID 0000-0002-9724-6271.

V. A. Vitol, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, tel.: 8-928-014-51-78, vitolvladimir4@gmail.com, ORCID 0000-0002-5254-5200.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.11.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 12.11.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 130-142
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 130-142

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК: 614.449.932.34

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/013.4.16.2023

АНАЛИЗ ДЕЙСТВИЯ ПРИМАНОК С РАЗНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА БРОМАДИОЛОНА В ОТНОШЕНИИ ДОМОВЫХ МЫШЕЙ

Владимир Юрьевич Комаров, Анна Олеговна Иванова

Институт дезинфектологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Москва, Россия, e-mail: niid-info@fncg.ru

Аннотация. Домовые мыши представляют опасность здоровью человека и приносят значительный ущерб его деятельности. Борьба с грызунами в настоящее время остаётся особо значимой проблемой, так как их популяции обладают уникальной генетической способностью к быстрому увеличению численности и высокой миграции. Изучение действия приманок, содержащих разное количество действующего вещества бромadiолонa, в отношении домовых мышей имеет особое практическое значение, поскольку необходимо снижать пестицидную нагрузку на экосистему и экологию среды, а также устанавливать минимальную и максимальную дозы, вызывающие гибель особей. Домовые мыши довольно устойчивы к воздействию родентицидных приманок на основе антикоагулянта 2-го поколения бромadiолонa. Проведённые экспериментальные исследования показали, что потребление приманки, включающей стандартную концентрацию действующего вещества (ДВ) бромadiолонa (0,005 %), в течение одних суток в условиях с альтернативным кормлением не вызвало 100 % эффективности, а 100 % гибель была достигнута только при двухдневном потреблении зерна, содержащего 0,0025 % концентрацию ДВ. Из полученных данных следует, что бромadiолон действует эффективно и в более низких концентрациях, но, главное, позволяет обеспечить хорошую поедаемость приманки, что напрямую влияет на поступление в организм ДВ. При анализе полученных результатов при скормлинии протравленного зерна установлено, что для гибели домовой мыши максимальная доза составила 26,32 мг/кг, а минимальная – 0,66 мг/кг. Биологическая активность трёх исследуемых концентраций ДВ бромadiолонa способствовала хорошим результатам и укладывалась во временной промежуток с небольшим увеличением при снижении концентрации ДВ в приманке.

Ключевые слова: дератизация, домовые мыши, родентицидные средства, бромadiолон

Для цитирования: Комаров В.Ю., Иванова А.О. Анализ действия приманок с разным содержанием действующего вещества бромadiолонa в отношении домовых мышей // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 130-142.
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/013.4.16.2023

Zootechny and veterinary science

Original article

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF BAITS WITH DIFFERENT CONTENT
OF BROMADIOLONE AS AN ACTIVE SUBSTANCE IN RELATION TO
HOUSE MICE**

Vladimir Yu. Komarov, Anna O. Ivanova

Institute of Disinfectology FBIS “Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman” of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russia

Abstract. House mice pose a danger to people's health and cause significant damage to their activity. Currently, deratization remains a particularly significant problem, since their populations have a unique genetic ability to rapidly increase in number and high levels of migration. The study of the effect of baits, which contain different amounts of bromadiolone as an active substance in relation to house mice is of particular practical importance, aimed at reducing the pesticide load on the ecosystem and environmental ecology, as well as the analysis of the minimum and maximum doses that cause the death of individuals. House mice are quite resistant to the effects of rodenticide baits based on the 2nd generation bromadiolone anticoagulant. Experimental studies showed that the consumption of bait, which contained a standard concentration of bromadiolone as an active substance (0,005%) for one day in conditions with alternative feeding did not cause 100 % effectiveness. 100 % of death was achieved only with two days of consumption of grain containing 0,0025 % concentration of active substance. From the obtained data it follows that bromadiolone acts effectively even in lower concentrations, but, most importantly, it provides good palatability of the bait, which directly affects the intake of active substance into the body. When analyzing the obtained results of treated grain feeding, it was found that for the death of a house mouse, the maximum dose was 26,32 mg/kg, and the minimum was 0,66 mg/kg. The biological activity of the three studied concentrations of bromadiolone as an active substance contributed to good results and fitted into the time frame with a slight increase as the concentration of active substance in the bait decreased.

Key words: deratization, house mice, rodenticide agents, bromadiolone

For citation: Komarov V.Yu., Ivanova A.O. Analysis of the effect of baits with different content of bromadiolone as an active substance in relation to house mice // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16). P.130-142. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/013.4.16.2023

Введение. Домовые мыши, как и другие мышевидные грызуны, являются сложным видом мелких млекопитающих, представляющим особую опасность для здоровья человека и наносящим значительный ущерб его деятельности. Домовые мыши обладают определённым характером миграции и играют существенную роль в распространении инфекционных заболеваний. Грызуны высоко восприимчивы к заболеваниям и способствуют быстрому распространению эпизоотии, а близкий контакт к человеку обеспечивает непосредственно передачу инфекции, поэтому необходимо проводить комплекс мероприятий, направленных на борьбу с ними. Грызуны являются носителя-

ми и переносчиками большого количества болезней: геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС), чумы, туляремии, риккетсиозов, псевдотуберкулёза, лептоспироза, листериоза, сальмонеллёза, токсоплазмоза, клещевого энцефалита, брюшного тифа, крысиного сыпного тифа и других. Они могут играть роль в биологическом цикле протозойных заболеваний и гельминтозов (токсоплазмоз, трихенеллёз, альвеококкоз, аскаридоз и др.), поэтому борьба с грызунами необходима с точки зрения антигельминтозных и антипротозойных мероприятий [1, 6, 8].

Борьба с грызунами имеет долгую историю, отражающую многие этапы становления, развития и широкого внедрения методов, использующихся в настоящее время. Некоторые из ранее применявшихся методов прошли от идеи к масштабному применению и к полному запрету в последующем, так, например, у используемых в дератизационных обработках микроорганизмов выявлена потенциальная патогенность для некоторых домашних животных и птицы, а также после применения таких средств были зафиксированы вспышки гастроэнтерита у людей [7, 15].

Борьба с грызунами до сих пор остаётся актуальной проблемой, так как грызуны обладают уникальной генетической способностью к быстрому увеличению численности, большой миграционной активности и высокой концентрацией в жилищах человека и в обеспеченных кормовыми запасами местах. Основным средством борьбы на протяжении длительного периода считается химический метод дератизации [2].

Антикоагулянтные родентициды широко используются в борьбе с грызунами. Они эффективны в отношении серых крыс, домовых, лесных и полевых мышей [3, 9, 11]. Бромадиолон – один из наиболее широко применяемых антикоагулянтов 2-го поколения, использующийся во многих странах мира: к примеру, в Китае доля использования составляет около 43 % рынка родентицидов [16].

В настоящее время, согласно статистическим данным, в России наиболее часто применяемыми в качестве действующего вещества (ДВ) родентицида выступают бромадиолон и бродифакум. На их долю приходится более 60 % всех зарегистрированных родентицидных средств, а из них около 35 % содержит бромадиолон.

Исследования Diagne C. et al. показали, что затраты, связанные с инвазивными грызунами, с течением времени значительно увеличиваются, что требует проведения устойчивого контроля численности популяций [12]. Важно осуществлять последовательный учёт и получать с его помощью точные знания об обитающих популяциях грызунов и изменений в их численности, что поможет предотвратить возможные вспышки популяций и снизить экономический ущерб [2, 11].

Наряду с положительными результатами регулирования численности мышевидных грызунов имеется отрицательное воздействие родентицидов на окружающую среду, в частности приводящее к гибели нецелевых видов, что связано с вторичным поеданием погибших грызунов от антикоагулянтов.

Цель исследований – изучить действие приманок с разным содержанием ДВ бромадиолона в отношении домовых мышей, а также определить минимальную и максимальную дозы, приводящие к гибели животных.

Материал и методы исследований. Экспериментальные исследования прошли в отделе дератизации (с лабораторией изучения грызунов) Института дезинфектологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора.

Объектом исследований стали домовые мыши (*Mus musculus*), выращенные в условиях вивария. Грызунов содержали группами (по 10 гол.) и индивидуально.

В помещении, где содержались грызуны, обеспечивались: естественный световой режим, температура в пределах 20–22 °С и стабильная относительная влажность воздуха – 50–60 %.

При проведении исследований использовали зерно пшеницы, пропитанное антикоагулянтном 2-го поколения – бромадиолоном (ДВ). Зерно приготавливали в отделе химических исследований Института дезинфектологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора.

Перед началом эксперимента грызунов в течение 3 дней выдерживали для адаптации к новым условиям содержания и кормления. Кормушки с альтернативным кормом и приманкой размещали в первом отсеке, во втором – располагали поилку.

Опыт заключался в изучении целевой эффективности и биологической активности приманок с различной концентрацией антикоагулянта 2-го поколения бромадиолона: стандартной (0,005 %), в 2 раза меньшей (0,0025%) и в 5 раз меньшей (0,001 %).

Оценку эффективности и биологической активности приманок осуществляли в соответствии с руководством Р 4.2.3676-20 «Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности» [5].

В первой серии опытов исследования проводили на домашних мышах, находящихся поодиночке в клетке, которых кормили до момента их гибели отравленным зерном пшеницы, содержащим различные концентрации бромадиолона.

Во второй серии опытов скармливали зёрна пшеницы, содержащие исследуемые концентрации, при групповом содержании мышей; определяли суточную поедаемость и гибель особей по дням в зависимости от времени потребления, поступления и накопления в организме ДВ бромадиолона. Павших в ходе опытов зверьков вскрывали для установления причины гибели.

Статистическую обработку результатов осуществляли по общепринятым методикам с использованием критерия достоверности по Стьюденту в MS Office Excel 2013.

Результаты исследований и их обсуждение. Домовые мыши и другие виды мышевидных грызунов наносят значительный убыток запасам продуктов и кормов, нарушают работу специализированной инфраструктуры, проникают в дома, хозяйственные постройки, склады, строения промышленных и пищевых предприятий, коммуникации, заселяют прилегающие к ним территории и несут эпидемическую опасность [4, 10].

В настоящее время нет, пожалуй, более активно обсуждаемой проблемы среди специалистов дезинфекционной деятельности, чем вопросы применения родентицидных приманок и о путях повышения их эффективности. Многолетний опыт специалистов по дератизации показывает, что для гибели мышевидных грызунов от антикоагулянтов 2-го поколения необходимо, чтобы животные потребляли нужное количество приманки, так как одним достаточно однократного употребления, а другим необходимо получить несколько порций.

При проведении дератизационных обработок для достижения целевой эффективности и биологической активности важно определить дозу приманки и концентрацию в ней бромадиолона. Это имеет существенное значение в борьбе с домашними мышами, являющихся более устойчивыми к бромадиолону по сравнению с серыми крысами.

Так, анализируя воздействие действующего вещества при поедании приманки, содержащей стандартную концентрацию (0,005 %), отмечены: 100%-ная смертность; средняя гибель составила 5,4 суток; грызуны гибли в период с 5-х по 10-е сутки; мыши

охотно поедали зерно – поедаемость составила 48,2 %; в среднем грызуны за период скармливания обработанного зерна съели по 8,5 г, потребили вместе с приманкой в среднем 0,42 мг ДВ, что в пересчёте на килограмм веса составило 21,8 мг/кг. Мыши потребляли через поедаемую приманку от 0,22 до 0,5 мг ДВ. При свободном регулярном потреблении отравленной приманки минимальное количество поглощенного организмом ДВ бромadiолона составило 10,5 мг/кг, а максимальное – 26,3 мг/кг.



Рисунок 1. Динамика потребления и суммарное накопление организмом домовой мыши ДВ при поедании зерна с содержанием 0,005 % бромadiолона

На рисунке 1 представлена динамика потребления домовыми мышами ДВ через зерно, обработанное родентицидным антикоагулянт с содержанием бромadiолона в концентрации 0,005 %. Как видно из диаграммы, животные в первые 3 дня активно потребляли зерно, затем поедаемость снижалась и полностью прекращалась. Потребление и накопление мышами ДВ было довольно высоким и составляло в среднем к 6-му дню поедания 23,2 мг/кг.

Домовые мыши при групповом содержании после скармливания содержащей 0,005 % ДВ начали погибать уже на 3-и сутки. Гибель большинства особей пришлось на 5-е сутки и насчитывала 29,6 % от всех подопытных животных. На 6-е, 7-е и 8-е сутки отмечалась равномерная смертность особей в пределах 14,8 %, а на 9-е и 10-е сутки смертность составила по 3,7 %. К 10-м суткам опыта все мыши погибли.

После анализа приманки, содержащей концентрацию ДВ 0,0025 %, получили следующие результаты: наблюдалась 100%-ная смертность; средняя гибель составила 6,2 суток; поедаемость приманки составила 57,9 %; мыши за период опыта съели в среднем по 7,6 г обработанного зерна, потребили вместе с приманкой значительно меньше ДВ – в среднем 0,19 мг ДВ, что в пересчёте на килограмм веса составило 7,61 мг/кг. При свободном ежедневном потреблении родентицидной приманки минимальное количество поглощенного ДВ бромadiолона насчитывало 5,02 мг/кг, а максимальное – 11,01 мг/кг.

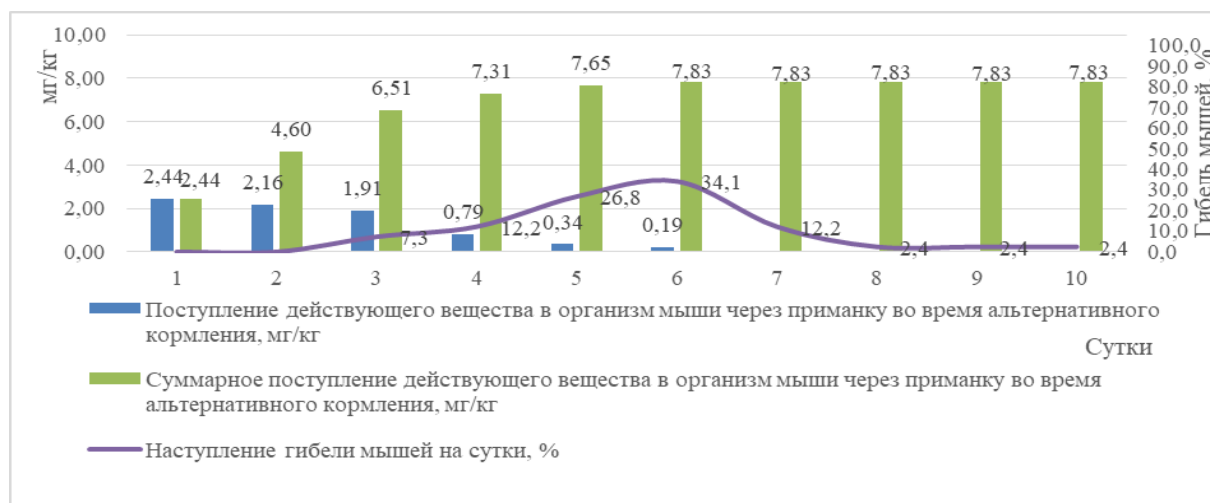


Рисунок 2. Динамика потребления и суммарное накопление организмом домовой мыши ДВ при поедании зерна с содержанием 0,0025 % бромдиалона

На рисунке 2 представлена динамика потребления домовыми мышами ДВ через приманку, содержащую родентицидный антикоагулянт – бромдиалон в концентрации 0,0025 %. Как видно из диаграммы, максимальная поедаемость отмечена в 1-й день, затем поедаемость постепенно снижалась и прекращалась на 6-е сутки. Потребление и накопление мышами ДВ от приманки, содержащей 0,0025 % бромдиалона, заметно ниже, по сравнению с приманкой с 0,005 % ДВ, и составляло в среднем на 6-й день 7,83 мг/кг.

Грызуны при групповом содержании начали погибать уже на 3-и сутки как после скармливания приманки, содержащей 0,0025 % ДВ, так и от приманки с содержанием ДВ 0,005 %. На 4-е и 5-е сутки количество погибших особей постепенно увеличивалось, но пик гибели пришёлся на 6-е сутки и составил 34,1 % от всех подопытных животных.

Приманка, содержащая концентрацию ДВ 0,001 %, также обеспечивает 100%-ную смертность домовых мышей при ежедневном потреблении. Средняя гибель – 6,4 суток. Грызуны погибали в период с 5-х по 9-е сутки. Поедаемость приманки насчитывала 53,7 %. При этом мыши за период опыта съели в среднем по 8,9 г обработанного зерна, потребили вместе с приманкой кратно меньше ДВ, в среднем 0,09 мг ДВ, что в пересчёте на килограмм веса составило 3,88 мг/кг. По сравнению с приманками, содержащими 0,005 и 0,0025 %, поступление ДВ в организм снизилось в среднем в 4,6 и 2,1 раза. При свободном потреблении минимальное количество поглощенного ДВ бромдиалона составило 1,93 мг/кг, а максимальное – 6,56 мг/кг.



Рисунок 3. Динамика потребления и суммарное накопление организмом домовой мыши ДВ при поедании зерна с содержанием 0,001 % бромадиолонa

На рисунке 3 представлена динамика поступления у домашних мышей ДВ с 0,001%-ным содержанием бромадиолонa. Как видно из диаграммы, наибольшее поступление отмечено в 1-й и 2-й дни, затем поедаемость постепенно снижалась и прекращалась к 8-м суткам. Накопление бромадиолонa в организме домашних мышей при поедании приманки с содержанием 0,001 % ДВ было значительно ниже, по сравнению с приманками, содержащими 0,005 % и 0,0025 %, и составило в суммарном накоплении на 8-й день 4,54 мг/кг. Животные при поедании приманки, содержащей 0,001 % ДВ, начали погибать уже на 4-е сутки, что на 1 сутки позже, по сравнению с приманками, содержащими 0,0025 % и 0,005 % ДВ. При ежедневном поедании приманки к 10-м суткам пали все животные, потребив достаточное количество ДВ и запустив необратимые патологические процессы.

Концентрация ДВ в приманке оказывает влияние на количественное соотношение смертельных исходов грызунов. Так, большее число погибших мышей, получавших приманку с 0,005 % ДВ, выявлено на 5-е сутки со значением 29,6 %, с 0,0025 % ДВ на 6-е сутки – 34,1 %, а с 0,001 % ДВ на 7-е сутки – 25,7 %.

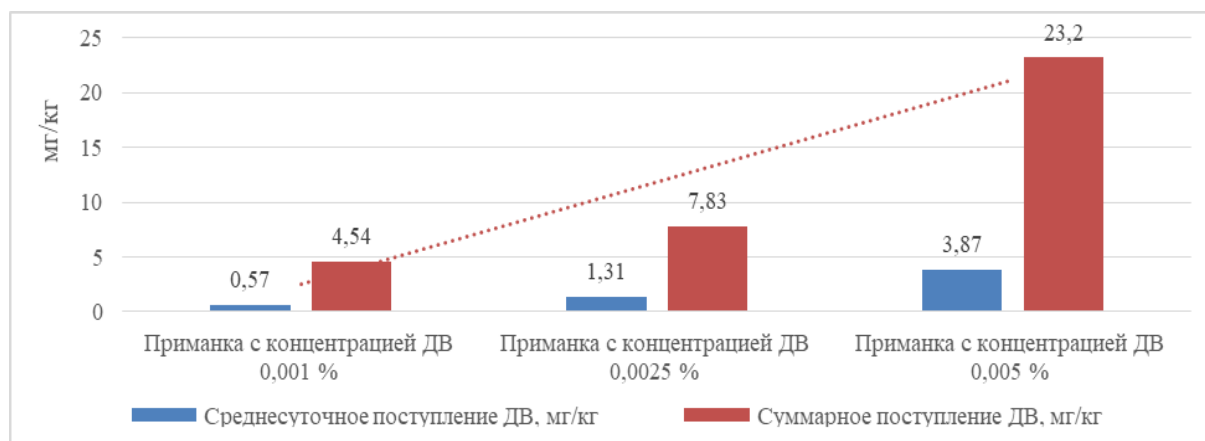


Рисунок 4. Среднесуточное и суммарное поступление ДВ бромадиолонa в организм домовой мыши при поедании приманки, мг/кг

В опыте по анализу целевой эффективности отмечалось, что домовые мыши могут потреблять родентицидную приманку довольно длительный период. Зерно с 0,001%-ной концентрацией ДВ бромадиолона домовые мыши потребляли до 8-го дня включительно, что указывает на высокую устойчивость данного вида к родентицидам и недостаточное действие ДВ на них. Кумулятивное свойство бромадиолона способствовало обеспечить 100%-ную целевую эффективность в отношении домовых мышей даже при 0,001%-ной концентрации. Суммарное поступление ДВ в организм домовых мышей от приманки с 0,001 % бромадиолона составило 4,54, что в 5,1 раза меньше, по сравнению с 0,005%-ной концентрацией (рисунок 4).

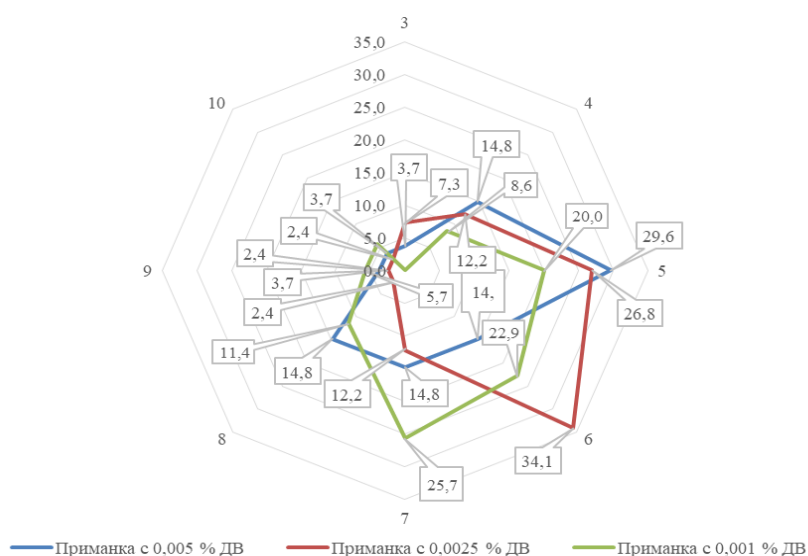


Рисунок 5. Смертность по дням домовых мышей при поедании приманок с разным количеством ДВ, %

Действие родентицидных приманок на организм обуславливается воздействием токсического вещества на ткани, органы и системы органов. В зависимости от количества попавшего в организм ДВ проявляются сила воздействия и время гибели животных, но также эти показатели зависят от индивидуальных особенностей и защитных сил организма. Гибель мышей от воздействия родентицида антикоагулянта 2-го поколения наступает в период до 10-го дня после начала поедания приманки. Результаты, представленные на рисунке 5, показывают, что домовые мыши в условиях свободного поедания альтернативного корма гибнут, начиная с 3-х суток, используя приманки с 0,005 и 0,0025 % ДВ, и только с 4-х суток – от приманки с 0,001 % ДВ.

Домовая мышь весом 25 г за сутки поедает в зависимости от потребностей организма от 3 до 4,5 г корма, а некоторые особи могут съесть и большее количество. Эволюционно сложилось так, что зерно для них – весьма потребляемый корм, что согласуется с данными многих исследователей. В опытах при альтернативном кормлении наблюдается равномерное поедание чистого зерна и зерна, содержащего ДВ бромадиолон. Мыши охотно поедали зерно, содержащее бромадиолон в различных концентрациях. Поедаемость в среднем по группе составила 50 %, что говорит о том, что животные не распознают антикоагулянт в приманке и это является важным показателем в борьбе с ними.

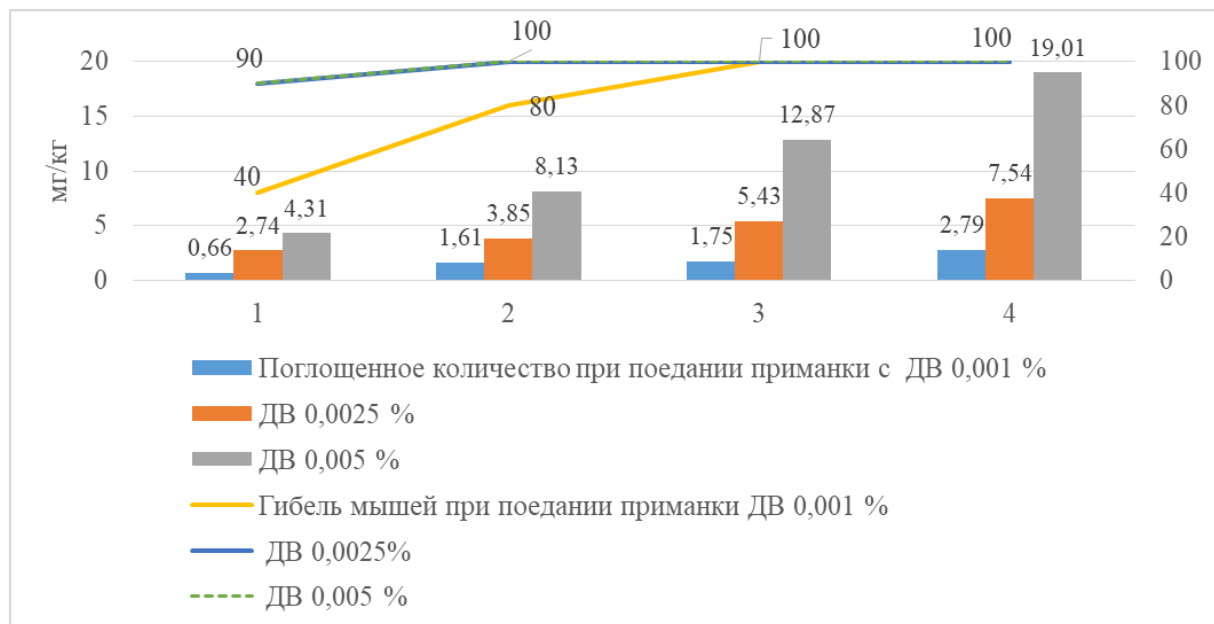


Рисунок 6. Поступление ДВ в организм и смертность домашних мышей при поедании приманок с разными концентрациями

В опытах по изучению воздействия разных концентраций ДВ бромидиолона на домашних мышей установлено, что приманка с концентрацией 0,005 % при однодневном потреблении вместе с альтернативным кормом обеспечивала гибель 90 % особей (рисунок 6, таблица). Аналогичный результат (90 %) получен при потреблении грызунами приманки с содержанием 0,0025 % ДВ, а при применении приманки с концентрацией ДВ 0,001 % погибло только 40 % особей. Так, в организм домашней мыши в среднем за сутки потребления приманки в зависимости от концентрации поступило: при 0,005 % – 4,31 мг/кг; 0,002 % – 2,74 мг/кг; 0,001 % – 0,66 мг/кг. Двух дневное, трехдневное и далее потребление приманок с концентрацией ДВ 0,005 и 0,0025 % обеспечило гибель 100 % особей, а с концентрацией 0,001 % – только 80 %. Приманки с концентрацией ДВ 0,001 % вызвали гибель 100 % особей, начиная с 3-го дня поедания. Зверьки поглощали в среднем 1,75 мг/кг. Гибель особей наблюдалась в период с 3-го по 10-й дни. Наибольшее число павших особей приходилось на 5-6-е сутки. При постоянном доступе к родентицидной приманке животные более охотно потребляют корм на 1-2-е сутки, затем потребляемость снижается, и у животных проявляются признаки отравления, нарушаются процессы свертывания крови. Обнаруживаются слабость и потеря веса, хорошо заметные на 3-4-й день. Поступая в организм, даже в минимальной концентрации – 0,001 %, родентицид запускает механизмы отравления, вызывает микроструктурные нарушения в тканях и в последующем нарушение функционирования организма в целом.

Результаты опыта показывают, что приманки с содержанием 0,0025 % и 0,005 % ДВ при суточном потреблении и поступлении в организм в среднем 2,74 мг/кг (0,0025 %) и 4,31 мг/кг (0,005 %) вызывают гибель 90 % особей. Это говорит о том, что одна особь из десяти сможет выжить после поедания приманки в количестве 1,5–2 г с концентрациями ДВ 0,0025 и 0,005 %, поэтому для гибели всех особей домашних мышей необ-

ходимо обеспечить постоянный доступ к приманке, создать стимул у животных, чтобы они пришли повторно к кормушке и потребили приманку.

Таблица

Результаты применения приманок
с разными концентрациями антикоагулянта бромациолона на домашних мышах

Показатели		Концентрация ДВ в приманке		
		0,001 %	0,0025 %	0,005 %
Поедание приманки при альтернативном корме в течение всего эксперимента	Количество поглощенного ДВ 1 особью, мг/кг	3,88	7,61	21,79
	Гибель, %	100	100	100
Поедание приманки при альтернативном корме в течение 1 суток	Количество поглощенного ДВ 1 особью, мг/кг	0,66	2,74	4,31
	Гибель, %	40	90	90
Поедание приманки при альтернативном корме в течение 2 суток	Количество поглощенного ДВ 1 особью, мг/кг	1,61	3,85	8,13
	Гибель, %	80	100	100
Поедание приманки при альтернативном корме в течение 3 суток	Количество поглощенного ДВ 1 особью, мг/кг	1,75	5,43	12,85
	Гибель, %	100	100	100
Поедание приманки без альтернативного корма в течение 1 суток	Количество поглощенного ДВ 1 особью, мг/кг	1,96	3,28	7,14
	Гибель, %	90	100	100
Поедание приманки без альтернативного корма в течение 2 суток	Количество поглощенного ДВ 1 особью, мг/кг	3,23	5,88	16,88
	Гибель, %	100	100	100

Повторное потребление приманки способствует увеличению поступления (кумуляции) ДВ бромациолона в организм на уровне 3,85 мг/кг (0,0025 %) и 8,13 мг/кг (0,005 %). Приманка с содержанием 0,001 % ДВ бромациолона не оказывает значительного воздействия на регулирование численности популяций домашних мышей, так как только 40 % особей могут погибнуть при однодневном поедании, а при двухдневном – 80 %, что недостаточно для эффективности дератизационных обработок. Для повышения привлекательности и поедаемости необходимо использовать наиболее привлекательные ароматизаторы (аттрактанты) и пищевые основы, обеспечивающие биологическую потребность животных.

В течение ежедневного потребления приманки домашняя мышь может аккумулировать до 0,5 мг ДВ бромациолона. Они весьма устойчивы к воздействию родентицидов-антикоагулянтов. Так, некоторые особи, поедая родентицидную приманку (ДВ бромациолон в концентрации 0,005 %) до самого момента гибели, смогли максимально поглотить 26,32 мг/кг, в то же время при поедании приманки с концентрацией 0,001 % в течение суток при групповом содержании потребленное ДВ в количестве 0,66 мг/кг вызывало гибель.

Полученные данные показывают, что воздействие антикоагулянта бромациолона начинается сразу после попадания его в организм, но в зависимости от содержания ДВ

в приманке биологическая активность и эффект действия будут различаться. Родентициды хронического действия обладают хорошими кумулятивными свойствами, что приводит к накоплению в организме достаточно большого количества ДВ, проявляющего токсичность, нарушение синтеза протромбина, ингибирование метаболизма витамина К в печени и нормальную свертываемость крови, вызывая смертельные кровотечения.

Заключение. Домовые мыши являются довольно устойчивым видом мышевидных грызунов по отношению к воздействию на их организм родентицидных приманок на основе антикоагулянта 2-го поколения – бромациолона. Проведенные исследования показали, что потребление приманки, содержащей стандартную концентрацию ДВ бромациолона (0,005 %), в течение суток не вызвало 100%-ную целевую эффективность у исследуемой группы мышей. Стопроцентная эффективность достигнута только при двухдневном потреблении зерна, содержащего 0,0025 % ДВ, что говорит о том, что бромациолон действует эффективно в меньших концентрациях в приманке. Важно обеспечить хорошую поедаемость. Биологическая активность от действия на организм трёх исследуемых концентраций ДВ бромациолона характеризовалась хорошими результатами и вкладывалась во временной промежуток с небольшим увеличением при понижении содержания ДВ в приманке. При анализе полученных результатов от скармливания приманок установлено, что для гибели домовой мыши максимальная доза составила 26,32 мг/кг, а минимальная – 0,66 мг/кг.

Список источников

1. Алексеева Е.В. Мышевидные грызуны и их негативное воздействие на окружающую среду и человека // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2018. № 12. С. 60–66. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36942880>
2. Карасева Е.В. Методы изучения грызунов в полевых условиях / Е.В. Карасева, А.Ю. Телицына, О.А. Жигальский. – Москва: Издательство ЛКИ, 2008. 416 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19497280>
3. Коваленко П.С. Бромахем – новое родентицидное средство для борьбы с синантропными грызунами // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2011. № 2 (6). С. 53–55.
4. Комаров В.Ю. К вопросу о распространении синантропных грызунов и мерах борьбы с ними / В.Ю. Комаров, С.Н. Анисифоров // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2023. № 2. С. 108–113.
5. Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности, Р 4.2.3676-20 Утверждены Руководителем Роспотребнадзора. 2020 г. 448 с.
6. СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней».
7. Слаутина А.И. Эффективность родентицидов с антикоагулянтным действием для борьбы с грызунами в условиях животноводческих комплексов / А.И. Слаутина // В сборнике: Дни студенческой ветеринарной науки. Сборник статей I Всероссийской студенческой научно-практической конференции. 2022. С. 158–162.
8. Тарасов М.А. Эпизоотологическое обследование очагов зоонозов в условиях стихийного бедствия (наводнение) / Тарасов М.А., Янович В.А., Копылов П.В., Иванов Л.И., Попов Н.В., Топорков В.П., Кутырев В.В. // Проблемы особо опасных инфекций. 2013 г. 4. С. 37–41.
9. Шерешкова С.Е. Препаративные формы родентицидных приманок на основе антикоагулянтов нового поколения для регуляции численности синантропных грызунов в объектах ветнадзора / С.Е. Шерешкова, П.С. Коваленко, Н.К. Гуненкова / Российский жур-

- нал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2022. № 4 (44). С. 446–452.
10. Шерешкова С.Е. Эффективность модифицированных родентицидных приманок / С.Е. Шерешкова, П.С. Коваленко // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2021. № 4 (40). С. 436–440.
 11. Яковлев А.А. Особенности применения родентицидов / А.А. Яковлев // Защита и карантин растений. 2022 г. № 3. С. 27-28.
 12. Diagne C. Economic costs of invasive rodents worldwide: the tip of the iceberg / Diagne C, Ballesteros-Mejia L, Cuthbert RN, Bodey TW, Fantle-Lepczyk J, Angulo E, Bang A, Dobigny G, Courchamp F. // Research Square Platform LLC. PeerJ. 2023 doi: 10.7717/peerj.14935. PMID: 36992943; PMCID: PMC10042159.
 13. Jing Liu Toxicity and bioaccumulation of bromadiolone to earthworm *Eisenia fetida* / Jing Liu, Kang Xiong, Xiaoqing Ye, Jianyun Zhang, Ye Yang, Li Ji // Chemosphere. 2015. V. 135. P. 250-256.
 14. Sage M. How environment and vole behaviour may impact rodenticide bromadiolone persistence in wheat baits after field controls of *Arvicola terrestris*? / M. Sage, M. Coeurdassier, R. Defaut, E. Lucot, B. Barbier, D. Rieffel, P. Berny, P. Giraudoux // Environ. Pollut. 2007. № 148. pp. 372-379.
 15. Shikov A.E. Salmonella-Based Biorodenticides: Past Applications and Current Contradictions / A.E. Shikov, M.E. Belousova, M.V. Belousov, A.A. Nizhnikov, K.S. Antonets // Int. J. Mol. Sci. 2022, 23(23), 14595; <https://doi.org/10.3390/ijms232314595>.
 16. Zeng J.P. Status Quo, loss and trend of forest bio-disasters from 2000 to 2010 in China / J.P. Zeng, C. Zeng, F. Ouyang, X.P. Liu, F. Ge // Biol. Disaster Sci. 2014. 37. pp. 7-12.

References

1. Alekseeva E.V. Mouse-like rodents and their negative impact on the environment and humans / E.V. Alekseeva // Problems of the environment and natural resources. 2018. No. 12. pp. 60-66.
2. Karaseva E.V. Methods of studying rodents in the field conditions / E.V. Karaseva, A.Yu. Telitsyna, O.A. Zhigalskiy. – Moscow: LKI Publishing House, 2008. 416 p.
3. Kovalenko P.S. Bromakhem – a new rodenticide agent for the control of synanthropic rodents // P.S. Kovalenko // Russian Journal of Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology. 2011. No. 2 (6). pp. 53-55.
4. Komarov V.Yu. Revisiting the spread of synanthropic rodents and measures to control them / V.Yu. Komarov, S.N. Anisiforov // Legal regulation in veterinary medicine. 2023. No. 2. pp. 108-113.
5. Methods of laboratory research and testing of disinfectants to assess their effectiveness and safety, P 4.2.3676-20 Approved by the Head of Rospotrebnadzor. 2020, 448 p.
6. SanPiN 3.3686-21 “Sanitary and epidemiological requirements for the prevention of infectious diseases”.
7. Slautina A.I. Effectiveness of rodenticides with anticoagulant action for rodent control in conditions of livestock breeding complexes / A.I. Slautina // In the collection: Days of student veterinary science. Collection of articles of the I All-Russian Student Scientific and Practical Conference. 2022. pp. 158-162.
8. Tarasov M.A. Epizootological examination of zoonotic foci in a natural disaster (flood) / Tarasov M.A., Yanovich V.A., Kopylov P.V., Ivanov L.I., Popov N.V., Toporkov V.P., Kuttyrev V.V. // Problems of particularly dangerous infections. 2013 No. 4. pp. 37-41.
9. Shereshkova S.E. Preparative forms of rodenticide baits based on anticoagulants of a new generation for the regulation of the number of synanthropic rodents in veterinary surveillance / S.E. Shereshkova, P.S. Kovalenko, N.K. Gunenkova / Russian Journal of Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology. 2022. No. 4 (44). pp. 446-452.

10. Shereshkova S.E. Effectiveness of modified rodenticide baits / S.E. Shereshkova, P.S. Kovalenko // Russian journal "Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology". 2021. No. 4 (40). pp. 436–440.
11. Yakovlev A.A. Peculiarities of the use of rodenticides / A.A. Yakovlev // Plant protection and quarantine. 2022. No. 3. pp. 27-28.
12. Diagne C. Economic costs of invasive rodents worldwide: the tip of the iceberg / Diagne C, Ballesteros-Mejia L, Cuthbert RN, Bodey TW, Fantle-Lepczyk J, Angulo E, Bang A, Dobigny G, Courchamp F. // Research Square Platform LLC. PeerJ. 2023. doi: 10.7717/peerj.14935. PMID: 36992943; PMCID: PMC10042159.
13. Jing Liu Toxicity and bioaccumulation of bromadiolone to earthworm *Eisenia fetida* / Jing Liu, Kang Xiong, Xiaoqing Ye, Jianyun Zhang, Ye Yang, Li Ji // Chemosphere. 2015. V. 135. pp. 250-256.
14. Sage M. How environment and vole behaviour may impact rodenticide bromadiolone persistence in wheat baits after field controls of *Arvicola terrestris*? / M. Sage, M. Coeurdassier, R. Defaut, E. Lucot, B. Barbier, D. Rieffel, P. Berny, P. Giraudoux // Environ. Pollut. 2007. No. 148. pp. 372-379.
15. Shikov A.E. Salmonella-Based Biorodenticides: Past Applications and Current Contradictions / A.E. Shikov, M.E. Belousova, M.V. Belousov, A.A. Nizhnikov, K.S. Antonets // Int. J. Mol. Sci. 2022, No. 23(23), 14595; <https://doi.org/10.3390/ijms232314595>.
16. Zeng J.P. Status Quo, loss and trend of forest bio-disasters from 2000 to 2010 in China / J.P. Zeng, C. Zeng, F. Ouyang, X.P. Liu, F. Ge // Biol. Disaster Sci. 2014. No. 37. pp. 7-12.

Сведения об авторах

Владимир Юрьевич Комаров, кандидат ветеринарных наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела дератизации, тел.: 89103053872, e-mail: komarov.volodya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1715-3199>

Анна Олеговна Иванова, научный сотрудник отдела химических исследований, тел.: 89263796981, e-mail: aisoptra@gmail.com, (<https://orcid.org/0000-0003-4500-5481>)

Information about the authors

V.Yu. Komarov, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Department of Deratization, tel. 89103053872, e-mail: komarov.volodya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1715-3199>

A.O. Ivanova, Researcher of the Department of Chemical Testing, tel. 89263796981, e-mail: aisoptra@gmail.com, (<https://orcid.org/0000-0003-4500-5481>)

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 30.10.2023; одобрена после рецензирования 15.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 30.10.2023; approved after reviewing 15.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 143-152
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 143-152

Зоотехния и ветеринария

Научная статья
УДК 636.082/32.02
DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/014.4.16.2023

**ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОЖИ БЫЧКОВ
СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ И ПОМЕСЕЙ
С КРАСНЫМ СТЕПНЫМ И ЧЁРНО-ПЁСТРЫМ СКОТОМ**

**Владимир Иванович Косилов, Сауле Серекпаевна Жаймышева,
Татьяна Геннадьевна Герасимова, Лариса Николаевна Бакаева**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», Россия, Оренбург, e-mail: nauka@orensau.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты изучения микроструктуры кожи чистопородных бычков симментальской породы (I группа), её помесей с красным степным скотом – 1/2 симментал х 1/2 красная степная (II группа) и симментальских помесей с чёрно-пёстрой породой – 1/2 симментал х 1/2 чёрно-пёстрая (III группа). Установлено повышение с возрастом толщины отдельных слоев кожи и общей её толщины у бычков всех подопытных групп при преимуществе симменталов I группы. Так, в зимний период они превосходили помесных сверстников II и III групп по общей толщине кожи соответственно на 259,6 мкм (8,33 %, $P < 0,05$) и 180,4 мкм (5,65 %, $P < 0,05$), в летний сезон года – на 320,1 мкм (7,94 %, $P < 0,05$) и 211,3 мкм (5,10 %, $P < 0,05$). Это обусловило большую глубину залегания в pilarном слое кожи симменталов I группы волосяных фолликулов, сальных и потовых желёз. Установлено, что кожа бычков симментальской породы группы отличалась лучше развитым железистым аппаратом: помесный молодняк II и III групп уступал симментальским сверстникам I группы по количеству волосяных фолликулов на 1 мм² кожи в зимний период соответственно на 1,8 шт. (12,50 %, $P < 0,05$) и 1,0 шт. (6,58 %, $P > 0,05$), сальных желёз – на 2,1 шт. (10,88 %, $P < 0,01$) и 1,4 шт. (7,00 %, $P < 0,05$), потовых желёз – на 1,6 шт. (9,52 %, $P < 0,05$) и 1,4 шт. (8,25 %, $P < 0,05$). Аналогичные межгрупповые различия по развитию железистого аппарата кожи установлены в летний период. Так, бычки симментальской породы I группы опережали помесный молодняк II и III групп по количеству волоса на 1 мм² кожи соответственно на 1,9 шт. (14,73 %, $P < 0,05$) и 1,2 шт. (8,82 %, $P < 0,05$), сальных желёз – на 2,2 шт. (13,25 %, $P < 0,01$) и 1,8 шт. (10,59 %, $P < 0,05$), потовых желёз – на 1,8 шт. (11,84 %, $P < 0,05$) и 1,7 шт. (11,11 %, $P < 0,05$) и 1,7 шт. (11,11 %, $P < 0,05$).

Ключевые слова: скотоводство, симменталы, помеси с красным степным и чёрно-пёстрым скотом, бычки, микроструктура кожи.

Для цитирования: Косилов В.И., Жаймышева С.С., Герасимова Т.Г., Бакаева Л.Н. Гистологическое строение кожи бычков симментальской породы и её помесей с красным степным и черно-пестрым скотом // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.143-152. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/014.4.16.2023

Zootechny and veterinary science

Original article

HISTOLOGICAL STRUCTURE OF THE SKIN OF SIMMENTAL BULL CALVES AND CROSSBREDS WITH RED STEPPE AND BLACK PIED CATTLE**Vladimir I. Kosilov, Saule S. Zhaimysheva, Tatiana G. Gerasimova, Larisa N. Bakaeva**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Orenburg State Agrarian University”, Russia, Orenburg, e-mail: nauka@orensau.ru

Abstract. The article presents the results of studying the microstructure of the skin of purebred bull calves of the Simmental breed (group I), its crossbreeds with Red Steppe cattle – 1/2 Simmental x 1/2 Red Steppe (group II) and Simmental crossbreeds with Black Pied breed – 1/2 Simmental x 1/2 Black Pied (group III). It was found that the thickness of different layers of skin and its total thickness increased with age in bull calves of all experimental groups, mainly in Simmentals from group I. Thus, in winter, they outperformed their crossbred herdmates of groups II and III in total skin thickness, respectively, by 259,6 microns (8,33 %, $P < 0,05$) and 180,4 microns (5,65 %, $P < 0,05$), in the summer season – by 320,1 microns (7,94 %, $P < 0,05$) and 211,3 microns (5,10 %, $P < 0,05$). This determined the greater depth of hair follicles, sebaceous and sweat glands in the papillary layer of the skin of Simmentals from group I. It was found that the skin of the Simmental bull calves of the group was distinguished by a better developed glandular system. The crossbred young animals of groups II and III were inferior to the Simmental herdmates of the group I in terms of the number of hair follicles per 1 mm² of skin in winter, respectively, by 1,8 pcs. (12,50%, $P < 0,05$) and 1,0 pcs. (6,58 %, $P > 0,05$), sebaceous glands – by 2,1 pcs. (10,88 %, $P < 0,01$) and 1,4 pcs. (7,00 %, $P < 0,05$), sweat glands – by 1,6 pcs. (9,52 %, $P < 0,05$) and 1,4 pcs. (8,25 %, $P < 0,05$). Similar intergroup differences in the development of the glandular system of the skin were established in the summer period. Thus, the Simmental bull calves of group I surpassed the crossbred young animals of groups II and III in the amount of hair per 1 mm² of skin, respectively, by 1,9 pcs. (14,73 %, $P < 0,05$) and 1,2 pcs. (8,82 %, $P < 0,05$), sebaceous glands – by 2,2 pcs. (13,25 %, $P < 0,01$) and 1,8 pcs. (10,59%, $P < 0,05$), sweat glands – by 1,8 pcs. (11,84 %, $P < 0,05$) and 1,7 pcs. (11,11 %, $P < 0,05$) and 1,7 pcs. (11,11 %, $P < 0,05$).

Keywords: cattle breeding, Simmental cattle, crossbreeds with Red Steppe and Black Pied cattle, bull calves, skin microstructure.

For citation: Kosilov V.I., Zhaimysheva S.S., Gerasimova T.G., Bakaeva L.N. Histological structure of the skin of Simmental bull calves and crossbreeds with Red Steppe and Black Pied cattle // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16). P.143-152.

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/014.4.16.2023

Введение. Наиболее актуальной задачей агропромышленного комплекса Российской Федерации, имеющей важное народно-хозяйственное значение, является обеспечение населения продуктами питания животного происхождения, в частности мясом-говядиной [1–7]. Это обусловлено тем, что говядина считается незаменимым компонентом питания человека, так как содержит полноценные белки, минеральные веще-

ства, витамины [8–10]. В этой связи для увеличения её производства необходимо на основе организации сбалансированного кормления откармливаемого молодняка крупного рогатого скота и внедрения ресурсосберегающих технологий его выращивания добиться более полной реализации генетического потенциала мясной продуктивности [11, 12], что позволит добиться существенного увеличения производства говядины в стране.

При этом необходимо рационально использовать генетические ресурсы отрасли скотоводства при существенном повышении уровня селекционно-племенной работы. В товарном скотоводстве широкое распространение должно получить межпородное скрещивание разводимых в регионе пород скота.

Известно, что при сочетании генотипов скрещиваемых животных помеси вследствие комбинации лучших свойств скрещиваемых пород отличаются потенциальными возможностями повышения продуктивных качеств [13, 14]. В то же время следует иметь в виду, что реализация биоресурсного потенциала откармливаемым молодняком возможна лишь при его адаптации к условиям внешней среды. Важную роль при этом играет кожный покров, выполняющий защитную функцию [15–18]. В этой связи изучение гистоструктуры кожи молодняка крупного рогатого скота разного генотипа при выращивании его в условиях резко-континентального климата на откормочной площадке имеет важное значение.

Материал и методы исследований. При проведении научно-хозяйственного опыта объектом исследования стали чистопородные бычки симментальской породы (I группа), её помеси первого поколения с красным степным скотом – 1/2 симментал х 1/2 красная степная (II группа) и помеси 1/2 симментал х 1/2 чёрно-пёстрая (III группа).

Для изучения гистологического строения кожи у трёх бычков из каждой группы зимой (в феврале, возраст – 12 месяцев) и летом (в августе, возраст – 18 месяцев) на середине последнего ребра методом биопсии отбирали образцы кожи (площадь образца – 1 см²). На замораживающем микротоме готовили гистосрезы каждого образца. На вертикальных гистосрезках каждого образца при использовании микроскопа МБС-9 определяли общую толщину кожи и отдельных составляющих её слоёв: эпидермиса, пилярного и ретикулярного. Кроме того, устанавливали диаметр и характер переплетения коллагеновых волокон, глубину залегания волосяных фолликулов (волос), сальных и потовых желёз.

На горизонтальных гистосрезках вычисляли количество волосяных фолликулов (волос), сальных и потовых желёз на 1 мм² кожи.

Полученный экспериментальный материал обрабатывали методом вариационной статистики (Плохинский Н.А., 1972).

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ результатов гистологических исследований кожи чистопородных и помесных бычков свидетельствует о влиянии возраста молодняка и его генотипа на развитие отдельных слоёв кожи, что оказало влияние и на общую её толщину (таблицы 1, 2).

При этом толщина эпидермиса в летний период, по сравнению с зимним, у чистопородных бычков симментальской породы I группы повысилась на 8,2 мкм (24,19 %), помесей красной степной породы II группы – на 7,5 мкм (24,43 %), чёрно-пёстрых помесей III группы – на 8,1 мкм (24,75 %).

Аналогичная сезонная динамика наблюдалась по толщине пилярного и ретикулярного слоёв. Достаточно отметить, что толщина пилярного слоя у бычков I группы повысилась на 304,2 мкм (30,17 %), ретикулярного – на 664,6 мкм (28,50 %), у помесно-

го молодняка II группы – соответственно на 308,3 мкм (37,14 %) и 600,7 мкм (27,53 %), помесей III группы – на 338,7 мкм (35,60 %) и 602,3 мкм (27,28 %).

Установлено, что повышение толщины отдельных слоёв кожи бычков подопытных групп обусловило увеличение общей её толщины. Так, у чистопородных симменталов I группы толщина кожи в летний период, по сравнению с зимним сезоном года, увеличилась на 977,0 мкм (28,96 %), помесей красной степной породы II группы – на 916,5 мкм (29,43 %), чёрно-пёстрых помесей III группы – на 946,1 мкм (29,62 %).

Отмечены и межгрупповые различия по толщине как отдельных слоёв кожи, так и общей её толщине, что обусловлено влиянием генотипа молодняка. Причём лидирующее положение по анализируемому показателю занимали симменталы I группы. Помесные бычки II и III групп уступали им по толщине эпидермиса в зимний период соответственно на 3,2 мкм (10,42 %, $P < 0,05$) и 2,1 мкм (6,60 %, $P < 0,05$), в летний сезон года – на 3,9 мм (10,21 %, $P < 0,05$) и 2,2 мкм (5,51 %).

Таблица 1

Гистологическое строение кожи (толщина слоя) подопытных групп
по сезонам года, мкм

Группа	Показатель					
	толщина слоя					
	эпидермис		пилярный		ретикулярный	
	$X \pm Sx$	Cv	$X \pm Sx$	Cv	$X \pm Sx$	Cv
Зима (12 месяцев)						
I	33,9 $\pm$ 0,78	1,40	1008,4 $\pm$ 23,14	3,40	2331,8 $\pm$ 40,10	5,18
II	30,7 $\pm$ 0,82	1,81	902,2 $\pm$ 27,18	3,99	2181,6 $\pm$ 51,12	6,08
III	31,8 $\pm$ 0,92	1,94	951,4 $\pm$ 26,02	4,25	2207,5 $\pm$ 50,20	6,80
Лето (18 месяцев)						
I	42,1 $\pm$ 0,82	1,58	1312,6 $\pm$ 40,12	4,38	2996,4 $\pm$ 42,23	5,40
II	38,2 $\pm$ 0,91	1,92	1210,5 $\pm$ 46,21	5,10	2782,3 $\pm$ 51,31	6,12
III	39,9 $\pm$ 0,96	1,99	1290,1 $\pm$ 47,30	6,02	2809,8 $\pm$ 52,33	6,91

Таблица 2

Гистологическое строение кожи
(общая толщина кожи и диаметр коллагеновых волокон)
подопытных групп по сезонам года, мкм

Группа	Показатель			
	общая толщина кожи		диаметр коллагеновых волокон	
	$X \pm Sx$	Cv	$X \pm Sx$	Cv
Зима (12 месяцев)				
I	3374,1 $\pm$ 41,21	3,42	40,32 $\pm$ 0,88	1,96
II	3114,5 $\pm$ 48,33	4,05	37,43 $\pm$ 0,96	1,99
III	3193,7 $\pm$ 47,25	4,01	38,30 $\pm$ 1,01	2,10
Лето (18 месяцев)				
I	4351,1 $\pm$ 43,24	5,10	47,14 $\pm$ 0,80	1,81
II	4031,0 $\pm$ 46,12	5,88	45,13 $\pm$ 0,89	1,94
III	4139,8 $\pm$ 45,59	5,72	46,08 $\pm$ 0,98	1,99

По толщине пилярного слоя преимущество бычков симментальской породы I группы над помесными сверстниками II и III групп составляло зимой соответственно 106,2 мкм (11,77 %, $P < 0,01$) и 57,0 мкм (5,99 %, $P < 0,05$), летом – 102,1 мкм (8,43 %, $P < 0,01$) и 22,5 мкм (1,74 %, $P < 0,05$).

Аналогичные межгрупповые различия установлены и по толщине ретикулярного слоя, основного слоя дермы. Достаточно отметить, что помесные бычки II и III групп уступали по данному признаку симментальским сверстникам I группы в зимний сезон года соответственно на 150,2 мкм (6,88 %, $P < 0,01$) и 124,3 мкм (5,63 %, $P < 0,05$), в летний период – на 214,1 мкм (7,69 %, $P < 0,01$) и 186,6 мкм (23,04 %, $P < 0,05$).

Межгрупповые различия по толщине отдельных слоёв кожи обусловили неодинаковую её общую толщину при лидирующем положении чистопородных бычков симментальской породы I группы, опережавших помесный молодняк II и III групп по общей толщине кожи в зимний период соответственно на 259,6 мкм (8,33 %, $P < 0,05$) и 180,4 мкм (5,65 %, $P < 0,05$), в летний сезон года – на 320,1 мкм (7,94 %, $P < 0,05$) и 211,3 мкм (5,10 %, $P < 0,05$).

Характерно, что минимальной толщиной как отдельных слоёв кожи, так и общей её толщиной отличались помеси красной степной породы II группы.

Известно, что прочность кожи во многом обусловлена диаметром коллагеновых волокон и характером расположения (переплетения) коллагеновых пучков в ретикулярном слое дермы.

Материалы мониторинга диаметра коллагеновых волокон свидетельствуют о его увеличении в летний период, по сравнению с зимним сезоном года, у бычков всех подопытных групп. Так, при лидирующем положении бычков симментальской породы у симменталов I группы данное повышение составляло 6,82 мкм (16,91 %), помесей II группы – 7,70 мкм (20,57 %), помесного молодняка III группы – 7,78 мкм (20,31 %). Помесные сверстники II и III групп уступали им по диаметру коллагеновых волокон в зимний сезон года соответственно на 2,89 мкм (7,72 %, $P < 0,05$) и 2,02 мкм (5,27 %, $P < 0,05$), в летний период – на 2,01 мкм (4,45 %, $P < 0,05$) и 1,06 мкм.

Что касается формы переплетения коллагеновых пучков в ретикулярном слое дермы кожи, то у симменталов I группы она была преимущественно петливой и частично ромбовидной, у помесей красной степной породы – параллельной и ромбовидной, у чёрно-пёстрых помесей – ромбовидной.

В связи с увеличением толщины пилярного слоя дермы кожи, принимающего участие в терморегуляции, повышалась глубина залегания волос, сальных и потовых желёз у бычков всех подопытных групп (таблицы 3, 4).

У чистопородных бычков симментальской породы I группы повышение глубины залегания волос в летний период, по сравнению с зимним сезоном года, составляло 198,3 мкм (21,84 %), сальных желёз – 118,2 мкм (17,38 %), потовых желёз – 28,9 мкм (3,28 %).

У помесей красной степной породы II группы увеличение глубины залегания волос, сальных и потовых желёз составляло соответственно 122,1 мкм (13,87 %), 87,0 мкм (13,74 %), 40,9 мкм (5,32 %), у помесных бычков чёрно-пёстрой породы III группы – 197,0 мкм (21,98 %), 119,8 мкм (18,14 %), 42,9 мкм (5,35 %).

Установлены и межгрупповые различия по глубине залегания элементов железистого аппарата, обусловленные разной интенсивностью повышения толщины пилярного слоя у бычков подопытных групп. При этом отмечено лидирующее положение чи-

стопородного симментальского молодняка группы. Помесные бычки II и III групп уступали им по глубине залегания волосяных фолликулов в зимний период соответственно на 27,9 мкм (3,17 %, $P < 0,05$) и 11,7 мкм ($P < 0,05$), сальных желёз – на 46,9 мкм (7,41 %, $P < 0,05$) и 19,7 мкм (2,98 %, $P < 0,05$), потовых желёз – на 111,9 мкм (14,54 %, $P < 0,01$) и 79,8 мкм (9,96 %, $P < 0,05$).

Таблица 3

Глубина залегания элементов кожи на 1 мм² её площади

Группа	Показатель					
	глубина залегания, мкм					
	волос		сальных желёз		потовых желёз	
	X±Sx	Cv	X±Sx	Cv	X±Sx	Cv
Зима (12 месяцев)						
I	908,1±31,21	2,12	680,1±36,12	2,88	881,2±36,10	2,10
II	880,2±38,14	2,36	633,2±40,40	3,10	769,3±39,32	2,82
III	896,4±40,20	2,93	600,4±39,22	3,12	801,4±41,32	2,99
Лето (18 месяцев)						
I	1106,4±33,23	2,24	798,3±41,24	2,96	910,1±34,14	2,48
II	1002,3±38,40	2,40	720,2±44,31	3,21	810,2±36,42	2,90
III	1093,4±40,34	2,60	780,2±45,33	3,44	844,3±40,42	3,02

Таблица 4

Количество структурных элементов кожи на 1 мм² её площади, шт.

Группа	Показатель					
	волос		сальных желёз		потовых желёз	
	X±Sx	Cv	X±Sx	Cv	X±Sx	Cv
Зима (12 месяцев)						
I	16,2±0,25	1,44	21,4±0,23	1,38	18,4±0,30	1,84
II	14,4±0,28	1,56	19,3±0,29	1,56	16,8±0,33	1,98
III	15,2±0,30	1,60	20,0±0,32	1,77	17,0±0,41	2,04
Лето (18 месяцев)						
I	14,8±0,26	1,52	18,8±0,26	1,72	17,0±0,28	1,74
II	12,9±0,30	1,66	16,6±0,29	1,83	15,2±0,30	1,84
III	13,6±0,28	1,94	17,0±0,31	1,96	15,3±0,33	1,96

Аналогичная закономерность прослеживалась и в летний сезон года. Достаточно отметить, что помесные бычки II и III групп уступали чистопородным симментальским сверстникам I группы по глубине залегания волос соответственно на 104,1 мкм (10,39 %, $P < 0,01$) и 13,0 мкм (1,19 %), сальных желёз – на 78,1 мкм (10,01 %, $P < 0,05$) и 18,1 мкм (2,32 %, $P < 0,05$), потовых желёз – на 99,9 мкм (12,33 %, $P < 0,05$) и 65,8 мкм (7,79 %, $P < 0,05$). Характерно, что минимальной величиной анализируемого показателя отличались помеси красной степной породы II группы.

В связи с ростом бычков и увеличением объёма тела наблюдалось снижение количества волосяных фолликулов, сальных и потовых желёз, приходящихся на 1 мм² площади кожи. Так, у симменталов I группы уменьшение количества волос составляло

1,4 шт. (9,46 %), помесей II и III групп – 1,5 шт. (11,63 %) и 1,6 шт. (11,76 %), сальных желёз – соответственно 2,6 шт. (13,83 %), 2,7 шт. (16,26 %), потовых желёз – 1,4 шт. (8,24 %), 1,6 шт. (10,53 %), 1,7 шт. (11,11 %).

Установлено влияние генотипа бычков на развитие железистого аппарата кожи при лидирующем положении симменталов I группы. Помесные бычки II и III групп уступали им в зимний период по количеству волосяных фолликулов на 1 мм² кожи соответственно на 1,8 шт. (12,50 %, $P < 0,05$) и 1,0 шт. (6,58 %, $P < 0,05$), сальных желёз – на 2,1 шт. (10,88 %, $P < 0,01$) и 1,4 шт. (7,00 %, $P < 0,05$), потовых желёз – на 1,6 шт. (9,52 %, $P < 0,05$) и 1,4 шт. (8,25 %, $P < 0,05$).

Аналогичные межгрупповые различия прослеживались и в летний сезон года. Достаточно отметить, что чистопородные бычки симментальской породы группы превосходили помесный молодняк II и III групп по количеству волос на 1 мм² кожи соответственно на 1,9 шт. (14,73 %, $P < 0,01$) и 1,2 шт. (8,82 %, $P < 0,05$), сальных желёз – на 2,2 шт. (13,25 %, $P < 0,01$) и 1,8 шт. (10,59 %, $P < 0,05$), потовых желёз – на 1,8 шт. (11,84 %, $P < 0,05$) и 1,7 шт. (11,11 %, $P < 0,05$).

Заключение. Полученные данные гистологических исследований кожи чистопородных и помесных бычков свидетельствует о хорошем её развитии, что подтверждается толщиной отдельных её слоёв и показателями железистого аппарата, обуславливая высокий уровень адаптационной пластичности молодняка всех генотипов при лидирующем положении чистопородных симменталов.

Список источников

1. Погодаев В.А., Сангаджиев Д.А., Удалова О.В. Количественный и качественный показатели мясной породы при линейном разведении и кроссах линий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 5 (97). С. 226–271. doi: 10.37670/2073-0853-2022-97-5-266-271.
2. Кулинцев В.В., Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А. Продуктивность, качество мышечной и жировой ткани бычков абердин-ангусской породы в зависимости от интенсивности производства говядины // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. Вып. 1. С. 79–97. ISSN 0021-342X.
3. Мясная продуктивность бычков симментальской породы и её двух-, трехпородных помесей с голштинами, немецкой пятнистой и лимузинами / В.И. Косилов, Н.К. Комарова, С.И. Мироненко, Е.А. Никонова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (33). С. 119–122. EDN OYEFED.
4. Морфологический состав туши молодняка чёрно-пёстрой породы и её помесей с голштинами / В.И. Косилов, С.С. Жаймышева, Ж.А. Перевойко, И.В. Миронова и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (89). С. 260–264. doi: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-260-264.
5. Использование генетических ресурсов крупного рогатого скота разного направления продуктивности для увеличения производства говядины на Южном Урале / В.И. Косилов, С.И. Мироненко, Д.А. Андриенко, и др. Оренбург, 2016. 452 с. EDN WPMWUN.
6. Формирование мясной продуктивности бычков абердин-ангусской породы различной длительности производственного цикла / А.Ф. Шевхужев, В.А. Погодаев, Д.Р. Смакуев, и др. // Вестник Рязанского государственного аграрно-технологического университета имени П.А. Костючева. 2018. № 4 (40). С. 60-65. EDN JWLPJK.
7. Толочка В.В., Косилов В.И., Гармаев Д.Ц. Влияние генотипа бычков мясных пород на интенсивность роста // Известия Оренбургского государственного аграрного

- университета. 2021. № 5 (91). С. 201–206. doi: 10.37670/2073-0853-2021-91-5-201-206.
8. Мясная продуктивность бычков разных пород отечественной селекции / В.Н. Приступа, О.Е. Кротова, С.Н. Дудченко, и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (102). С. 255–260. doi: 10.37670/2073-0853-2023-102-4-255-260.
 9. Потребление кормов и основных питательных веществ рациона молодняком крупного рогатого скота при чистопородном разведении и скрещивании/ В.И. Косилов, Д.А. Андриенко, Е.А. Никонова, и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета 2016. № 3 (59). С. 125–127. EDN: WGXTYP.
 10. Influence of steer genotypes on the features of muscle development in the postnatal period of ontogenesis / S.S. Zhaimysheva, V.I. Kosilov, L.N. Voroshilova, T.G. Gerasimova // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness" 2021. С. 012109. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012109
 11. Genetic aspects for meat quality of purebred and crossbred bull-calves / T.S. Kubatbekov, Y.A. Yuldashbaev, H.A. Amerkhanov et al // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2020. Т. 8. №S3. С. 38-42. ISSN: 2307-8316
 12. Nikonova E.A., Kosilov V.I., Anhalt E.M. The influence of the genotype of gobies on the quality of meat products // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness" 2021. С. 012131. doi:10.1088/1755-1315/624/1/012131
 13. The state of polymorphism of genes affecting the meat quality in micropopulations of meat simmentals / S.D. Tyulebaev, M.D. Kadysheva, V.I. Kosilov et al // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness" 2021. С. 012045. doi:10.1088/1755-1315/624/1/012045
 14. Genetic and physiological aspects of bulls of dual-purpose and beef breeds and their crossbreeds / S.S. Zhaimysheva, V.I. Kosilov, S.A. Miroshnikov et al // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Т. 421. С. 22028. doi: 10.1088/1755-1315/421/2/022028
 15. The genotypic peculiarities of the consumption and the use of nutrients and energy from the fodder by the purebred and crossbred heifers / T.S. Kubatbekov, V.I. Kosilov, A.P. Kaledin et al // Journal of Biochemical Technology. 2020. Т. 11. № 4. С. 36-41. ISSN 0974-32328
 16. Свяженина М.А., Криницина Т.П. Адаптация скота голштинской породы в условиях ХМАО // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (101). С. 340–346. ISSN 2073-0853.
 17. Улимбашев М.Б., Улимбашева Р.А., Четоков О.О. Морфобиологические особенности кожно-волосного покрова коров в зависимости от генетических и паратипических факторов // Зоотехния. 2010. № 10. С. 16-17. ISSN 0235-2478.
 18. Компенсаторно-приспособительные механизмы реализации генетического потенциала отечественного и импортного скота / М.Б. Улимбашев, А.Ф. Шевхужев, Ж.Т. Алагирова, и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 78–94. ISSN 0021-342X.

References

1. Pogodaev V.A., Sangadzhiev D.A., Udalova O.V. Quantitative and qualitative parameters of meat breed in linear breeding and line crosses // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022. No.5 (97). pp. 226-271. doi: 10.37670/2073-0853-2022-97-5-266-271
2. Kulintsev V.V., Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A. Productivity, quality of muscle and adipose tissue of Aberdeen-Angus bull calves depending on the intensity of beef production // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019. Issue 1. pp. 79-97. ISSN 0021-342X
3. Meat productivity of bulls of the Simmental breed and its two- and three-breed crossbreeds with Holsteins, German Spotted and Limousines/ V.I. Kosilov, N.K. Komarova, S.I. Mironenko, E.A. Nikonova // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2012. No. 1 (33). pp. 119-122. EDN OYEFED
4. Morphological composition of the carcass of young animals of the black-and-white breed and its crosses with Holsteins / V.I. Kosilov, S.S. Zhaimysheva, Zh.A. Perevoiko, I.V. Mironova et al. // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021. No. 3 (89). pp. 260-264. doi: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-260-264
5. Use of genetic resources of cattle of different types of productivity to increase beef production in the Southern Urals / V.I. Kosilov, S.I. Mironenko, D.A. Andrienko, et al. Orenburg, 2016. 452 p. EDN WPMWUN
6. Formation of meat productivity of Aberdeen-Angus bull calves of various production cycle duration / A.F. Shevkhuzhev, V.A. Pogodaev, D.R. Smakuev, et al. // *Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev*. 2018. No.4(40). pp. 60-65. EDN JWLPJK
7. Tolochka V.V., Kosilov V.I., Garmaev D.Ts. Influence of the genotype of beef bull calves on the intensity of growth // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021. No. 5(91). pp. 201-206. doi: 10.37670/2073-0853-2021-91-5-201-206
8. Meat productivity of bull calves of different breeds of domestic breeding / V.N. Pristupa, O.E. Krotova, S.N. Dudchenko, et al // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023. No. 4(102). pp. 255-260. doi: 10.37670/2073-0853-2023-102-4-255-260
9. Consumption of feed and basic nutrients of the diet by young cattle with purebred breeding and crossing/ V.I. Kosilov, D.A. Andrienko, E.A. Nikonova, et al. // *Izvestia Orenburg State Agrarian University* 2016. No.3 (59). pp. 125-127. EDN: WGXTYP
10. Influence of steer genotypes on the features of muscle development in the postnatal period of ontogenesis / S.S. Zhaimysheva, V.I. Kosilov, L.N. Voroshilova, T.G. Gerasimova // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness" 2021. P. 012109. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012109
11. Genetic aspects for meat quality of purebred and crossbred bull-calves / T.S. Kubatbekov, Y.A. Yuldashbaev, H.A. Amerkhanov et al // *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2020. Vol. 8. No. S3. pp. 38-42. ISSN: 2307-8316
12. Nikonova E.A., Kosilov V.I., Anhalt E.M. The influence of the genotype of gobies on the quality of meat products // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness" 2021. P. 012131. doi:10.1088/1755-1315/624/1/012131
13. The state of polymorphism of genes affecting the meat quality in micropopulations of meat simmentals / S.D. Tyulebaev, M.D. Kadysheva, V.I. Kosilov et al // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness" 2021. P. 012045. doi:10.1088/1755-1315/624/1/012045
14. Genetic and physiological aspects of bulls of dual-purpose and beef breeds and their cross-breeds / S.S. Zhaimysheva, V.I. Kosilov, S.A. Miroshnikov et al. // *IOP Conference Series:*

- Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 421. P. 22028. doi: 10.1088/1755-1315/421/2/022028
15. The genotypic peculiarities of the consumption and the use of nutrients and energy from the fodder by the purebred and crossbred heifers / T.S. Kubatbekov, V.I. Kosilov, A.P. Kaledin et al. // Journal of Biochemical Technology. 2020. Vol. 11. No. 4. pp. 36-41. ISSN 0974-32328
16. Svyazennina M.A., Krinitsina T.P. Adaptation of Holstein cattle in conditions of KhMAD // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2023. No.3 (101). pp. 340-346. ISSN 2073-0853
17. Ulimbashev M.B., Ulimbasheva R.A., Chetokov O.O. Morphobiological features of the skin and hair covering of cows depending on genetic and paratypical factors // Zootechniya. 2010. No. 10. pp. 16-17. ISSN 0235-2478
18. Compensatory and adaptive mechanisms for the realization of the genetic potential of domestic and imported livestock / M.B. Ulimbashev, A.F. Shevkhuzhev, Zh.T. Alagirova, et al. // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2018. No.3. pp. 78-94. ISSN 0021-342X

Сведения об авторах

Владимир Иванович Косилов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Тел. +79198402301; e-mail: Kosilov_VI@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

Сауле Серекпаевна Жаймышева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. Тел. +79225389927; e-mail: Saule-zhaimysheva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2253-3660>

Татьяна Геннадьевна Герасимова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. Тел. +79878823928; e-mail: tarhova_tata@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-1383-2814>

Лариса Николаевна Бакаева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. Тел. +7961902977; e-mail: bakaeva.lora@mail.ru

Information about the authors

V.I. Kosilov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor. Tel. +79198402301; e-mail: Kosilov_VI@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

S.S. Zhaimysheva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor. Tel. +79225389927; e-mail: Saule-zhaimysheva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2253-3660>

T.G. Gerasimova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor. Tel. +79878823928; e-mail: tarhova_tata@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-1383-2814>

L.N. Bakaeva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor. Tel. +7961902977; e-mail: bakaeva.lora@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 04.10.2023; одобрена после рецензирования 15.10.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 04.10.2023; approved after reviewing 15.10.2023; accepted for publication 17.12.2023.

© Косилов В.И., Жаймышева С.С., Герасимова Т.Г., Бакаева Л.Н., 2023

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 153-164
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 153-164

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК 636.32/.38.033

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/015.4.16.2023

ГЕНЫ-КАНДИДАТЫ, СВЯЗАННЫЕ С ШИРИНОЙ ГРУДИ У ОВЕЦ ПОРОДЫ РОССИЙСКИЙ МЯСНОЙ МЕРИНОС

**Александр Юрьевич Криворучко, Елена Юрьевна Сафарян,
Анастасия Александровна Каниболоцкая, Валерия Александровна Степаненко**
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский
федеральный научный аграрный центр», 356241, Россия, Ставропольский край, Михай-
ловск, ул. Никонова, д. 49. E-mail: info@fnac.center

Аннотация. Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS, Genome- Wide Association Study) в последнее время широко применяется в области генетики и селекции сельскохозяйственных животных. Исследования направлены на выявление вариантов в геномных локусах, связанных с определёнными признаками в популяции, в частности на выявление ассоциаций между распространёнными однонуклеотидными полиморфизмами (single nucleotide polymorphism, SNP) и продуктивными качествами у животных. В работе представлены результаты исследований, посвящённых поиску однонуклеотидных замен и генов-кандидатов, связанных с шириной груди у баранчиков породы российский мясной меринос. Объектом исследования служили клинически здоровые животные ($n = 50$). Экспериментальная работа проводилась в СПК «Племенной завод Вторая Пятилетка» Ипатовского района Ставропольского края. Генотипирование животных выполнялось с использованием *Ovine Infinium HD BeadChip 600K* согласно протоколу производителя. Контроль качества генотипирования проводился с использованием программного обеспечения *PLINK V.1.07*. Для картирования SNP использовали сборку генома *Ovis_Aries_3.1*. В результате проделанных исследований нами обнаружено 13 однонуклеотидных полиморфизмов, ассоциированных с шириной груди у годовалых баранчиков. Локализованы полиморфизмы на 18, 3, 16, 6, 1, 2, 4 хромосомах. Определение местоположения замен даёт возможность обнаружить 11 генов-кандидатов (*LINGO1*, *ANKS1B*, *ENSOARG00000006105*, *CFI*, *USP33*, *IFI44*, *ENSOARG00000025572*, *TMPRSS15*, *ARHGEF26*, *ENSOARG00000014626*, *UPP1*), связанных с шириной груди. Белковые продукты генов участвуют в важных внутриклеточных и физиологических процессах. Дальнейшие исследования позволят подтвердить влияния предложенных генов-кандидатов на фенотип, а также детально рассмотреть их структуры с целью изучения мутаций, вызывающих изменения фенотипа у баранчиков породы российский мясной меринос.

Ключевые слова: овцеводство, ширина груди, мясная продуктивность, российский мясной меринос, полногеномный поиск ассоциаций, однонуклеотидные замены, ген.

Для цитирования: Криворучко А. Ю., Сафарян Е. Ю., Каниболоцкая А.А., Степаненко В. А. Гены-кандидаты, связанные с шириной груди у овец породы российский мясной меринос // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.153-164.

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/015.4.16.2023

Zootechny and veterinary science

Original article

CANDIDATE GENES ASSOCIATED WITH CHEST WIDTH IN THE RUSSIAN MEAT MERINO SHEEP

Aleksandr Y. Krivoruchko, Elena Y. Safarian, Anastasiia A. Kanibolotskaia, Valeriia A. Stepanenko

Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk. Nikonova St., 49. E-mail:info@fnac.center

Abstract. Genome-Wide Association Study (GWAS) has recently been widely used in the field of genetics and selective breeding of farm animals. Researches are aimed at identifying variants in genomic loci, which are associated with specific traits in a population, in particular, identifying associations between common single nucleotide polymorphisms (SNPs) and productive traits in animals. The paper presents the results of studies that are devoted to the search for single nucleotide substitutions and candidate genes, which are associated with chest width in young rams of the Russian Meat Merino breed. The object of the research was clinically healthy animals ($n = 50$). The experimental work was carried out in the agricultural production co-operative “Plemennoi Zavod Vtoraia Piatiletka” in the Ipatovsky District of the Stavropol Territory. Animal genotyping was performed with the use of Ovine Infinium HD BeadChip 600K according to the manufacturer's protocol. Quality control of genotyping was carried out with the use of PLINK V.1.07 software. The genome assembly Ovis_Aries_3.1 was used for SNP mapping. As a result of our research, we discovered 13 single nucleotide polymorphisms, which were associated with chest width in one-year-old rams. Polymorphisms were localized on chromosomes 18, 3, 16, 6, 1, 2, 4. Determining the location of the substitutions allowed us to identify 11 candidate genes (*LINGO1*, *ANKS1B*, *ENSOARG00000006105*, *CFI*, *USP33*, *IFI44*, *ENSOARG00000025572*, *TMPRSS15*, *ARHGEF26*, *ENSOARG00000014626*, *UPP1*), which were associated with chest width. Protein products of genes are involved in important intracellular and physiological processes. Further studies will confirm the influence of the proposed candidate genes on the phenotype, as well as examine their structures in detail in order to study mutations, which cause changes in the phenotype in the Russian Meat Merino young rams.

Keywords: sheep breeding, chest width, meat productivity, Russian Meat Merino, genome-wide association study, single nucleotide substitutions, gene.

For citation: Krivoruchko A. Y., Safarian E. Y., Kanibolotskaia A.A., Stepanenko V. A. Candidate genes associated with chest width in the Russian Meat Merino sheep // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16). P.153-164. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/015.4.16.2023

Введение. Полногеномный анализ ассоциаций (GWAS) является современным инструментом идентификации геномных локусов, связанных с различными признаками у животных. Метод широко применяется в генетике человека и животных. Много лет наблюдается увеличение научных работ, что свидетельствует о его перспективности [1].

Овцеводство считается одним из важных отраслей сельского хозяйства, а баранина – популярным экологически чистым продуктом. С использованием полногеномного анализа ассоциаций в геноме овец были обнаружены локусы, связанные с показателями мясной, шерстной, а также молочной продуктивностью [2]. В 2016 году учёные исследовали выборку из 10 000 овец, что позволило обнаружить около 70 однонуклеотидных полиморфизмов, связанных с мясной продуктивностью, входящих в состав 23-х локусов [3]. В 2022 году учёными была создана Платформа GWAS-MAP ovis, содержащая около 34 миллионов ассоциаций для 80 различных признаков, ассоциированных с мясной продуктивностью у овец. Данная платформа интересна учёным, работающим в области генетики овец, селекционерам для выбора аллелей, связанных с экономически важными признаками, а также перспективных маркеров для селекции [4].

Всё чаще становятся актуальными исследования, направленные на поиск ассоциаций для показателей, определяющих особенности телосложения. Ширина груди считается важным промером, применяемым для экстерьерно-конституциональных характеристик животных. Для проведения полногеномного поиска ассоциаций с параметром «ширина груди» нами выбрана порода российский мясной меринос. Овцы исследуемой породы характеризуются хорошей конституцией, живой массой, достигающей 100 кг, убойным выходом у овец, составляющим 46 %, высоким коэффициентом мясности. У мясных мериносов больше мышечных волокон, они тоньше, в связи с этим мраморность мяса выше [5].

Цель исследования – при помощи полногеномного поиска ассоциаций выявить новые гены-кандидаты, влияющие на ширину груди баранчиков в 12-месячном возрасте породы российский мясной меринос.

Материал и методы исследований. Исследования проводились на базе лабораторий Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства (ВНИИОК) – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Сколковского института науки и технологий «Сколтех», научно-диагностического и лечебного ветеринарного центра ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», племенного завода «Вторая Пятилетка» Ставропольского края. Объектом исследований являлись баранчики породы российский мясной меринос в 12-месячном возрасте ($n = 50$). Животные были клинически здоровы. Подбор групп баранчиков происходил при максимально одинаковых условиях, влияющих на генотип (стадо, условия содержания, рацион кормления). Живая масса определялась путём индивидуального взвешивания с точностью до 0,1 кг с использованием весов Эльтон (Ск) – 150 (Волгоградский Завод Весоизмерительной Техники, Россия). Живая масса перед убоем определялась после суточной голодной выдержки. Доступ к воде был ограничен за 2 часа до убоя.

Геномную ДНК выделяли из образцов цельной крови, взятой в асептических условиях из яремной вены, с использованием набора PureLink Genomic DNA MiniKit (Invitrogen Life Technologies, США) в соответствии с протоколом производителя. Генотипирование животных выполнялось с использованием Ovine Infinium HD BeadChip 600K (Illumina, США) согласно протоколу производителя. Первичную обработку ре-

результатов генотипирования выполняли с использованием программного обеспечения Genome Studio 2.0 (Illumina, США). Контроль качества генотипирования проводился с использованием программного обеспечения PLINK V.1.07. В обработку данных включили образцы с показателем количества выявленных SNP (call rate) больше 0,95. Из анализа исключили SNP с частотой минорных аллелей (MAF – minor allele frequency) меньше 0,01, частотой потерянных генотипов (missing genotype) больше 0,1. С положительным результатом контроль качества генотипирования прошли 49 образцов. Из 606 006 ОНП для дальнейшего анализа использовали 559 721 полиморфизмов. Полногеномный поиск ассоциаций выполняли с использованием программного обеспечения PLINK V.1.07. Достоверными считали различия при $p < 0,05$. Визуализацию и построение графиков производили с применением пакета «QQman» на языке программирования R. Поиск генов-кандидатов осуществлялся среди ближайших генов, расположенных на расстоянии, не превышающем 250 000 п.н. (половина сантиморганиды) от анализируемых SNP. Для картирования SNP использовали сборку генома *Ovis_Aries_3.1*. Аннотирование генов выполняли с использованием геномного браузера Ensembl (www.ensembl.org).

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведения полногеномного поиска ассоциаций для показателя «ширина груди» было выявлено 13 однонуклеотидных полиморфизмов, преодолевших порог достоверности (рисунок 1).

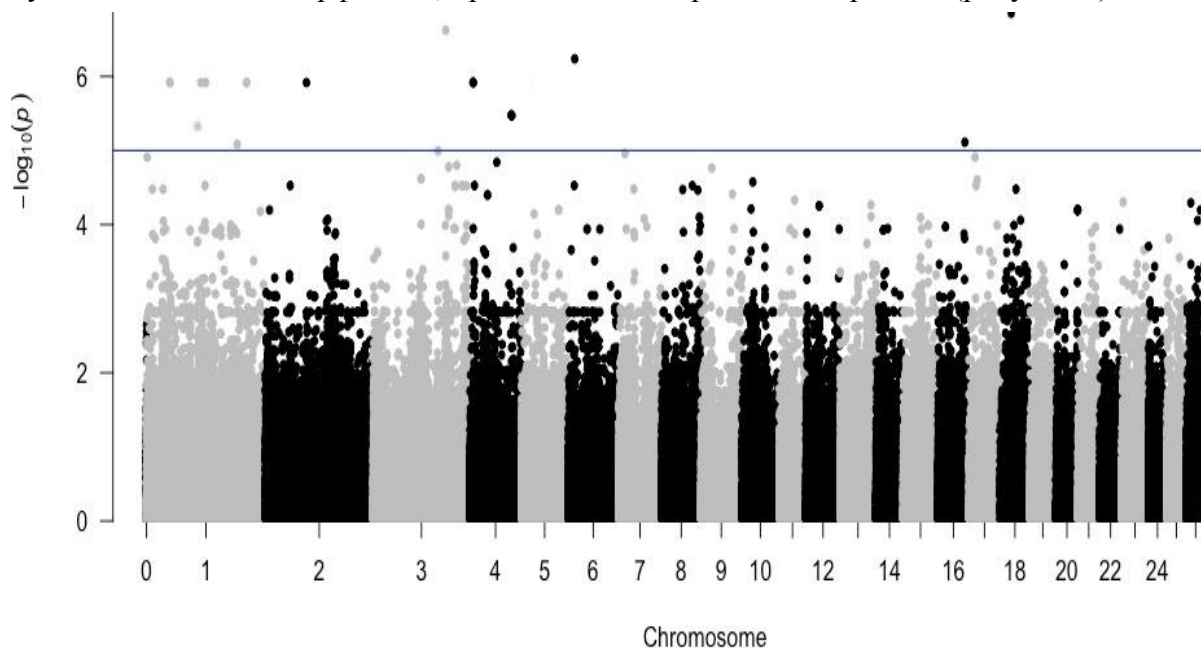


Рисунок 1. Манхэттенский график результатов GWAS с набором значений $-\log_{10}(p)$ для обнаруженных мутаций, достоверно связанных с показателем по всему геному у овец породы российский мясной меринос

Результаты оценки распределения достоверностей различий по хромосомам отражены на квантиль-квантиль графике. Начиная с $-\log_{10}(p) > 5$ наблюдается отклонение от теоретически ожидаемого распределения в случае подтверждения нулевой гипотезы (рисунок 2).

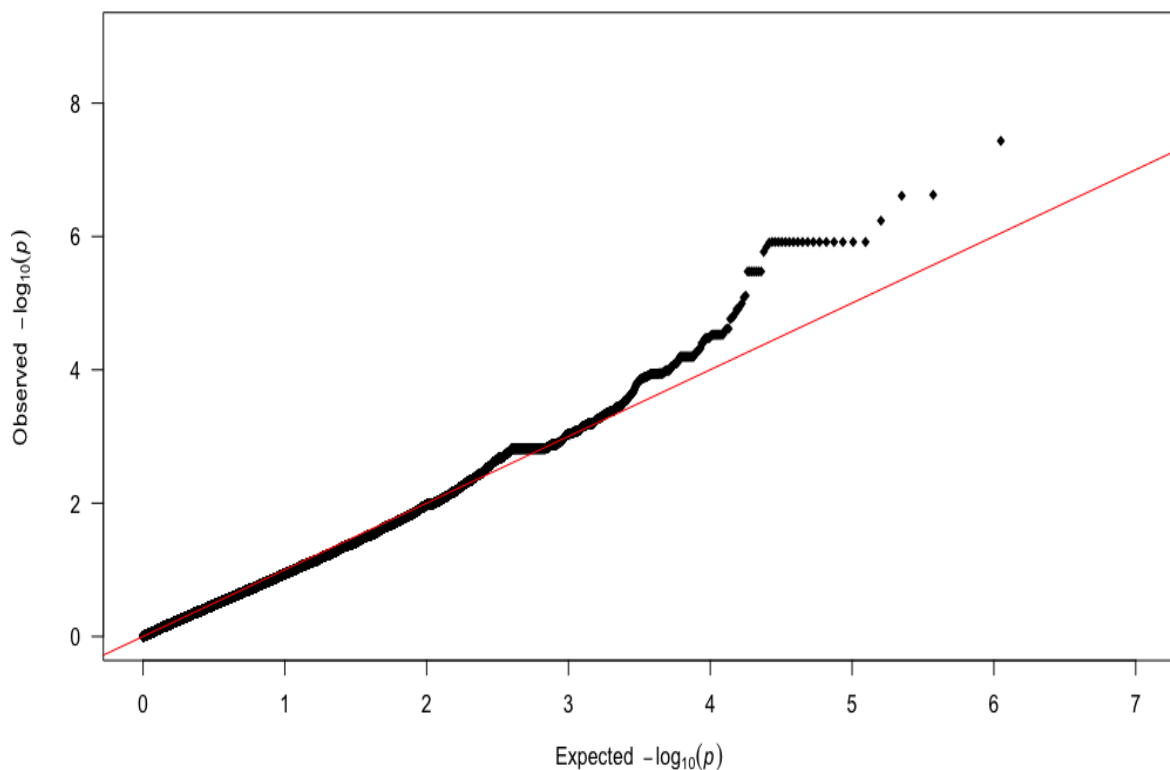


Рисунок 2. Q-Q график, демонстрирующий отклонение от нулевой гипотезы. Точками обозначены значения $-\log_{10}(p)$ для отдельных мутаций

Мутации, имеющие достоверные ассоциации с изучаемым показателем фенотипа, применялись для поисков генов-кандидатов. В области экзона расположены 4 мутации, в интронных областях белок-кодирующих генов локализируются 4 замены. Пять мутаций обнаружены на разном расстоянии от генов в диапазоне, не превышающем критерий отбора от 2 358 п.н. по 100 457 п.н. (таблица 1).

На хромосоме 18 расположен однонуклеотидный полиморфизм rs400011891 на расстоянии 29 094 п.н. от гена *LINGO1* (leucine rich repeat and Ig domain containing 1). Расположен ген *LINGO1* в плазматической мембране, предположительно активен во внеклеточном матриксе и внеклеточном пространстве, вовлечён в аутосомно-рецессивную несиндромную умственную отсталость и глаукому. Ген *LINGO1*, богатый лейцином повтор и домен Ig, содержащий 1, представляет собой ген, кодирующий белок. Заболевания, связанные с геном *LINGO1*, включают нарушение интеллектуального развития, аутосомно-рецессивный 64-й синдром и эссенциальный тремор. Среди связанных с ним путей – опосредованная рецептором NTR передача сигналов и регуляция ремоделирования цитоскелета актина цитоскелетом Rho GTPases. Важным паралогом этого гена выступает *LINGO2*, он является функциональным компонентом сигнального комплекса рецептора Nogo (RTN4R/NGFR) при активации RhoA, ответственным за некоторое ингибирование регенерации аксонов миелин-ассоциированными факторами. Ген *LINGO1*, являясь важным негативным регулятором дифференцировки олигодендроцитов и аксональной миелинизации, действует совместно с RTN4 и RTN4R в регу-

ляции подвижности клеток-предшественников нейронов во время развития коры. В работе F. Llorens было доказано, что ген *LINGO1* играет важную роль в дифференцировке олигодендроцитов во время развития мозга. Функции гена у овец не описаны.

Таблица

Характеристика однонуклеотидных замен,
связанных с шириной груди у овец породы российский мясной меринос

№	SNP	Хромосома: позиция	P	Аллель	Ген/расстояние до гена
1.	rs400011891	18:31767420	3.680e-08	C/T	<i>LINGO1</i> leucine rich repeat and Ig domain containing 1/intergenic variant 29 094 п.н.
2.	rs425391843	3:168446684	2.367e-07	T/C	<i>ANKS1B</i> ankyrin repeat and sterile alpha motif domain containing 1B/intron 14-15
3.	rs424202477	16:24163075	2.450e-07	C/T	<i>ENSOARG00000006105</i> /downstream gene variant 2 358 п.н.
4.	rs429465140	6:15717330	5.794e-07	T/C	<i>CFI</i> complement factor I/Exon 2
5.	rs421479573	1:53545710	1.209e-06	T/C	<i>USP33</i> ubiquitin specific peptidase 33/intron 22-23
6.	rs413077159	1:54595612	1.209e-06	G/A	<i>IFI44</i> interferon induced protein 44/intergenic variant 100 457 п.н.
7.	rs416671447	1:125910023	1.209e-06	T/C	<i>ENSOARG00000025572</i> LincRNA/intergenic variant 68 122 п.н.
8.	rs416619535	1:137029012	1.209e-06	A/G	<i>TMPRSS15</i> transmembrane serine protease 15/Exon 13
9.	rs421122282	1:231576616	1.209e-06	G/A	<i>ARHGEF26</i> Rho guanine nucleotide exchange factor 26/intron 8-9
10.	rs403314041	1:231584661	1.209e-06	G/A	<i>ARHGEF26</i> Rho guanine nucleotide exchange factor 26/Exon 6
11.	rs430806148	2:94888872	1.209e-06	T/G	<i>ENSOARG00000014626</i> /Exon 8
12.	rs400144488	4:7578081	1.209e-06	C/T	<i>UPP1</i> uridine phosphorylase 1/intron 1-2
13.	rs416848975	4:7587823	1.209e-06	A/G	<i>UPP1</i> uridine phosphorylase 1/intergenic variant 9 468 п.н.

Учитывая биологическую важность гена *LINGO1*, необходимо дальнейшее исследование его влияния на продуктивные показатели животных [6].

На хромосоме 3 в интроне гена *ANKS1B* (ankyrin repeat and sterile a lpha motif domain containing 1B) локализуется мутация rs425391843. Этот ген кодирует многодоменный белок, преимущественно экспрессирующийся в головном мозге. Данный белок взаимодействует с предшественником бета-амилоидного белка (AbetaPP) и может играть роль в нормальном развитии мозга. Было доказано, что экспрессия этого гена повышается у пациентов с пре-В-клеточным острым лимфолейкозом, ассоциированным с транслокацией. Для этого гена описаны альтернативные варианты сплайсированных транскриптов, кодирующих различные изоформы, некоторые с различной субклеточной локализацией. Заболевания, связанные с *ANKS1B*, включают несовершенный остеогенез, менингиому IX типа и супратенториальную менингиому. Среди связанных с ним путей – дифференцировка эктодермы. Важным паралогом данного гена является *ANKS1A*. Ген *ANKS1B* участвует в регуляции взаимодействий белков нуклеоплазматической спирали в нейронах и трансформированных клетках, регулирует глобальный синтез белка путём изменения числа ядрышек. L. Zhang и компания предложили ген *ANKS1A* в качестве кандидата по росту и развитию у овец. Также было доказано, что ген *ANKS1A* связан с ростом, упитанностью и составом тела у овец. Имеющие данные гена *ANKS1B* позволяют рассматривать его как потенциальный маркер продуктивности для овец породы российский мясной меринос [7].

Замена rs424202477 расположена на 16-й хромосоме 2 358 п.н. от гена *ENSOARG00000006105*. Биологическая роль его не описана, но выявленная взаимосвязь с параметром «ширина груди» даёт возможность рассматривать ген как кандидата мясной продуктивности.

На хромосоме 6 выявлена мутация rs429465140, расположенная во 2-м экзоне гена *CFI* (complement factor I). Ген кодирует сериновую протеиназу, необходимую для регуляции каскада комплемента. Кодируемый препропротеин расщепляется с образованием как тяжелых, так и лёгких цепей, связанных дисульфидными связями с образованием гетеродимерного гликопротеина. Этот гетеродимер может расщеплять и инактивировать компоненты комплемента C4b и C3b и предотвращать сборку ферментов конвертазы C3 и C5. Дефекты в данном гене вызывают дефицит фактора комплемента I, аутомно-рецессивное заболевание, связанное с восприимчивостью к пиогенным инфекциям. Мутации в этом гене были связаны с предрасположенностью к атипичному гемолитико-уремическому синдрому, заболеванию, характеризующемуся острой почечной недостаточностью, микроангиопатической гемолитической анемией и тромбоцитопенией. Первичный гломерулонефрит с иммунными отложениями и возрастная дегенерация жёлтого пятна являются другими состояниями, связанными с мутациями этого гена. В своих исследованиях учёные выявили мутации гена *CFI*, связанные с развитием атипичного гемолитико-уремического синдрома 3-го типа, дефицитом фактора I и возрастной дегенерацией жёлтого пятна. По нашему мнению, ген *CFI* необходимо рассмотреть в качестве кандидата продуктивности у овец породы российский мясной меринос [8, 9, 10].

Замена rs421479573 расположена на 1-й хромосоме в интронной области гена *USP33* (ubiquitin specific peptidase 33). Этот ген кодирует деубиквитирующий фермент, участвующий в различных процессах, таких как дублирование центросом, клеточная миграция и переработка бета-2-адренергического рецептора/ADRB2; участвует в миграции клеток посредством взаимодействия с внутриклеточным доменом ROBO1,

что приводит к регуляции передачи сигналов; играет роль в направлении комиссуральных аксонов через вентральную срединную линию нервной трубки зависимым от щели образом, возможно, опосредуя деубиквитинирование ROBO1; действует как регулятор передачи сигналов, связанных с рецептором G-белка (GPCR). Данный ген играет центральную роль в рециркуляции ADRB2 и ресенсибилизации после длительной стимуляции агонистами путём конститутивного связывания ADRB2. При диссоциации он переносится на транслоцированные бета-аррестины, что приводит к деубиквитинированию бета-аррестина и отделению от ADRB2. Это предполагает существование динамического обмена между ADRB2 и бета-аррестинами. Деубиквитинирует DIO2, тем самым регулируя регуляцию гормонов щитовидной железы. Опосредует деубиквитинирование как Lys-48, так и Lys-63-связанных цепей полиубиквитина. У овец функция гена *USP33* не описана. Учитывая биологическую важность гена *USP33*, необходимо дальнейшее исследование его влияния на продуктивные показатели животных [11].

На хромосоме 1 локализуется однонуклеотидная замена rs413077159 на расстоянии 100 457 п.н. от гена *IFI44* (interferon induced protein 44), участвующего в иммунном ответе. Транскрипт мРНК этого гена состоит из 4 последовательностей, полученных с помощью онлайн-инструмента GenBank. Сравнительный геномный анализ показывает, что *IFI44* содержит сайт связывания с гуанозин-5'-трифосфатом (GTP) и не имеет гомологии с GTPазами или G-белками. В 2022 году учёные провели секвенирование 100 образцов 10 различных пород овец. Обнаруженная в гене *IFI44* мутация с. 54413058 C > G была выбрана для генотипирования и популяционной генетической валидации. Результаты показали, что полиморфизм гена *IFI44* связан с признаками частичного иммунитета. Имеющие исследования гена *IFI44* позволяют рассматривать его как потенциальный маркер продуктивности [12].

На 1-й хромосоме обнаружена замена rs416671447 на расстоянии 68 122 п.н. от длинной межгенной некодирующей РНК (*lincRNA*) *ENSOARG00000025572*. Длинные межгенные некодирующие РНК не связаны с известными структурными образованиями, действуют как регуляторный фактор. Гены *lincRNA* менее эволюционно консервативны, чем гены, кодирующие белок. В частности, их экзоны, как правило, более дивергентны по сравнению с их промоторами и некоторыми короткими участками их последовательностей. Некодирующие РНК участвуют во многих биологических процессах и всё чаще рассматриваются как важные. Также в случае с белками именно общая структура молекулы придаёт им функцию. Участие *lincRNA* в биологических процессах организма позволяет отнести ген *ENSOARG00000026317* к потенциальным генам-кандидатам мясной продуктивности у овец [13].

На хромосоме 1 в гене *TMPRSS15* (transmembrane serine protease 15) выявлена замена rs 416619535. Мутация расположена в кодирующей области. Ген кодирует фермент, превращающий профермент поджелудочной железы трипсиноген в трипсин, активирующий другие проферменты, включая химотрипсиноген и прокарибосипептидазы. Белок-предшественник расщепляется на 2 цепи, образующие гетеродимер, связанный дисульфидной связью. Этот белок – член семейства пептидаз трипсина. Мутации в данном гене вызывают дефицит энтерокиназы, нарушение всасывания, характеризующееся диареей и неспособностью к размножению [14].

На хромосоме 1 в гене *ARHGEF26* (Rho guanine nucleotide exchange factor 26) обнаружены 2 мутации, rs421122282 (интрона 8-9) и rs403314041 (экзон 6). Ген *ARHGEF26* кодирует члена семейства Rho-guanine nucleotide exchange factor (Rho-GEF). Эти белки регулируют Rho GTPases, катализируя обмен GDP на GTP. Кодированный бе-

лок специфически активирует RhoG и играет роль в стимулировании макропиноцитоза. Недостаточная экспрессия кодируемого белка может быть прогностическим маркером химиорезистентного заболевания. Для данного гена наблюдались альтернативные варианты сплайсированных транскриптов, кодирующих несколько изоформ. У овец функция гена *ARHGEF26* не описана. Необходимо провести дальнейшее исследование его влияния на продуктивные показатели животных [15].

На 2-й хромосоме выявлена мутация rs430806148, расположенная в кодирующей области гена *ENSOARG00000014626*. Несмотря на то, что биологическая роль гена не описана, считаем необходимым изучить и использовать его в качестве маркера продуктивности.

На 4-й хромосоме в интронной области гена *UPP1* (uridine phosphorylase 1) обнаружена однонуклеотидная замена rs400144488, а также на расстоянии 9 468 п.н. от него выявлена замена rs416848975. Ген *UPP1* кодирует уридинфосфорилазу, фермент, катализирующий обратимое фосфорилирование уридина (или 2'-дезоксинуридина) до урацила и рибоза-1-фосфата (или дезоксирибоза-1-фосфата). Кодируемый фермент функционирует при деградации и спасении пиримидиновых рибонуклеозидов. Экспрессия *UPP1* ассоциирована с множеством злокачественных опухолей, включая колоректальный рак, рак молочной железы, рак поджелудочной железы и карцинома щитовидной железы. У овец функция гена не изучалась. Необходимо провести дополнительные исследования для рекомендации гена *UPP1* в качестве кандидата продуктивности у овец российский мясной меринос [16].

Заключение. В ходе проделанной работы выявлены достоверные ассоциации между шириной груди и 13-тью однонуклеотидными полиморфизмами, расположенные на хромосомах 18, 3, 16, 6, 1, 2, 4 у овец породы российский мясной меринос. По нашему мнению, выявленные полиморфизмы могут быть предложены в качестве маркеров продуктивности для селекции овец. Однако связь SNP с экстерьерными показателями необходимо подтвердить в дальнейших исследованиях. Определение местоположения замен позволило выявить 11 генов-кандидатов (*LINGO1*, *ANKS1B*, *ENSOARG00000006105*, *CFI*, *USP33*, *IFI44*, *ENSOARG00000025572*, *TMPRSS15*, *ARHGEF26*, *ENSOARG00000014626*, *UPP1*), связанных с шириной груди у овец породы российский мясной меринос. Функциональные и структурные особенности генов разнообразны. Дальнейшие исследования должны быть направлены на подтверждения связи предложенных генов-кандидатов на фенотип овец, а также на изучение структуры генов для выявления новых однонуклеотидных замен.

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Список источников

1. 10 лет открытия GWAS: биология, функция и перевод / М. Visscher, R. Wray, Q. Zhang, et. al // Am. J. Hum. Ген. 2017. V. 101 (1). P. 5–22. Doi:10.1016/j.ajhg.2017.06.005.
2. Обзор геномных областей и генов-кандидатов, связанных с экономически важными признаками производства и размножения у овец (*Ovis aries*) / G. Gebreselassie, H. Berihulay, L. Jiang et. al. // Животные. 2019. V. 10. № 1. P. 33–38. doi.org/10.3390/ani10010033.

3. Детальное фенотипирование идентифицирует гены с плейотропным действием на состав тела / S. Bolormaa, B. Hayes, J. Pethick et al. // BMC Геномика. 2016. V.17 (1). P.202-222. doi:10.1186/s12864-016-2538-0. 10.1186/s12864-016-2538-0.
4. Платформа GWAS-MAP|ovis для хранения и анализа результатов полногеномных ассоциативных исследований овец. А.В. Кириченко, А.С. Злобин, Т.И. Шашкова и др. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022. № 26 (4). С. 378–384. doi 10.18699/VJGB-22-46body composition.
5. Временный порядок и условия проведения бонитировки племенных овец породы российский мясной меринос. Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2017. № 2. (10). С. 16–23.
6. Анализ развития экспрессии белка Lingo-1/Lern1 в мозге мыши: взаимодействие его внутриклеточного домена с Myt1l/F. Llorens, V. Gil, S. Iraola et al. // Лауро Сумой. 2008. V.68 (4). П. 521-41.doi: 10.1002/dneu.20607.
7. Multiple-trait QTL mapping and genomic prediction for wool traits in sheep/ S. Bolormaa, A. Swan, D. Brown et. al. // Genetics Selection Evolution. 2017. T.15. V.49(1). P.62-74. doi: 10.1186/s12711-017-0337-y.
8. Genetics of HUS: the impact of MCP, CFH, and IF mutations on clinical presentation, response to treatment, and outcome / J. Caprioli, M. Noris, S. Brioschi et. al. // Blood. 2006. V.108. P. 1267-1279. [PubMed: 16621965]. doi.org/10.1182/blood-2005-10-007252.
9. Molecular characterization of homozygous hereditary factor I deficiency / G. Baracho, V. Nudelman, L. Isaac et. al. // Clin. Exp. Immun. 2003. V.131. P. 280-286. doi.org/10.1046/j.1365-2249.2003.02077.x.
10. Rare genetic variants in Tunisian Jewish patients suffering from age-related macular degeneration/ E. Pras, D. Kristal, N. Shoshany et. al. // Med. Genet. 2015. V. 52. P. 484-492. doi.org/10.3390/genes10100825.
11. Reduced Expression of Deubiquitinase USP33 Is Associated with Tumor Progression and Poor Prognosis of Gastric Adenocarcinoma / Y. Chen, X. Pang, L. Ji et. al. // Med Sci Monit. 2018. V. 24. P.3496–3505. doi: 10.12659/MSM.908075.
12. Whole-genome resequencing reveals molecular imprints of anthropogenic and natural selection in wild and domesticated sheep / D. Zhang, X. Zhang, F. Li et. al. // Zool Res. 2022. T.18. V.43(5). P. 695–705. doi: 10.24272/j.issn.2095-8137.2022.124.
13. Chang H. Review long noncoding RNAs: cellular address codes in development and disease/ P. Batista, K. Wang, H. Chang et. al. // Cell. 2013. V. 152. P.1298-1307. doi.org/10.1016/j.cell.2013.02.012.
14. Enterokinase deficiency with novel TMPRSS15 gene mutation masquerading as acrodermatitis enteropathica / Y. Chen, Z. Li, C. Liu et. al. // Pediatr Dermatol. 2023. V. 40(2). P.389-391. doi.org/10.1111/pde.15197.
15. Vion A., Loirand G. ARHGEF26: a new player in vascular endothelial growth factor receptor 2 trafficking // Cardiovasc Res. 2022. V.118(13), P. 2735–2736. doi.org/10.1093/cvr/cvac149.
16. Uridine phosphorylase 1 is a novel immunerelated target and predicts worse survival in brain glioma/ J. Wang, S. Xu, W. Lv et al. // Cancer Med. 2020. V. 9(16). P.5940-5947. doi.org/10.1002/cam4.3251.

References

1. Visscher M, Wray R., Zhang Q., et. al 10 years of GWAS discovery: biology, function, and translation. // *Am. J. Hum. Genet.* 2017; 101(1): P. 5-22. DOI 10.1016/j.ajhg.2017.06.005.
2. Gebreselassie G, Berihulay H., Jiang L, et. al. Review on Genomic Regions and Candidate Genes Associated with Economically Important Production and Reproduction Traits in Sheep (*Ovis aries*). *Animals.* 2019;10(1), P. 33-38. <https://doi.org/10.3390/ani10010033>.
3. Bolormaa S, Hayes B, Julius W, et. al Detailed phenotyping identifies genes with pleiotropic effects on body composition. *BMC Genomics.* 2016;17(1), P. 202-222. doi:10.1186/s12864-016-2538-0. 10.1186/s12864-016-2538-0.
4. Kirichenko A, Zlobin A, Shashkova T, et. al The GWAS-MAP|ovis platform for aggregation and analysis of genome-wide association study results in sheep. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding* 2022; 26(4) P. 378-384. DOI 10.1186/s12864-016-2538-0.
5. Selionova M, Shumaenko S, Efimova N, Surov A, Bobryshov S, Temporary procedure and conditions for the assessment of breeding sheep of the Russian meat merino breed. Collection of scientific works of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding. 2017. No. 2. (10). P. 16–23.
6. Llorens F, Gil V, Iraola S, et. al. Developmental analysis of Lingo-1/Lern1 protein expression in the mouse brain: interaction of its intracellular domain with Myt1l // *Developmental Neurobiology.* 2008. V.68 (4). P. 521-41. doi: 10.1002/dneu.20607.
7. Multiple-trait QTL mapping and genomic prediction for wool traits in sheep/ S. Bolormaa, A. Swan, D. Brown et. al. // *Genetics Selection Evolution.* 2017. T.15. V.49(1). P. 62-74. doi: 10.1186/s12711-017-0337-y.
8. Genetics of HUS: the impact of MCP, CFH, and IF mutations on clinical presentation, response to treatment, and outcome / J. Caprioli, M. Noris, S. Brioschi et. al. // *Blood.* 2006. V.108. P. 1267-1279. [PubMed: 16621965]. doi.org/10.1182/blood-2005-10-007252.
9. Molecular characterization of homozygous hereditary factor I deficiency / G. Baracho, V. Nudelman, L. Isaac et. al. // *Clin. Exp. Immun.* 2003. V.131. P. 280-286. doi.org/10.1046/j.1365-2249.2003.02077.x.
10. Rare genetic variants in Tunisian Jewish patients suffering from age-related macular degeneration/ E. Pras, D. Kristal, N. Shoshany et. al. // *Med. Genet.* 2015. V. 52. P. 484-492. doi.org/10.3390/genes10100825.
11. Reduced Expression of Deubiquitinase USP33 Is Associated with Tumor Progression and Poor Prognosis of Gastric Adenocarcinoma / Y. Chen, X. Pang, L. Ji et. al. // *Med Sci Monit.* 2018. V. 24. P.3496–3505. doi: 10.12659/MSM.908075.
12. Whole-genome resequencing reveals molecular imprints of anthropogenic and natural selection in wild and domesticated sheep / D. Zhang, X. Zhang, F. Li et. al. // *Zool Res.* 2022. T.18. V.43(5). P. 695–705. doi: 10.24272/j.issn.2095-8137.2022.124.
13. Chang H. Review long noncoding RNAs: cellular address codes in development and disease/ P. Batista, K. Wang, H. Chang et. al. // *Cell.* 2013. V. 152. P.1298-1307. doi.org/10.1016/j.cell.2013.02.012.
14. Enterokinase deficiency with novel TMPRSS15 gene mutation masquerading as acrodermatitis enteropathica / Y. Chen, Z. Li, C. Liu et. al. // *Pediatr Dermatol.* 2023. V. 40(2). P.389-391. doi.org/10.1111/pde.15197.
15. Vion A., Loirand G. ARHGEF26: a new player in vascular endothelial growth factor receptor 2 trafficking // *Cardiovasc Res.* 2022. V.118(13), P. 2735–2736.

doi.org/10.1093/cvr/cvac149.

16. Uridine phosphorylase 1 is a novel immunerelated target and predicts worse survival in brain glioma/ J. Wang, S. Xu, W. Lv et al. // Cancer Med. 2020. V. 9(16). P.5940-5947. doi.org/10.1002/cam4.3251.

Сведения об авторах

Александр Юрьевич Криворучко, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, тел.: 8-918-881-43-27, e-mail: rcvm@yandex.ru. ORCID 0000-0003-0130-3639.

Елена Юрьевна Сафарян, кандидат биологических наук, научный сотрудник, тел.: 8-903-409-24-72, e-mail: telegina.helen@yandex.ru. ORCID 0000-0002-2049-842X.

Анастасия Александровна Каниболоцкая, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, тел.: 8-961-456-99-25, e-mail: dorohin.2012@inbox.ru. ORCID 0000-0003-3003-4175.

Валерия Александровна Степаненко, младший научный сотрудник, тел.: 8-988-734-24-23, e-mail: stepanenko-lera@mail.ru. ORCID 0009-0005-7740-450X.

Information about the authors

A. Y. Krivoruchko, Doctor of Biological Science, Chief Researcher, 8-918-881-43-27. e-mail: rcvm@yandex.ru. ORCID 0000-0003-0130-3639.

E.Y. Safarian, Candidate of Biological Sciences, Researcher, 8-903-409-24-72. e-mail: telegina.helen@yandex.ru. ORCID 0000-0002-2049-842X.

A. A. Kanibolotskaia, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, 8-961-456-99-25. e-mail: dorohin.2012@inbox.ru. ORCID 0000-0003-3003-4175.

V. A. Stepanenko, Junior Researcher, 8-988-734-24-23, e-mail: stepanenko-lera@mail.ru. ORCID 0009-0005-7740-450X.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.11.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 12.11.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.165-178
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 165-178

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК 636.082.12:636.22/.28.033

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/016.4.16.2023

АССОЦИАЦИЯ ОДНОНУКЛЕОТИДНЫХ ПОЛИМОРФИЗМОВ В ГЕНАХ *LEP*, *SCD*, *FABP4* С ЖИВОЙ МАССОЙ У МЯСНОГО СКОТА КАЛ- МЫЦКОЙ ПОРОДЫ

**Анатолий Фоадович Шевхужев¹, Анастасия Александровна Каниболоцкая¹,
Лариса Николаевна Скорых¹, Лидия Валентиновна Кононова¹,
Дмитрий Николаевич Вольный²**

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, г.Михайловск, e-mail: info@fnac.center

²Государственное казенное учреждение «Центр племенных ресурсов», Россия, г.Ставрополь, e-mail: plemcentr@mail.ru

Аннотация. Ускорение селекционного процесса в последние десятилетие происходит по пути развития генетики на молекулярном уровне, определении и исследовании генов, связанных с развитием организма и экономически значимыми признаками продуктивности животных. Вследствие вышеизложенного, основной целью исследований явилось изучение однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) в генах лептина (*LEP*), стеароил-КоА-десатуразы (*SCD*) и гена, ответственного за регуляцию внутриклеточного белка, связывающего жирные кислоты (*FABP4*), а также определение ассоциаций с живой массой у мясного скота калмыцкой породы. Проведённые молекулярно-генетические исследования участка гена *LEP* позволили выявить в его структуре у крупного рогатого скота калмыцкой породы 3 однонуклеотидных полиморфизма: с.73Т>С, с.196-121С>Т, г.92436333Г>А. В гене *FABP4* идентифицировали 4 однонуклеотидных полиморфизма –с.220А>Г, с.328Г>А, с.408А>Г, с.388Г>С, а в гене *SCD* – один SNP – Т878С. Выявлена ассоциация генотипов обнаруженных полиморфизмов в генах *LEP*, *SCD* и *FABP4* с живой массой в 8-месячном возрасте в исследуемой популяции мясного скота. Так, установлено, что особи СС, СТ и АГ, GG генотипов полиморфизмов с.73Т>С и г.92436333Г>А гена *LEP* превосходили животных ТТ и АА генотипов по величине живой массы на 9,5, 7,3, 13,0 и 11,7 % соответственно. Выявлено, что животные, несущие в гомозиготном и гетерозиготном состоянии аллель Т в полиморфизме Т878С гена *SCD*, отличались наибольшим (на 17,7 и 20,1 %) значением по живой массе, чем молодняк СС генотипа. Животные – носители гомозиготного АА генотипа однонуклеотидного полиморфизма с.408А>Г в гене *FABP4* имели наибольшую живую массу среди всех исследованных животных по данному гену. Проведённые исследования позволили получить новые сведения о наличии ассоциации генотипов однонуклеотидных полиморфизмов в генах *LEP*, *SCD* и *FABP4* с признаками роста в популяции мясного скота калмыцкой породы.

Ключевые слова: лептин, стеароил-КоА-десатураза, однонуклеотидный полиморфизм (SNP), живая масса, крупный рогатый скот, генотип, калмыцкая порода

Для цитирования: Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в генах *LEP*, *SCD*, *FABP4* с живой массой у мясного скота калмыцкой породы / А.Ф.Шевхужев, А.А. Каниболоцкая, Л.Н.Скорых, Л.В. Кононова, Д.Н. Вольный // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.165-178. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/016.4.16.2023

Zootechny and veterinary science

Original article

ASSOCIATION OF SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISM IN *LEP*, *SCD*, *FABP4* GENES WITH LIVE WEIGHT IN BEEF CATTLE OF THE KALMYK BREED

Anatoly F. Shevkhuzhev¹, Anastasia A. Kanibolotskaia¹, Larisa N. Skorykh¹, Lidiia V. Kononova¹, Dmitriy N. Volnyi²

¹ FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk, e-mail: info@fnac.center

² State Public Institution “Center of Breeding Resources”, Russia, Stavropol, e-mail: plemcentr@mail.ru

Abstract. The acceleration of the selection process in the last decade goes along with the development of genetics at the molecular level, the identification and study of genes, which are associated with the development of the organism and economically important traits of animal productivity. Therefore, the main purpose of the research was to study single nucleotide polymorphisms (SNP) in the genes of leptin (*LEP*), stearyl-CoA desaturase (*SCD*) and the gene, which is responsible for the regulation of intracellular fatty acid-binding protein (*FABP4*), as well as to determine associations with live weight in beef cattle of the Kalmyk breed. Molecular genetic studies of the *LEP* gene region made it possible to identify three single-nucleotide polymorphisms in its structure in Kalmyk cattle: c.73T>C, c.196-121C>T, g.92436333G>A. Four single nucleotide polymorphisms c.220A >G, c.328G >A, c.408A >G, c.388G >C were identified in the *FABP4* gene, and one SNP – T878C was identified in the *SCD* gene. An association of genotypes of detected polymorphisms in the *LEP*, *SCD* and *FABP4* genes with live weight at the age of 8 months in the studied population of beef cattle was identified. Thus, it was found that animal individuals of CC, CT and AG, GG genotypes of c.73T>C and g.92436333G>A polymorphisms of the *LEP* gene exceeded animals of TT and AA genotypes in live weight by 9,5, 7,3, 13,0 and 11,7%, respectively. It was found out that animals, which carried the T allele in a homozygous and heterozygous state in the T878C polymorphism of the *SCD* gene, differed in greater live weight than young animals of the CC genotype by 17,7 and 20,1%. Animals, which carried the homozygous AA genotype of single nucleotide polymorphism c.408A>G in the *FABP4* gene, had the greatest live weight among all studied animals for this gene. The conducted studies made it possible to obtain new information about the presence of associations of genotypes of single nucleotide polymorphisms in the *LEP*, *SCD* and *FABP4* genes with growth characteristics in the population of Kalmyk beef cattle.

Keywords: leptin, stearyl-CoA desaturase, single nucleotide polymorphism (SNP), live weight, cattle, genotype, Kalmyk breed

For citation: Association of single nucleotide polymorphism in *LEP*, *SCD*, *FABP4* genes with live weight in beef cattle of the Kalmyk breed / A.F. Shevkhuzhev, A.A. Kani-

bolotskaia, L.N. Skorykh, L.V. Kononova, D.N. Volnyi // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16). P.165-178. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/016.4.16.2023

Введение. Прогресс в области кормления животных, воспроизводства, количественной генетики, развития молекулярной генетики, протеомики и функциональной геномики открывает новые перспективы для мясной промышленности. Потенциальное влияние молекулярной генетики на сельскохозяйственных животных велико, особенно в отношении такого признака, как качество мяса, который трудно измерить [1, 2, 3]. Ведь получить «мраморное мясо» от молочного скота не представляется возможным, а именно такая говядина становится наиболее популярной у потребителя. Изучение экспрессии генов в связи с различными производственными и качественными характеристиками позволит лучше понять генетические и молекулярные механизмы, участвующие в формировании признаков качества [4, 5].

Одной из основных целей животноводов и исследователей является улучшение роста и послеубойных характеристик туш животных. Размер тела считается инструментом для мониторинга роста животных в период откорма. Контролируя развитие каждого животного, можно добиться более высокой прибыли за счёт повышения эффективности рационов и управления ими [6].

Применяемые на протяжении многих лет методы отбора желательных особей по фенотипу не потеряли своей значимости, и многие достижения реализовывались благодаря процессу, который медленно ускоряется в последние годы, особенно в отношении качества мяса. Действительно, признак качества мяса трудно улучшить с помощью традиционного отбора, потому что наследуемость параметров, характеризующих качество мяса, низкая, а измерить качественный признак сложно, дорого и возможно только после убоя [7].

В настоящее время использование информации, полученной в результате геномного анализа, считается эффективной альтернативой для корректировки стратегий селекции и сохранения скота с желаемыми признаками. Внедрение передовых геномных технологий в селекционный процесс позволит добиться существенного увеличения мясной продуктивности при условии рационального использования генетических ресурсов.

Среди основных достижений в области геномного анализа является разработка комплексной системы геномной оценки на основе полиморфизмов или SNP. Данные о полиморфизмах позволили идентифицировать гаплотипы с различным селективным давлением и эволюционными паттернами, связанными с формированием породы и иными способами генетического улучшения популяций различными методами селекции. Новые знания помогли обозначить векторы для генетического улучшения поголовья [8].

Геномная оценка обеспечивает отбор в раннем онтогенезе потенциально высокопродуктивных по мясным показателям животных с особо ценными вариациями аллелей для дальнейшего воспроизводства, что позволяет существенно сократить сроки совершенствования мясных стад.

В последнее время наибольший интерес проявляется к исследованиям, направленным на выявление генетического полиморфизма в генах, связанных с формированием количественно-качественных параметров мясной продуктивности крупного рогатого скота у разных пород.

Качество мяса – это многокомпонентный фенотип, состоящий из многих характеристик, являющихся основными факторами ценообразования на продукт и принятия его потребителями. Качественные показатели мяса относятся к важным параметрам, к которым можно причислить: содержание внутримышечного жира, оптимальный состав жирных кислот, цвет, нежность, вкус, сочность, аромат. Хорошо известно, что многие факторы, связанные с генетическими особенностями животных и условиями окружающей среды, регулируют показатели качества туши и мяса мясного скота [9]. Наблюдаемые и измеряемые признаки туши важны для определения показателей качества мяса. Такие характеристики, как площадь мышечного глазка и глубина подкожного жира, указывают на количество товарной туши, в то время как мраморность является важным показателем качества мяса, пригодного для употребления в пищу [10].

Ген лептина *LEP* был идентифицирован как перспективный ген, ответственный за увеличение веса, ростовые характеристики, накопление энергии и липидный обмен [11, 12].

Ген *LEP* крупного рогатого скота картирован на хромосоме 4 и содержит 3 экзона и 2 интрона, опосредуется экспрессией *LEPR* (рецептора лептина) в гипоталамусе. *LEP* синтезируется и экспрессируется преимущественно белыми адипоцитами с концентрацией 16 кДа, главным образом в белой жировой ткани, но также в скелетных мышцах, эпителии молочной железы, желудка и плаценте в меньших пропорциях. Ген лептина продуцирует гормон лептин, секретирующийся жировой тканью и играющий важную роль в энергетическом балансе, регулируя потребление корма, эндокринную и иммунную функции [12-13].

Известно о влиянии полиморфизмов в гене *LEP* у аборигенного корейского скота на продуктивные качества. Известно, что генотип *ССKpn2 I* оказывал значительно большее влияние на толщину жира на спине и площадь длинных мышц, чем генотип *ТТ*. Генотип *ААMspI* оказал более высокое влияние на показатель мраморности, чем генотипы *АВ* и *ВВ* [14]. Также носители гаплотипа *С/С* в полиморфизмах *С73Т* и *С528Т* при исследовании популяции абердин-ангусского мясного скота демонстрировали максимальные приросты живой массы, однако телки с комбинациями *ТТ/СТ* и *СТ/СТ* имели более высокую живую массу перед убоем [15].

Кроме того, в популяции абердин-ангусской породы и их помесей с породами симментальская и лимузин установлено, что особи *ТТ* генотипа полиморфизма *UASMS2* гена *LEP* отличались более высокими баллами по органолептическим свойствам мяса, в сравнении с носителями *СС* и *СТ* генотипов. В мясе у животных – носителей генотипа *СС* наблюдалось меньше жира, окружающего филейную часть, чем у животных с генотипом *СТ* и *ТТ* [16].

Мышечная ткань является основной тканью организма, определяющей пищевую ценность мяса. Состав жирных кислот – важный фактор для оценки качества говядины на коммерческом рынке. Жировая ткань, содержащая большое количество мононенасыщенных жирных кислот, может способствовать получению высококачественной говядины, поскольку приводит к более низкой температуре плавления, что придает говядине благоприятный вкус и нежность. Результаты исследований ряда учёных предполагают, что указанные качественные характеристики мяса контролируются генами, ответственными за синтез и метаболизм липидов.

Ген белка, связывающего жирные кислоты (*FABP*), является членом семейства консервативных внутриклеточных липид-связывающих белков. Белок, связывающий

жирные кислоты (*FABP4*), который экспрессируется в жировой ткани, взаимодействует с рецепторами, активируемыми пролифератором пероксисом, и связывается с чувствительной к гормонам липазой и, следовательно, играет основную роль в метаболизме липидов [17].

Зарубежные учёные высказали предположение, что ген *FABP4* у крупного рогатого скота в значительной степени связан с толщиной жира, мраморностью мяса и массой туши. На основе биологических свойств учёные предполагают, что этот член семейства (*FABP4*) играет важную роль в характеристиках туши крупного рогатого скота. При этом взаимосвязь *FABP4* с прижизненными признаками мясной продуктивности у крупного рогатого скота, а именно с величиной живой массы, неоднозначна [18].

Ген стеароил-КоА десатураза (*SCD*) представляет собой фермент, участвующий в превращении насыщенных жирных кислот в ненасыщенные в адипоцитах млекопитающих. Как известно, высокое содержание мононенасыщенных жирных кислот с низкой температурой плавления в говядине оказывает значительное влияние на вкусовые качества и пищевую ценность мяса. У животных фермент *SCD* катализирует десатурацию пальмитиновой и стеариновой кислот, что способствует образованию мононенасыщенных пальмитолеиновой и олеиновой кислот [19].

Исследования, свидетельствующие о наличии ассоциаций различных полиморфизмов гена *SCD* с хозяйственно значимыми признаками у разных пород, неоднозначны. В то же время достоверных и однозначных сведений об ассоциации гена *SCD* с признаками мясной продуктивности, а именно с величиной живой массы, не обнаружено.

Цель исследований. В связи с вышеизложенным целью данного исследования – определение полиморфизмов в генах *LEP*, *SCD* и *FABP4*, выявление ассоциаций с величиной живой массы мясного скота калмыцкой породы.

Материал и методы исследования. Экспериментальная часть исследований проводилась на базе СПК колхоза-племзавода «Дружба» Апанасенковского района Ставропольского края.

Лабораторные исследования выполнялись в условиях лабораторий ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Объект исследования – бычки калмыцкой породы 8-месячного возраста, численностью 156 голов. У этой группы животных взяты образцы биологического материала и выделена геномная ДНК. В качестве биоматериала для проведения ДНК-генотипирования у животных использовалась кровь, забор которой выполнен из яремной вены. Пробы крови отбирали в закрытые системы забора крови S-Monovette® производства SARSTEDT (Германия) с антикоагулянтом ЭДТА. Выделение ДНК осуществляли методом нуклеосорбции с использованием сертифицированного набора «ДНК – Экстран – 1» (ЗАО «Синтол», Россия). Для определения наличия аллельного полиморфизма гена лептина (*LEP*) использовалась ПЦР-ПДРФ-диагностика с последующим анализом длин рестрикционных фрагментов, включающих обработку амплифицированных отрезков ферментами рестриктаз и последующее разделение полученных участков при помощи гель-электрофореза.

Для изучения полиморфизма гена *SCD* выполнялось генотипирование методом ПЦР-ПДРФ. Полимеразную цепную реакцию выполняли с использованием лиофилизированных готовых реакционных смесей GenPak® PCRCore (ООО «Лаборатория Изоген», Россия) с использованием специфических праймеров подобранных на ресурс Primer-BLAST (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/>). ПЦР сделана на амплификаторе ThermalCyclerT1000 («Bio-Rad Laboratories, Inc.», США). Для определения генотипов животных, полученный амплификат, обрабатывали эндонуклеазой рестрикции

FauI (ООО «СибЭнзим», Россия). Реакцию считывали с помощью видеосистемы геле-документирования «Взгляд» (Хеликон, Россия). Идентификацию рестриктов проводили относительно ДНК-маркера молекулярных масс GeneRulerDNALadderMix (ThermoFisherScientific, США).

Для изучения полиморфизма гена *FABP4* использовали мультиплексный молекулярно-генетический метод SnapShot. Реакцию проводили с помощью набора SNaPshotddNTPPrimerExtensionKit (AppliedBiosystems, Фостер-Сити, Калифорния, США) согласно инструкции производителя. Электрофорез выполнялся на генетическом анализаторе SeqStudioAppliedBiosystems с последующим анализом продуктов электрофореза с использованием программного обеспечения GeneMapper.v.6.0 (AppliedBiosystems, Фостер-Сити, Калифорния, США).

Показатели роста у животных изучались на основании полученных данных о живой массе путём взвешивания.

Статистическую обработку данных выполняли в программах IBMSPSSStatistics 26 и MicrosoftExcel.

Результаты исследований и их обсуждение. На основании проведённого генотипирования и выравнивания на референсный геном (www.ncbi.ru) идентифицировано 3однонуклеотидных полиморфизма – с.73Т>С, с.196-121С>Т, g.92436333G>А – в гене *LEP*. В гене *FABP4* идентифицировали 4однонуклеотидных полиморфизма – с.220А>G, с.328G>А, с.408А>G, с.388G>С, а в гене *SCD* – один SNP – Т878С (таблица 1).

Таблица 1

Частота встречаемости аллелей и генотипов полиморфизмов
в генах *LEP*, *SCD* и *FABP4* у молодняка мясного скота калмыцкой породы

Ген	Полиморфизм	Частоты аллелей		Частоты генотипов, %		
		С	Т	СС	СТ	ТТ
LEP	с.73Т>С	0,52	0,48	29,0	46,0	25,0
	с.196-121С>Т	0,42	0,58	25,0	34,0	41,0
	g.92436333G>А	А	Г	АА	АГ	ГГ
		0,54	0,46	39,0	30,0	31,0
FABP4		А	Г	АА	АГ	ГГ
	с.220А >G	0,49	0,51	25,0	48,0	27,0
	с.328G >А	0,26	0,74	12,0	27,0	61,0
	с.408А >G	0,60	0,40	38,0	44,0	18,0
		Г	С	ГГ	ГС	СС
	с.388G >С	0,60	0,40	38,0	44,0	18,0
SCD	Т878С	С	Т	СС	СТ	ТТ
		0,67	0,33	44,0	46,0	10,0

Установлено, что выявленные полиморфизмы с.73Т>С, с.196-121С>Т, g.92436333G>А гена *LEP* представлены 2 аллелями – С и Т, А и Г– с разной частотой встречаемости. Разница в частоте встречаемости аллелей С и Т полиморфизма с.73Т>С и аллелей А и Г полиморфизма g.92436333G>А в гене *LEP* оказалась практически в одинаковых соотношениях и составили 0,52, 0,48 и 0,54, 0,46 % соответственно. Сопоставление частот встречаемости аллелей в полиморфизме с.196-121С>Т выявило сле-

дующие результаты: установлена высокая частота встречаемости аллеля Т (0,58) и низкая – аллеля С (0,42).

Разница в частоте встречаемости аллелей А и G полиморфизма с.220А>G в гене *FABP4* оказалась практически в одинаковых соотношениях – 0,49 и 0,51, но в тоже время аллели А и G по полиморфизмам с.328G>А, с.408А>G исследуемого гена характеризовались значительной разницей по частоте встречаемости. Так, в анализируемой позиции с.328G>А обнаружена высокая частота встречаемости аллеля G (0,74), низкая – аллеля А (0,26). Рассмотрение частот встречаемости аллелей в полиморфизмах с.408А>G и с.388G>С гена *FABP4* позволило выявить следующие результаты: обнаружена высокая частота встречаемости аллелей А и G (0,60), низкая – аллелей G и С (0,40) соответственно.

В единичном полиморфизме Т878С гена *SCD* обнаружена высокая частота встречаемости аллеля С (0,67) и низкая аллеля Т (0,33).

Наш результат согласуется с множеством исследований, в которых аллель С встречался с высокой частотой в исследуемых популяциях крупного рогатого скота: голштинской породы словацкой селекции, голштинской породы канадской селекции, японской чёрной породы, голштинской породы китайской и польской селекции [20].

По результатам распределения частот аллелей у животных исследуемой популяции были определены по 3 генотипа СС, СТ, ТТ в 2 полиморфизмах с.73Т>С и с.196-121С>Т, АА, АG, GГ в единичном полиморфизме g.92436333G>А гена *LEP*.

Изучение полиморфных вариантов в гене *LEP* позволило установить, что среди исследуемой группы животных в популяции мясного скота наибольшую частоту встречаемости имел гетерозиготный СТ генотип в полиморфизме с.73Т>С, составивший 46,0 %, тогда как гомозиготные особи СС и ТТ генотипа встречались практически в одинаковых соотношениях (29,0 и 25,0). Однако в исследуемой группе животных наиболее часто встречался гомозиготный ТТ генотип в полиморфизме с.196-121С>Т, составивший 41,0 %. Особи с гетерозиготным СТ генотипом распределились в средних значениях частот встречаемости (34,0 %), тогда как меньшую частоту (25,0 %) встречаемости имел гомозиготный СС вариант. В полиморфизме g.92436333G>А наиболее распространённым был гомозиготный АА генотип – 39,0 %, тогда как гетеро- и гомозиготный АG и GГ генотипы обладали практически равными значениями – 30,0 и 31,0 %.

Данные по мутации с.73Т>С согласуются с исследованиями Kuswati K. et al. (2022), которые так же выявили более высокую частоту встречаемости генотипа СТ в популяции скота породы Мадуро (частоты генотипов ТТ, ТС и СС составили 0,275; 0,45 и 0,275) [21].

Среди обнаруженных полиморфизмов гена *FABP4* в полиморфизме с.328G>А обнаружена наибольшая частота (61,0 %) встречаемости особей с гомозиготным GГ генотипом, животные с гетерозиготным АG вариантом встречались реже (27,0 %), тогда как с гомозиготным АА генотипом крайне редко (12,0 %).

Частота встречаемости АА, АG и GГ генотипов в единичном полиморфизме с.220А>G насчитывала 25,0 48,0 и 27,0 % соответственно. Однако в исследуемой группе животных редко встречался GГ генотип (18%) в полиморфизме с.408А>G, тогда как АА и АG генотипы распределились в следующих соотношениях: 38 и 44 %. Частота встречаемости GГ, GС и СС генотипов в полиморфизме с.388G>С составила 38,0, 44,0 и 18,0 % соответственно.

Результаты исследований Ardicli S. et al. (2021), проводимых на животных в популяции крупного рогатого скота абердин-ангусской и герефордской пород, показали,

что наиболее встречаемым генотипом стал GG (49,18% и 52,94%), а частота минорного аллеля (аллель А) составила 0,32 % в общей популяции, что сопоставимо с полученными нами данными у калмыцких бычков [22].

По данным Gao Y. Y. et al. (2022), для SNPr.220A>G аллель А также является желательным при отборе животных для дальнейшей селекции [23].

В исследуемой популяции мясного скота частота встречаемости генотипов СС и СТ в полиморфизме Т878С гена *SCD* распределилась практически в одинаковых соотношениях (44 и 46%), тогда как меньшая частота встречаемости обнаружена у особей с ТТ генотипом (10 %).

По данным Miluchová M., GáborM., GašperJ. (2022), генотип СС был наиболее многочисленным во многих породах [19].

В результате проведения исследований проанализирована взаимосвязь полиморфных вариантов генов *LEP*, *FABP4*, *SCD* с живой массой молодняка крупного рогатого скота калмыцкой породы.

Таблица 2

Живая масса мясного скота калмыцкой породы
с различными генотипами в полиморфизмах генов *LEP*, *FABP4*, *SCD*, (кг)

Ген	Полиморфизм	Генотип		
		СС	СТ	ТТ
LEP	c.73T>C	193,2±8,8	198,0±9,3	179,1±8,2
	c.196-121C>T	214,3±8,0	211,5±9,8	213,0±8,1
	g.92436333G>A	AA	AG	GG
		191,1±11,2	219,7±13,2	216,4±8,1
FABP4		AA	AG	GG
	c.220A >G	208,2±10,1	192,3±8,5	188,9±13,3
	c.328G >A	199,7±9,4	181,0±13,9	211,4±10,3
	c.408A >G	222,7±9,8	179,4±11,2	218,2±11,5
		GG	GC	CC
	c.388G >C	181,7±9,0	189,8±13,1	194,8±10,5
SCD	T878C	СС	СТ	ТТ
		185,6±13,5	223,0±9,5	218,5±13,8

Сопоставляя измерения живой массы у мясного скота в зависимости от генотипов выявленных полиморфизмов в гене *LEP*, установлено, что бычки с генотипами СС и СТ в полиморфизме c.73T>C, животные AG и GG генотипов в полиморфизме g.92436333G>A характеризовались более высоким числовым значением данного признака, в сравнении с молодняком ТТ и АА генотипов. Так, носители гомозиготного СС и гетерозиготного СТ генотипов полиморфизма c.73T>C отличались на 7,3 и 9,5 % большей величиной живой массы, чем животные ТТ варианта. Носители AG и GG генотипов полиморфизма g.92436333G>A характеризовались на 13,0 и 11,7 % большей живой массой, в сравнении с бычками АА варианта.

Однако при рассмотрении животных исследуемой популяции мясного скота с различными генотипами в единичном полиморфизме c.196-121C>T гена *LEP*

выявленная ассоциация генотипов полиморфизмов с.73T>C и g.92436333G>A с величиной живой массы не сохраняется.

У крупного рогатого скота породы Мадуро также выявлена достоверная ассоциация SNP с.73T>C с живой массой и характеристиками роста, а животные – носители генотипа TC имели самые высокие показатели [20].

Анализ сопоставления живой массы у исследуемых животных с различными генотипами в полиморфизме с.220A>G гена *FABP4* показал, что животные с гомозиготным AA генотипом имели преимущество на 8,2 и 10,2 %, в сравнении с особями AG и GG-вариантов.

Исследования ассоциации свидетельствовали, что полиморфизм с.220A > G в гене *FABP4* был достоверно связан с мясной продуктивностью и толщиной длинных мышц у китайского скота циньчуаньской породы [22].

У животных исследуемой популяции мясного скота с различными генотипами в полиморфизме с.408G>C гена *FABP4* выявленная ассоциация генотипов полиморфизма с.220A>G с величиной живой массы сохраняется. Носители гомозиготного GG генотипа полиморфизма с.328G>A превосходили животных с AA и AG генотипами по показателю живой массы на 5,8 и 16,7 %.

Известно, что SNP с.408A>G положительно коррелирует с содержанием ненасыщенных жирных кислот, показателем мраморности и ассоциирована со вкусовыми качествами говядины [23].

По данным Ardiçlı S. et al., (2021), анализ ассоциации с убойной массой и признаками туши у бычков абердин-ангусской и герефордской пород показал влияние полиморфизма с.328G>A в гене *FABP4* в общей популяции у носителей аллели A [21].

Рассматривая группу мясного скота с различными генотипами в полиморфизме T878C гена *SCD*, выявили, что животные, несущие в гомозиготном и гетерозиготном состоянии аллель T, опережали особей CC варианта на 17,7 и 20,1 %.

Однако Miluchová M., Gábor M., Gašper J. (2022) сообщают о положительном влиянии аллеля C на превращение синтезированных среднецепочечных насыщенных жирных кислот в их ненасыщенную форму в организме животных. Благоприятное влияние аллеля C на среднецепочечные ненасыщенные жирные кислоты и на индекс десатурации представляет особый интерес, поскольку среднецепочечные насыщенные жирные кислоты в наибольшей степени способствуют повышению уровня холестерина у потребителей мяса и молока коров [19].

Заключение. На основании проведенного генотипирования у мясного скота калмыцкой породы идентифицировали 3 однонуклеотидных полиморфизма – с.73T>C, с.196-121C>T, g.92436333G>A в гене *LEP*, 4 SNP – с.220A>G, с.328G>A, с.408A>G, с.388G>C в гене *FABP4*, один – T878C в гене *SCD*. В результате исследований для каждого обнаруженного полиморфизма определена частота встречаемости аллельных вариантов в популяции и частота встречаемости гомозиготных и гетерозиготных генотипов.

На основании проведенных исследований получены сведения о генетической структуре и данные о наличии ассоциации генотипов однонуклеотидных полиморфизмов в генах *LEP*, *FABP4*, *SCD* с признаками роста в популяции мясного скота.

Список источников

1. Дежина И.Г., Арутюнян А.Г., Пономарев А.К. Ландшафт высокотехнологичного развития животноводства в России // Журнал Новой экономической ассоциации. (2022). № 1 (53). С. 240–248. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-53-1-14.
2. Сангаджиев Д.А., Погодаев В.А., Арилов А.Н. Мясная продуктивность бычков калмыцкой мясной породы, полученных при внутрилинейном подборе и кроссах линий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. (2021). № 1 (87). С. 251–256. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-251-256.
3. Погодаев В.А., Сангаджиев Д.А. Особенности роста бычков калмыцкой мясной породы крупного рогатого скота, полученных от кроссов разных линий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. (2021). № 1 (87). С. 243–246. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-243-246.
4. Самыгин Д. Ю. Барышников Н. Г., Мизюркина Л. А. Модели сценарного прогнозирования развития сельского хозяйства региона // Экономика региона. (2019). № 3 (15). С. 865-879. DOI: 10.17059/2019-3-18.
5. Боголюбова Л.П. состав в племенном мясном скотоводстве России / Л.П. Боголюбова, С.В. Никитина, Е.А. Матвеева, Е.Е. Тяпугин // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 1. С. 10–12. DOI:10.33943/MMS.2021.29.45.002.
6. Raza S. H. A. Genome-wide association studies reveal novel loci associated with carcass and body measures in beef cattle. / S. H. A. Raza, S. Khan, M. Amjadi, S.A. Abdelnour, H. Ohran, K.M. Alanazi, L. Zan // Archives of Biochemistry and Biophysics. 2020. Т. 694. P. 108543. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2020.108543>
7. Gebreselassie G. Genomic mapping identifies two genetic variants in the MC1R gene for coat colour variation in Chinese Tan sheep / G. Gebreselassie, B. Liang, H. Berihulay, R. Islam, A. Abied, L. Jiang, Y. Ma // PloS one. 2020. №. 8. (15). P. e0235426. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235426>
8. Berghof T. V. L., Poppe M., Mulder H. A. Opportunities to improve resilience in animal breeding programs //Frontiers in Genetics. (2019). Т.9. P.692. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00692>
9. Mwangi F. W. et al. Diet and genetics influence beef cattle performance and meat quality characteristics //Foods. (2019). №.12(8). P.648.<https://doi.org/10.3390/foods8120648>
10. Mwangi F. W. et al. Single nucleotide polymorphisms in the fatty acid binding protein 4, fatty acid synthase and stearyl-CoA desaturase genes influence carcass characteristics of tropical crossbred beef steers //Agriculture. (2022). №. 8(12). P. 1171.<https://doi.org/10.3390/agriculture12081171>
11. Haruna I.L. Identification of novel nucleotide sequence variations in an extended region of the bovine leptin gene (LEP) across a variety of cattle breeds from New Zealand and Nigeria / I.L. Haruna, S.A. Hadebe, O.J. Oladosu, G. Mahmoud, H. Zhou, J.G. Hickford//Archives Animal Breeding. 2020. №. 2(63). P. 241. <https://doi.org/10.5194/aab-63-241-2020>
12. Селионова М.И. Исследование полиморфизма генов гормона роста, лептина у овец породы советский меринос/ М.И. Селионова, Д.А. Ковалев, Л.Н. Скорых, Н.С. Сафонова, Н.И. Ефимова //Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 3 (35). С. 25-29.DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-35-25-29

13. Sedykh T.A. Effects of leptin gene polymorphism on beef cattle performance / T.A. Sedykh, L.A. Kalashnikova R.S. Gizatullin, V.I. Kosilov //Russian agricultural sciences. 2020. T. 46. P. 614-618. <https://doi.org/10.3103/S1068367420060166>
14. Naserkheil M. et al. Exploring and Identifying Candidate Genes and Genomic Regions Related to Economically Important Traits in Hanwoo Cattle //Current Issues in Molecular Biology. (2022). №. 12(44).P. 6075-6092.
15. Gerasimov N.P. The combined effect of the C73T and C528T polymorphisms of the leptin gene on the formation of meat productivity in Aberdeen-Angus cows and heifers / N.P. Gerasimov, K.M. Dzhulamanov, S.V. Lebedev, V. I. Kolpakov //AIP Conference Proceedings. AIP Publishing LLC. 2022. № 1(2467). P. 070063. <https://doi.org/10.1063/5.0093925>
16. Greenwood P. L., Gardner G. E., Ferguson D. M. Current situation and future prospects for the Australian beef industry - A review //Asian-Australasian journal of animal sciences. (2018). № 7 (31). P. 992. DOI: 10.5713 /ajas.18.0090
17. Yin B. et al. Correlations between single nucleotide polymorphisms in FABP4 and meat quality and lipid metabolism gene expression in Yanbian yellow cattle //PloS One. (2020). № 6 (15). P. e0234328. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234328>
18. Pećina M. et al. Effect of FASN, SCD, and GH Genes on Carcass Fatness and Fatty Acid Composition of Intramuscular Lipids in F1 Holstein× Beef Breeds //Agriculture. (2023). № 3(13). P. 571.<https://doi.org/10.3390/agriculture13030571>
19. Miluchová M., Gábor M., Gašper J. Analysis of the Genetic Structure of Slovak Holstein Cattle Using Seven Candidate Genes Related to Milk Quality //Diversity. (2022). № 11(14). P. 989. DOI:10.3390/d14110989
20. Kuswati K. et al. Polymorphism of leptin gene (single nucleotide polymorphisms c. 73T> C) and its association with body weight and body measurements in Madura cattle //Veterinary World. (2022). № 3(15). P. 775. DOI: 10.14202/vetworld.2022.775-781
21. Ardiçlı S. et al. Genetic variability of FABP4 c. 328 G> A (rs110652478) polymorphism and its association with slaughter weight and carcass traits in aberdeen angus and hereford bulls imported into Turkey. – 2021.
22. Gao Y. Y. et al. Association of variants in FABP4, FASN, SCD, SREBP1 and TCAP genes with intramuscular fat, carcass traits and body size in Chinese Qinchuan cattle //Meat Science. (2022). T. 192. P. 108882. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108882>
23. Goszczynski D. E. et al. Genetic variation in FABP4 and evaluation of its effects on beef cattle fat content //Animal biotechnology. (2017). № 3(28). P. 211—219. <https://doi.org/10.1080/10495398.2016.1262868>

References

1. Dezhina I.G., Arutiunian A.G., Ponomarev A.K. High-tech landscape of the cattle breeding industry in Russia // Journal of the New Economic Association. (2022). No. 1 (53). pp. 240–248. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-53-1-14
2. Sangadzhiev D.A., Pogodaev V.A., Arilov A.N. Meat productivity of Kalmyk beef breed bull calves obtained through intraline selection and line crosses // Izvestia Orenburg state agrarian university. (2021). No. 1 (87). pp. 251–256. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-251-256.

3. Pogodaev V.A., Sangadzhiev D.A. Growth characteristics of Kalmyk beef breed bull calves obtained from crosses of different lines // *Izvestia Orenburg state agrarian university*. (2021). No. 1 (87). pp. 243–246. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-243-246.
4. Samygin D. Yu. Baryshnikov N. G., Miziurkina L. A. Models of scenario forecasting of the region's agriculture development // *Economy of regions*. (2019). No. 3 (15). pp. 865-879. DOI: 10.17059/2019-3-18.
5. Bogoliubova L.P. Composition in pedigree beef cattle breeding in Russia / L.P. Bogoliubova, S.V. Nikitina, E.A. Matveeva, E.E. Tiapugin // *Dairy and beef cattle farming*. 2021. No. 1. pp. 10–12. DOI: 10.33943/MMS.2021.29.45.002
6. Raza S. H. A. Genome-wide association studies reveal novel loci associated with carcass and body measures in beef cattle. / S. H. A. Raza, S. Khant, M. Amjadi, S.A. Abdelnour, H. Ohran, K.M. Alanazi, L. Zan // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2020. V. 694. P. 108543. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2020.108543>
7. Gebreselassie G. Genomic mapping identifies two genetic variants in the MC1R gene for coat color variation in Chinese Tan sheep / G. Gebreselassie, B. Liang, H. Berihulay, R. Islam, A. Abied, L. Jiang, Y. Ma // *PloS one*. 2020. No. 8. (15). P. e0235426. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235426>
8. Berghof T. V. L., Poppe M., Mulder H. A. Opportunities to improve resilience in animal breeding programs // *Frontiers in Genetics*. (2019). T.9. P.692. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00692>
9. Mwangi F. W. et al. Diet and genetics influence beef cattle performance and meat quality characteristics // *Foods*. (2019). No. 12(8). P.648. <https://doi.org/10.3390/foods8120648>
10. Mwangi F. W. et al. Single nucleotide polymorphisms in the fatty acid binding protein 4, fatty acid synthase and stearyl-CoA desaturase genes influence carcass characteristics of tropical crossbred beef steers // *Agriculture*. (2022). No. 8(12). P. 1171. <https://doi.org/10.3390/agriculture12081171>
11. Haruna I.L. Identification of novel nucleotide sequence variations in an extended region of the bovine leptin gene (LEP) across a variety of cattle breeds from New Zealand and Nigeria / I.L. Haruna, S.A. Hadebe, O.J. Oladosu, G. Mahmoud, H. Zhou, J.G. Hickford // *Archives Animal Breeding*. 2020. No. 2(63). P. 241. <https://doi.org/10.5194/aab-63-241-2020>
12. Selionova M.I. Study of polymorphism of growth hormone and leptin genes in Soviet Merino sheep / M.I. Selionova, D.A. Kovalev, L.N. Skorykh, N.S. Safonova, N.I. Efimova // *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2019. No. 3 (35). pp. 25-29. DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-35-25-29
13. Sedykh T.A. Effects of leptin gene polymorphism on beef cattle performance / T.A. Sedykh, L.A. Kalashnikova, R.S. Gizatullin, V.I. Kosilov // *Russian agricultural sciences*. 2020. T. 46. P. 614-618. <https://doi.org/10.3103/S1068367420060166>

14. Naserkheil M. et al. Exploring and Identifying Candidate Genes and Genomic Regions Related to Economically Important Traits in Hanwoo Cattle //Current Issues in Molecular Biology. (2022). No. 12 (44). P. 6075-6092.
15. Gerasimov N.P. The combined effect of the C73T and C528T polymorphisms of the leptin gene on the formation of meat productivity in Aberdeen-Angus cows and heifers / N.P. Gerasimov, K.M. Dzhulamanov, S.V. Lebedev, V. I. Kolpakov //AIP Conference Proceedings. AIP Publishing LLC. 2022. No. 1 (2467). P. 070063. <https://doi.org/10.1063/5.0093925>
16. Greenwood P. L., Gardner G. E., Ferguson D. M. Current situation and future prospects for the Australian beef industry – A review //Asian-Australasian journal of animal sciences. (2018). No. 7 (31). P. 992. DOI: 10.5713 /ajas.18.0090
17. Yin B. et al. Correlations between single nucleotide polymorphisms in FABP4 and meat quality and lipid metabolism gene expression in Yanbian yellow cattle //PloS One. (2020). No. 6 (15). P. e0234328. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234328>
18. Pećina M. et al. Effect of FASN, SCD, and GH Genes on Carcass Fatness and Fatty Acid Composition of Intramuscular Lipids in F1 Holstein× Beef Breeds //Agriculture. (2023). No. 3(13). P. 571. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030571>
19. Miluchová M., Gábor M., Gašper J. Analysis of the Genetic Structure of Slovak Holstein Cattle Using Seven Candidate Genes Related to Milk Quality // Diversity. (2022). No. 11(14). P. 989. DOI:10.3390/d14110989
20. Kuswati K. et al. Polymorphism of leptin gene (single nucleotide polymorphisms c. 73T> C) and its association with body weight and body measurements in Madura cattle //Veterinary World. (2022). No. 3(15). P. 775. DOI: 10.14202/vetworld.2022.775-78120.
21. Ardiçlı S. et al. Genetic variability of FABP4 c. 328 G> A (rs110652478) polymorphism and its association with slaughter weight and carcass traits in aberdeen angus and hereford bulls imported into Turkey. – 2021.
22. Gao Y. Y. et al. Association of variants in FABP4, FASN, SCD, SREBP1 and TCAP genes with intramuscular fat, carcass traits and body size in Chinese Qinchuan cattle //Meat Science. (2022). T. 192. P. 108882. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108882>
23. Goszczynski D. E. et al. Genetic variation in FABP4 and evaluation of its effects on beef cattle fat content //Animal biotechnology. (2017). No. 3(28). P. 211-219. <https://doi.org/10.1080/10495398.2016.1262868>

Информация об авторах:

Анатолий Фоадович Шевхужев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», тел.: +79624394555 e-mail: shevkhuzhevaf@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9164-4199>

Анастасия Александровна Каниболоцкая, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», тел.: +79614569925; e-mail: dorohin.2012@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3003-4175>

Лариса Николаевна Скорых, доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», тел.: 8(8652)71-81-55, e-mail: smu.sniizhk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6090-4453>

Лидия Валентиновна Кононова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», тел.: +79187474737, e-mail: kononova-lidij@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3812-9099>

Дмитрий Николаевич Вольный, кандидат сельскохозяйственных наук, директор Государственного казенного учреждения «Центр племенных ресурсов», тел.: +79624475258, e-mail: plemcentr@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2456-2066>

Information about the authors

A.F. Shevkhuzhev, Doctor of Agricultural Science, Professor, Chief Researcher of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, tel. +79624394555, e-mail: shevkhuzhevaf@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-9164-4199>

A.A. Kanibolotskaia, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, tel.: +79614569925; e-mail: dorohin.2012@inbox.ru <https://orcid.org/0000-0003-3003-4175>

L.N. Skorykh, Doctor of Biological Science, Associate Professor, Chief Researcher of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, tel. 8(8652)71-81-55, e-mail: smu.sniizhk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6090-4453>

L.V. Kononova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, tel. +79187474737, e-mail: kononova-lidij@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-3812-9099>

D.N. Volnyi, Candidate of Agricultural Sciences, Director of the State Public Institution “Center of Breeding Resources”, tel.: +79624475258, e-mail: plemcentr@mail.ru <https://orcid.org/0009-0007-2456-2066>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.11.2023; одобрена после рецензирования 15.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 01.11.2023; approved after reviewing 15.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 179-188
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P. 179-188

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК 619:631. 453:599.323.4

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/017.4.16.2023

ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ АА-50 НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Александр Николаевич Шевченко

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Россия, г. Краснодар, тел.: +79181752615, koshhaev.a@kubsau.ru

Аннотация. В статье изложены результаты изучения раздражающего действия, острой и хронической токсичности кормовой биологически активной добавки АА-50, представляющей собой жидкость на основе молочной сыворотки и отвара Melissa, содержащей микробную массу живых природных штаммов микроорганизмов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* в оптимальном соотношении. Перед использованием кормовой добавки АА-50 в практике кормления птицы необходимо определить её безвредность на лабораторных животных. Опыты по определению параметров острой и хронической токсичности кормовой добавки АА-50 проведены на беспородных белых крысах и мышах. Раздражающее действие кормовой добавки определяли на кроликах-альбиносах методом накожных аппликаций. Опыты по определению токсичности кормовой добавки АА-50 на лабораторных мышах проводили в виварии факультета ветеринарной медицины Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина. При определении острой токсичности лабораторные животные кормовую добавку получали перорально путём однократного внутрижелудочного введения. Мышам вводили 0,5; 0,4; и 0,3 мл кормовой добавки, а крысам – 5,0; 4,0 и 3,0 мл. Общее состояние животных было удовлетворительным. При определении хронической токсичности кормовую добавку лабораторные животные получали внутрижелудочно в течение 30 суток: мышам вводили 0,5; 0,4; и 0,3 мл кормовой добавки, а крысам – 5,0; 4,0 и 3,0 мл. В поведении животных отклонений не установлено. При патоморфологическом вскрытии отмечалось, что внутренние органы белых мышей и белых крыс опытных групп располагались морфологически правильно. При анализе массы тела лабораторных животных установлено, что животные опытных групп незначительно превышали данный показатель интактной группы. Действие кормовой добавки на обмен веществ организма лабораторных животных оценивали по морфо-биохимическим показателям крови. Все изучаемые показатели крови находились в пределах физиологических величин. При определении раздражающего действия кормовой добавки АА-50 методом накожных аппликаций никаких положительных реакций кожи не обнаружено, что позволило сделать вывод о том, что индекс первичного раздражения равен 0. Результаты, полученные при оценке острой и хронической токсичности кормовой добавки АА-50 в

рекомендуемых дозировках, не оказали токсического действия на организм лабораторных животных.

Ключевые слова: кормовая добавка AA-50, мыши, крысы, внутрижелудочное введение, морфологические и биохимические показатели крови, раздражающее действие, кролики-альбиносы

Для цитирования: Шевченко А. Н. Изучение токсичности кормовой добавки AA-50 на лабораторных животных // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.179-188. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/017.4.16.2023

Zootechny and veterinary science

Original article

STUDY OF THE TOXICITY OF AA-50 FEED ADDITIVE ON LABORATORY ANIMALS

Aleksandr N. Shevchenko

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”, Russia, Krasnodar, tel.: +79181752615, veterinary@kubsau.ru

Abstract. The article presents the results of the study of an irritant effect, acute and chronic toxicity of the dietary feed additive AA-50. Feed additive AA-50 is a liquid based on whey and lemon balm decoction, which contains a microbial mass of live natural strains of microorganisms *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* in an optimal ratio. Before using AA-50 feed additive in poultry feeding, it is necessary to determine its safety on laboratory animals. The experiments to determine the parameters of acute and chronic toxicity of AA-50 feed additive were carried out on outbred white rats and mice. The irritant effect of the feed additive was determined on albino rabbits using the skin application method. The experiments to determine the toxicity of AA-50 feed additive on laboratory mice were carried out in the vivarium of the Faculty of Veterinary Medicine in Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin. When determining acute toxicity, laboratory animals received the feed additive orally through a single intragastric administration. Mice received 0,5; 0,4; and 0,3 ml of feed additive. As for rats, they received 5,0; 4,0 and 3,0 ml. The general condition of the animals was satisfactory. When determining the chronic toxicity, laboratory animals received the feed additive intragastrically for 30 days: mice were administered 0,5; 0,4; and 0,3 ml of feed additive. As for rats, they received 5,0; 4,0 and 3,0 ml. There were no deviations in the behavior of animals. During the pathomorphological autopsy, it was noted that the location of internal organs of white mice and white rats of the experimental groups was morphologically correct. When analyzing the body weight of laboratory animals, it was found that the animals of the experimental groups slightly exceeded this parameter of the intact group. The effect of the feed additive on the metabolism of laboratory animals was assessed by morphological and biochemical blood values. All studied blood values were within physiological values. When determining the irritant effect of AA-50 feed additive using the cutaneous application method, no positive skin reactions were detected, which led to the conclusion that the primary irritation index was 0. The results, which were obtained when assessing the acute and chronic tox-

icity of AA-50 feed additive in recommended dosages, did not have a toxic effect on the body of laboratory animals.

Key words: feed additive AA-50, mice, rats, intragastric administration, morphological and biochemical blood values, irritant effect, albino rabbits

For citation: Shevchenko A.N. Study of the toxicity of AA-50 feed additive on laboratory animals // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16). P.179-188.
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/017.4.16.2023

Актуальность темы. Повышение естественной резистентности животных и получение экологически чистой продукции является основной задачей ведения птицеводства в современных условиях.

Чтобы птица достигла высокой продуктивности, её необходимо обеспечить комбикормами, которые желательно было бы дополнить кормовыми биологически активными веществами [1–7].

Кормовые добавки обогащают комбикорма витаминами, минеральными веществами, белками, жирами [8–15].

Активное применение кормовых добавок и признание их безальтернативности начинается с 2003 года, когда ЕС принял закон о запрете использования кормовых антибиотиков. Найти альтернативную замену антибиотикам побудило исследователей к поиску новых биологически активных добавок.

Одним из актуальных путей решения данной проблемы можно считать поиск новых кормовых добавок на основе растительных и животных компонентов, с включением микроорганизмов, обладающих пробиотическими свойствами. Применению некоторых из них, в частности *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, было уделено много внимания, тогда как другие находятся в стадии исследования. Одним из таких пробиотиков считаются грамположительные палочки *Bacillus subtilis* (*B.subtilis*) и *Bacillus licheniformis* (*B. licheniformis*). Большинство бактерий рода *Bacillus* не опасны для животных и человека, широко распространены в окружающей среде, обнаруживаются в воздухе, воде, почве и кормах и, как следствие, постоянно попадают в желудочно-кишечный тракт и дыхательные пути животных, засевая эти отделы. Количество бацилл в кишечнике может достигать 10^7 КОЕ/г, что сравнимо с аналогичным показателем у *Lactobacillus*. В связи с этим многие исследователи рассматривают бактерии рода *Bacillus* как один из доминирующих компонентов нормальной микрофлоры кишечника. Пробиотики находят широкое применение в птицеводстве в качестве лечебно-профилактических и ростостимулирующих средств, а также способны обеспечить получение высококачественной экологически чистой продукции [16-17].

Бактерии рода *Bacillus* в настоящее время представляют особый интерес для применения в ветеринарии.

Учитывая актуальность направления в птицеводстве, создана новая жидкая кормовая добавка AA-50 на основе молочной сыворотки и отвара Melissa, содержащая микробную массу живых природных штаммов микроорганизмов *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* в оптимальном соотношении [18].

Для использования кормовой добавки AA-50 в практике кормления птицы требуется проведение детального изучения, предполагающего на начальном этапе получение сведений о её безвредности и не токсичности. В связи с этим цель настоящих исследо-

ваний – изучение в лабораторных условиях токсикологического действия новой кормовой биологически активной добавки АА-50.

Материал и методы исследований. Определение параметров острой токсичности кормовой добавки АА-50 провели на беспородных взрослых белых крысах и мышах.

Двенадцать суток до постановки на опыт крыс и мышей выдерживали в карантине, а за сутки до начала эксперимента лишали воды.

В опыте задействовали 100 беспородных белых крыс и 100 беспородных белых мышей, которых методом случайной выборки распределили на 5 групп. Условия содержания и кормления животных были идентичны.

Кормовую добавку лабораторные животные получали перорально путём однократного внутрижелудочного введения с помощью шприца и иглы с наплавленной оливой (таблица 1). За крысами и мышами вели наблюдение в течение 14 дней с параллельной регистрацией потребления корма, воды, динамики массы тела.

Изучение хронической токсичности кормовой биологически активной добавки тоже провели на беспородных белых крысах и мышах. Кормовую добавку лабораторным животным вводили в желудок в течение 30 суток. Спустя 14 суток после окончания эксперимента по 6 животных из каждой группы подвергли эвтаназии с последующим патологоанатомическим вскрытием. Также осуществили морфо-биохимические исследования крови по общепринятым методикам.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты, полученные при определении острой токсичности кормовой добавки, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Определение острой токсичности кормовой добавки АА-50

Группа	Вид животных	Количество животных	Доза препарата, мл/гол.	Заболело	Выжило	Пало
1 (интактная)	мыши	20	–	0	20	0
	крысы	20	–	0	20	0
2 (контрольная)	мыши	20	0,5*	0	20	0
	крысы	20	5,0*	0	20	0
3 (опытная)	мыши	20	0,5	0	20	0
	крысы	20	5,0	0	20	0
4 (опытная)	мыши	20	0,4	0	20	0
	крысы	20	4,0	0	20	0
5 (опытная)	мыши	20	0,3	0	20	0
	крысы	20	3,0	0	20	0

Примечание: * – физиологический раствор.

Мышам опытных групп 3, 4 и 5 внутрижелудочно вводили 0,5; 0,4; 0,3 мл кормовой добавки АА-50, а крысам – 5,0; 4,0 и 3,0 мл соответственно. Мыши группы 2 (контрольной) внутрижелудочно получали 0,5 мл физиологического раствора, а крысы – 5,0 мл.

В группе 1 (интактной) животным препарат не вводили.

Внутрижелудочное введение кормовой добавки АА-50 животным опытных групп вызвало следующую картину интоксикации: через 2-3 минуты после введения кормовой добавки дыхание у животных участилось и стабилизировалось через 5–7 минут. В течение 20–40 минут крысы и мыши сидели неподвижно. Спустя 40–50 минут стали активно двигаться, пить воду и принимать пищу. Подобные клинические симп-

томы интоксикации отмечались у животных контрольной группы, которой вводили физиологический раствор.

Последующие наблюдения за крысами и мышами не выявили изменений в общем состоянии животных.

Результаты хронической токсичности отражены в таблице 2.

Таблица 2

Определение хронической токсичности кормовой добавки АА-50

Группа	Вид животных	Количество животных	Объем вводимой жидкости, мл/гол.	Выжило	Пало
1 (интактная)	мыши	20	–	20	0
	крысы	20	–	20	0
2 (контрольная)	мыши	20	0,5*	20	0
	крысы	20	5,0*	20	0
3 (опытная)	мыши	20	0,5	20	0
	крысы	20	5,0	20	0
4 (опытная)	мыши	20	0,4	20	0
	крысы	20	4,0	20	0
5 (опытная)	мыши	20	0,3	20	0
	крысы	20	3,0	20	0

Примечание: * – физиологический раствор.

Животные находились под постоянным контролем. В поведении крыс и мышей всех групп отклонений не установлено. Животные оставались жизнеспособными, движения были активны. Поедаемость корма животными опытных и контрольной групп находилась на уровне интактной группы.

При патоморфологическом вскрытии исследовались внутренние органы лабораторных животных – изменений в их расположении не установлено.

Осмотру подвергались слизистая оболочка кишечника, поджелудочная железа, селезёнка, печень, почки, лёгкие, сердце, сосуды головного мозга – все органы находились в пределах физиологических норм.

Во время проведения эксперимента изучали влияние кормовой добавки АА-50 на изменение живой массы подопытных биообъектов (таблица 3)

Таблица 3

Изменение массы тела лабораторных животных
за время проведения опыта ($M \pm m$), $n = 20$

Группа	Живая масса, г		Сохранность, %
	в начале опыта	в конце опыта	
Белые беспородные крысы			
1 (интактная)	196,17±10,1a	219,24±8,42a	100
2 (контрольная)	196,24±7,6a	218,94±6,41a	100
3 (опытная)	196,19±5,71a	220,01±11,01a	100
4 (опытная)	196,36±11,12a	222,13±9,13a	100
5 (опытная)	196,24±9,37a	220,24±10,01a	100
Белые беспородные мыши			
1 (интактная)	25,76±0,93a	26,11±1,01a	100
2 (контрольная)	25,68±0,28a	26,03±1,11a	100
3 (опытная)	25,71±0,84a	26,34±1,02a	100
4 (опытная)	25,56±0,96a	26,76±1,00a	100
5 (опытная)	25,48±1,03a	26,38±0,97a	100

Масса тела белых крыс за время наблюдений увеличилась во опытных группах 2, 3 и 4, по сравнению с интактным вариантом, на 0,35 %, 1,3 % и 0,45 % соответственно. Живая масса белых беспородных мышей опытных групп превышала живую массу мышей интактной группы на 0,8–2,4 %. При сравнении с контрольной группой рост живой массы опытных групп колебался в пределах 0,48-1,45 % (разность между группами не достоверна).

Действие кормовой добавки АА-50 на обмен веществ организма лабораторных животных оценивалось по морфо-биохимическим показателям крови (таблицы 4, 5).

Анализируя полученные данные морфологических и биохимических показателей крови как мышей, так и крыс, можно сделать вывод, что изучаемые показатели в контрольных и опытных группах находились в пределах физиологических величин.

Раздражающее действие кормовой добавки АА-50 определяли на кроликах-альбиносах методом накожных аппликаций. В опыте участвовало 5 животных, на кожные покровы которых накладывалась повязка, смоченная жидкой кормовой добавкой. После снятия повязки на коже кроликов не обнаружено пузырей, отёков, эритемы. В течение 72 часов кролики находились под наблюдением. Никаких положительных реакций кожи не выявлено.

Таблица 4

Морфологические и биохимические показатели крови белых мышей ($M \pm m$), $n = 6$

Показатель	Группа				
	1 (интактная)	2 (контрольная)	3 (опытная)	4 (опытная)	5 (опытная)
Морфологические показатели					
Гемоглобин, г/л	106,2±2,8a	106,31±1,97a	107,11±2,14a	116,35±2,17б	109,27±3,02aб
Эритроциты, $10^{12}/л$	8,34±0,51a	8,27±0,44a	8,41±0,37a	8,61±0,84a	8,42±0,96a
Лейкоциты, $10^9/л$	6,91±1,4a	7,01±1,3a	6,90±1,2a	6,97±1,02a	7,00±1,01a
Биохимические показатели					
АсАТ, Ед/л	116,24±3,17a	117,32±3,24a	117,24±3,33a	115,24±4,01a	115,42±3,53a
АлАТ, Ед/л	79,13±1,19a	78,19±1,26a	79,36±1,34a	79,27±1,48a	79,11±1,39a
Общий белок, г/л	56,37±0,67a	55,28±0,84a	56,19±0,59a	61,34±0,74б	59,71±0,83aб
– альбумин, г/л	23,15±0,51a	24,73±0,67a	29,34±0,84б	28,14±0,83б	28,15±0,69б
– глобулины, г/л	32,45±0,81a	34,95±0,84б	37,16±0,79в	34,12±0,76aб	38,13±0,71в
А/Г	0,71	0,70	0,78	0,82	0,73
Холестерин, мм/л	2,72±0,04a	2,71±0,04a	2,72±0,05a	2,71±0,05a	2,71±0,04a
Кальций, мм/л	2,03±0,04a	2,04±0,03a	2,09±0,03a	2,11±0,04a	2,08±0,05a

Таблица 5

Морфологические и биохимические показатели крови белых крыс ($M \pm m$), $n = 6$

Показатель	Группа				
	1 (интактная)	2 (контрольная)	3 (опытная)	4 (опытная)	5 (опытная)
Морфологические показатели					
Гемоглобин, г/л	116,16 $\pm$ 3,01a	115,19 $\pm$ 2,91a	119,27 $\pm$ 2,87a	119,67 $\pm$ 2,19a	117,34 $\pm$ 2,21a
Эритроциты, $10^{12}/л$	4,97 $\pm$ 0,31a	4,99 $\pm$ 0,27a	4,97 $\pm$ 0,41a	5,01 $\pm$ 0,25a	4,92 $\pm$ 0,31a
Лейкоциты, $10^9/л$	10,24 $\pm$ 0,87a	10,34 $\pm$ 0,69a	10,11 $\pm$ 0,84a	10,03 $\pm$ 0,86a	10,12 $\pm$ 0,92a
Биохимические показатели					
АсАТ, Ед/л	51,13 $\pm$ 1,01a	50,14 $\pm$ 0,98a	51,27 $\pm$ 1,02a	51,97 $\pm$ 0,89a	51,34 $\pm$ 1,03a
АлАТ, Ед/л	61,24 $\pm$ 1,00a	60,34 $\pm$ 0,99a	61,42 $\pm$ 0,89a	61,43 $\pm$ 0,96a	61,40 $\pm$ 0,67a
Общий белок, г/л	64,27 $\pm$ 0,91a	64,32 $\pm$ 0,87a	65,18 $\pm$ 0,69a	66,19 $\pm$ 0,81a	64,38 $\pm$ 0,97a
Холестерин, мм/л	2,03 $\pm$ 0,03a	2,07 $\pm$ 0,03a	2,05 $\pm$ 0,03a	2,04 $\pm$ 0,04a	2,01 $\pm$ 0,03a
Кальций, мм/л	2,13 $\pm$ 0,09a	2,16 $\pm$ 0,08a	2,18 $\pm$ 0,6a	2,18 $\pm$ 0,06a	2,14 $\pm$ 0,07a

Заключение. В результате оценки острой и хронической токсичности кормовой добавки АА-50 при многократном введении лабораторным животным выявлено, что добавка в рекомендуемых дозировках не оказывает выраженного токсического действия. Применение кормовой добавки в течение 30 суток не оказало отрицательного воздействия на общее состояние лабораторных животных, на их прирост живой массы, гематологические и биохимические показатели крови. Результаты, полученные при определении раздражающего действия кормовой добавки АА-50, позволяют сделать вывод о том, что индекс первичного раздражения равен 0.

Список источников

1. Применение кормовых добавок с гуминовыми кислотами в птицеводстве / К. В. Корсаков, А. А. Васильев, С. П. Москаленко [и др.] // Зоотехния. – 2018. № 4. С. 11–13. [//www.elibrary.ru/item.asp?id=34858957](http://www.elibrary.ru/item.asp?id=34858957)
2. Ленкова, Т. Н. Продуктивность бройлеров, получавших цеолиты в комбикормах / Т. Н. Ленкова, Т. А. Егорова, И. Г. Сысоева // Птицеводство 2019. № 5. С. 26–31. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-5-26-31
3. Шевченко, А. Н. Продуктивность и качество мяса бройлеров при использовании в рационе биологически активной добавки на основе молочной сыворотки / А.

- Н. Шевченко, А. К. Османян, М. И. Селионова // Птица и птицепродукты. – 2022. № 6. С. 28–31. DOI 10.30975/2073-4999-2022-24-6-28-31.
4. Шевченко, А. Н. Мясная продуктивность гусей при использовании в рационе биологически активной добавки АА-50 / А. Н. Шевченко, А. К. Османян, В. В. Малородов // Птицеводство. – 2023. № 1. С. 35–38. DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-1-35-38.
 5. Баюров, Л. И. Добавки, влияющие на процессы пищеварения у молодняка мясных кур / Л. И. Баюров // Птицеводство. – 2018. № 8. С. 29–32. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36408232>
 6. Киселев, А. Н. Новая кормовая добавка / А. Н. Киселев, М. В. Коренюга, В. В. Сабрекова // Птицеводство. – 2018. № 8. С. 49–50. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36408237>
 7. Кормовая добавка нового поколения в рационе несушек / В. В. Мунгин [и др.] // Птицеводство. – 2018. № 9. С. 31–32. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36408246>
 8. Эффективность применения кормовой добавки на основе рекомбинантного куриного гамма-интерферона в кормлении цыплят-бройлеров / Н. В. Тарлавин, В. В. Веретенников, Э. Д. Джавадов [и др.] // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2022. № 4 (21) С. 62–74. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2022.4.62.
 9. Тютрина, Л. Е. Эффективность скармливания минеральной смеси на основе местных нетрадиционных сырьевых источников в кормлении цыплят-бройлеров / Л. Е. Тютрина, Н. А. Табаков, Т. Ф. Лефлер // Птицеводство. – 2020. № 10. С. 46–50. DOI:10.36718/1819-4036-2020-10-143-149.
 10. Обоснование введения в рацион животных комбинации сорбентов неорганической и органической природы при Т-2 токсикозе / Н. Н. Мишина, Э. И. Семенов, К. Х. Папуниди [и др.] // Ветеринарный врач. – 2019. № 2. С. 30–37. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40923828>
 11. Рафикова, Э. Р. Влияние микробиологического препарата ветом 21.77. на биохимические показатели крови цыплят-бройлеров / Э. Р. Рафиков, Г. А. Ноздрин // Ветеринария. – 2018. № 9. С. 50–53. <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=uzcvni>
 12. Ферментированные гидролизаты из отходов переработки птицы в рационах бройлеров / В. И. Фисинин [и др.] // Птицеводство. – 2018. № 11. С. 20–22. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36511161>
 13. Использование органических источников хрома в кормлении кур-несушек / С. И. Николаев, Н. М. Костомахин, И. Ю. Даниленко [и др.] // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2021. №3 (188). С. 13–21. DOI: 10.33920/sel-05-2103-02.
 14. Денисенко, Л. И. Применение пробиотической добавки в рационах ремонтного молодняка кур яичного кросса / Л. И. Денисенко // Ветеринария Кубани. – 2021. № 2. С. 32–33. DOI: 10.33861/2071-8020-2021-2-32-33.
 15. Фитобиотик на защите иммунитета птицы / Г. Ю. Лаптев, Л. А. Ильина, Е. А. Ёылдырым [и др.] // Птицеводство. – 2019. № 7-8. С. 25–30. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-78-25-30.
 16. Эффективность применения фитобиотиков в птицеводстве / В. С. Буяров, В. И. Червонова, В. В. Меднова, И. И. Ильичева // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 3 (84). С. 44–59. <https://sciup.org/jeffektivnost-primenenija-fitobiotikov-v-pticevodstve-obzor-147230720>

17. Кавтарашвили, А. Ш. Эффективность применения пробиотических кормовых добавок на основе спорообразующих бактерий рода *Bacillus* в рационе цыплят-бройлеров / А. Ш. Кавтарашвили, Е. Н. Новоторов, Д. В. Гладин // Птица и птицепродукты. – 2017. № 2. С. 35–38. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.1.94-101.
18. Патент № 2774843 Способ получения кормовой добавки для выращивания цыплят бройлеров: № 2021125042: заявл. 23.08.2021: опубл. 23.06.2022 / А. Н. Шевченко, С. В. Свистунов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

References

1. Application of feed additives with humic acids in poultry farming / K. V. Korsakov, A. A. Vasilev, S. P. Moskalenko [et al.] // Zootechniya. – 2018. No. 4. pp. 11-13.
2. Lenkova, T. N. Productivity of broilers, which were receiving zeolites in compound feed / T. N. Lenkova, T. A. Egorova, I. G. Sysoeva // Poultry farming – 2019. No. 5. pp. 26-31.
3. Shevchenko, A. N. Productivity and quality of broiler meat when using a dietary supplement based on whey in the diet / A. N. Shevchenko, A. K. Osmanian, M. I. Selionova // Poultry and chicken products. – 2022. No. 6. pp. 28-31. DOI 10.30975/2073-4999-2022-24-6-28-31.
4. Shevchenko, A. N. Meat productivity of geese when using the dietary supplement AA-50 in the diet / A. N. Shevchenko, A. K. Osmanian, V. V. Malorodov // Poultry farming. – 2023. No. 1. pp. 35-38.
5. Bayurov, L. I. Additives that affect the digestive processes of young meat chickens / L. I. Bayurov // Poultry farming. – 2018. No. 8. P. 29-32.
6. Kiselev, A. N. New feed additive / A. N. Kiselev, M. V. Korenyuga, V. V. Sabrekova // Poultry farming. – 2018. No. 8. P. 49-50.
7. Feed additive of the new generation in the diet of laying hens / V. V. Mungin [et al.] // Poultry farming. – 2018. No. 9. pp. 31-32.
8. The effectiveness of using a feed additive based on recombinant chicken gamma interferon in feeding broiler chickens / N.V. Tarlavin, V.V. Veretennikov, E.D. Dzhavadov [et al.] // Bulletin of Veterinary Pharmacology. – 2022. No. 4 (21) pp. 62-74.
9. Tyutrina, L. E. Efficiency of a mineral mixture feeding based on local non-traditional raw materials in feeding of broiler chickens / L. E. Tyutrina, N. A. Tabakov, T. F. Lefler // Poultry farming. – 2020. No. 10. pp. 46-50.
10. Rationale for introducing a combination of inorganic and organic sorbents into the diet of animals with T-2 toxicosis / N. N. Mishina, E. I. Semenov, K. Kh. Papunidi [et al.] // The Veterinarian. – 2019. No. 2. pp. 30-37.
11. Rafikova, E. R. Effect of microbiological preparation Vetom 21.77. on biochemical parameters of the blood of broiler chickens / E. R. Rafikova, G. A. Nozdrin // Veterinary Science. – 2018. No. 9. pp. 50-53.
12. Fermented hydrolysates from poultry processing waste in broiler diets / V. I. Fisinin [et al.] // Poultry farming. – 2018. No. 11. pp. 20-22.

13. Use of organic sources of chromium in feeding of laying hens / S. I. Nikolaev, N. M. Kostomakhin, I. Yu. Danilenko [et al.] // Feeding of agricultural animals and feed production. – 2021. No. 3 (188). pp. 13-21.
14. Denisenko, L. I. Use of probiotic supplements in the diets of replacement young chickens of egg-laying crosses / L. I. Denisenko // Veterinary Science of Kuban. – 2021. No. 2. pp. 32-33. DOI: 10.33861/2071-8020-2021-2-32-33.
15. Phytobiotic for the protection of poultry immunity / G. Yu. Laptev, L. A. Ilina, E. A. Iyldyrym [et al.] // Poultry farming. – 2019. No. 7-8. pp. 25-30.
16. Efficiency of using phytobiotics in poultry farming / V. S. Buyarov, V. I. Chervonova, V. V. Mednova, I. I. Ilicheva // Bulletin of Agrarian Science. – 2020. No. 3 (84). pp. 44-59.
17. Kavtarashvili, A. Sh. Efficiency of using probiotic feed additives based on spore-forming bacteria of the genus *Bacillus* in the diet of broiler chickens / A. Sh. Kavtarashvili, E. N. Novotorov, D. V. Gladin // Poultry and chicken products. – 2017. No. 2. pp. 35-38.
18. Patent No. 2774843 Method of obtaining a feed additive for raising broiler chickens: No. 2021125042: appl. 23.08.2021: publ. 23.06.2022 / A. N. Shevchenko, S. V. Svistunov; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”.

Информация об авторах

Александр Николаевич Шевченко, кандидат ветеринарных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, тел.: +79181752615, veterinary@kubsau.ru, ORCID 0000-0001-9691-6627.

Information about the authors

A. N. Shevchenko, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University”, Krasnodar, tel.: +79181752615, veterinary@kubsau.ru, ORCID 0000-0001-9691-6627.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.10.2023; одобрена после рецензирования 20.10.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 12.10.2023; approved after reviewing 20.10.2023; accepted for publication 17.12.2023.

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 189-198
Agriculturaljournal. 2023; 16 (4). P. 189-198

Зоотехния и ветеринария

Научная статья
УДК 636.5.082.474
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/018.4.16.2023

ЦИРКАДИАННЫЕ РИТМЫ В ИНКУБАЦИИ ЯИЦ МЯСНЫХ КРОССОВ КУР

Ольга Аркадьевна Шкуро, Вячеслав Иванович Щербатов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Россия, г. Краснодар, e-mail: shkuro.olga93@mail.ru

Аннотация. Селекция мясных кур на достижение скорости набора высокой живой массы бройлеров к сроку убоя неизменно приводит к изменению не только биологии птицы, но и к биологии развития яиц. Каждый новый гибрид мясных кур требует разработки оптимальных режимов инкубации яиц кросса. Для искусственной инкубации яиц на птицефабриках необходимы наличие современного оборудования, полноценных инкубационных яиц и строгое соблюдение всех технологических процессов при инкубации. Большинство физиологических процессов, протекающих в онтогенезе птицы, также как рост и развитие, контролируются циркадианными ритмами. В процессе развития эмбрион проходит ряд этапов, обусловленных качественными структурными изменениями и следующими за ними периодами роста. Периоды смены развития на периоды роста считаются критическими и наиболее чувствительны к воздействию внешних факторов. В статье рассмотрены основные принципиальные вопросы разработки дифференцированных режимов инкубации с учётом циркадианных ритмов эмбрионов кур. Целью исследований стала разработка дифференцированного режима инкубации, учитывающего биологические ритмы для повышения синхронизации и вывода молодняка мясных кур. Предметом исследований являлись циркадианные ритмы в инкубации яиц сельскохозяйственной птицы. В качестве объекта служили инкубационные яйца кур кросса Росс-308, отобранные на 3-и сутки после снесения. Исследования проводились на кафедре разведения сельскохозяйственных животных и зоотехнологий Кубанского ГАУ. При инкубации яиц единственным сигналом времени выступает температура, поэтому переключение температуры с периодичностью циркадианных ритмов кур (23,25 часа) способствовало созданию нового режима. Разработанный режим повышает вывод цыплят и выводимость яиц, синхронизирует массовый вывод цыплят при сокращении срока эмбриогенеза.

Ключевые слова: циркадианные ритмы, инкубация яиц, мясные кроссы кур, Росс-308, дифференцированные режимы

Для цитирования: Шкуро О.А., Щербатов В.И. Циркадианные ритмы в инкубации яиц мясных кроссов кур // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 189-198. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/018.4.16.2023

Animal science and veterinary medicine

Original article

CIRCADIAN RHYTHMS IN EGG INCUBATION OF MEAT CHICKEN CROSSES

Olga A. Shkuro, Viacheslav I. Shcherbatov

Federal State Budgetary Educational Institution “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”, Russia, Krasnodar, e-mail: shkuro.olga93@mail.ru

Abstract. Selective breeding of meat chickens to achieve a speed of gaining high live weight of broilers by the time of slaughter, invariably leads to a change not only in the biology of the bird, but also in the biology of egg development. Each new hybrid of meat chickens requires the development of optimal incubation regimes for crossbred chicken eggs. For artificial incubation of eggs at poultry farms, it is necessary to have modern equipment, high-grade hatching eggs and strict adherence to all technological processes during incubation. Most of the physiological processes, which occur in bird ontogenesis, as well as growth and development, are controlled by circadian rhythms. During the development process, the embryo goes through a number of stages caused by qualitative structural changes and subsequent periods of growth. The periods of change from development to periods of growth are critical and most sensitive to the influence of external factors. The article discusses the main fundamental issues of developing differentiated incubation regimes taking into account the circadian rhythms of chicken embryos. The purpose of the research was to develop a differentiated incubation regime that took into account biological rhythms to increase the synchronization and hatching of young meat chickens. The subject of the research was circadian rhythms in the incubation of poultry eggs. The object was hatching eggs of Ross-308 cross of hens, which were selected on the 3rd day after laying. The research was carried out at the Department of Livestock Breeding and Zootechnologies of Kuban State Agrarian University. When incubating eggs, the only time signal was temperature, so switching the temperature with the periodicity of the circadian rhythms of chickens (23, 25 hours) contributed to the development of a new regime. The developed regime increases the hatching of chickens and the hatchability of eggs, synchronizes the mass hatching of chickens while reducing the period of embryogenesis.

Key words: circadian rhythms, egg incubation, meat chicken crosses, Ross-308, differentiated regimes.

For citation: Shkuro O.A., Shcherbatov V.I. Circadian rhythms in egg incubation of meat chicken crosses // Agricultural Journal. 2023. No. 4 (16).P. 189-198.
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/018.4.16.2023

Введение. Создание новых кроссов привело к тому, что цыплят-бройлеров селекционируют на скорость выращивания и достижение рациональной живой массы к концу откорма, которая из года в год сокращается. Это привело к тому, что доля инкубации в период выращивания бройлеров увеличивается – в настоящее время оно занимает более 37,5%, в сравнении с 27,3% было раннего периода [10].

На эффективность выращивания цыплят-бройлеров оказывает влияние однородность кондиционного молодняка, поступившего при выводе [3,6,7].

В тоже время однородность цыплят связывают с синхронизацией вывода, то есть с синхронным началом процесса вылупления. Высокие показатели однородности цыплят способствуют повышению относительных и среднесуточных приростов, а также живой массе к моменту убоя, снижению конверсии корма и падежа в стаде.

На данный момент в современном бройлерном птицеводстве разработано большое количество режимов инкубации, не учитывающих биологических ритмов эмбрионов [1,15].

Все протекающие процессы и функции в организме регулируются «генами времени», взаимодействующими между собой для выявления ритмических моделей транскрипции, трансляции, биохимических и физиологических процессов и поведения [2].

Открытие «генов времени» учеными Дж.Холлом, М. Росбашем, М. Янгом дало возможность применять данный признак в селекции сельскохозяйственной птицы.

Все животные и птицы обладают биологическими ритмами, управляющими всеми процессами – биохимическими, физиологическими, протекающими в организме, а также поведенческими.

Циркадианные ритмы представляют собой суточные проявления физиологических процессов в организме животных и птиц, направленные на оптимизацию клеточных функций и процессов. Циркадианная система достаточно хорошо изучена у животных, но циркадианным ритмам в эмбриональном развитии птицы ранее не уделено должного внимания. Циркадная система птиц состоит из осцилляторов, располагающихся в шишковидной железе, сетчатке и СХЯ (супрахиазматическом ядре) [1].

По данным *Shcherbatova V. I. и др.* (2018), эпифиз, являясь внутренними часами организма, определяет периодичность его развития в эмбриогенезе и онтогенезе и отвечает за сроки проявления качественных и количественных признаков. Эпифиз через гормональные связи с другими отделами мозга задаёт временные рамки активности различных физиологических процессов в организме птицы. Один из таких физиологических процессов – рост и развитие эмбрионов.

Температура считается экзогенным фактором, влияющим на развитие эмбрионов птиц, которая, преобразуясь в нервный импульс, воздействует на эмбрион, достигая головного мозга, после чего направляется в гипоталамус и эпифиз в определённой последовательности [12–14].

Следует отметить, что применение дифференцированных режимов инкубации с целью повышения продуктивных качеств мясных кроссов кур возможно при условии соблюдения биологических ритмов эмбрионов.

Наблюдения выступают основой при разработке дифференцированного режима инкубации, учитывающего циркадианные ритмы. Температура при инкубации оказывает влияние на экспрессию генов, участвующих в терморегуляции птицы. Адаптация к режиму инкубации достигается только в том случае, если температурное стимулирование чётко контролируется и применяется в критические, чувствительные периоды эмбриогенеза [8,9,11,12].

Цель исследований. Разработка дифференцированного режима инкубации яиц мясных кроссов кур, способствующего повышению синхронизации и вывода цыплят.

В соответствии с этим были поставлены следующие задачи:

- изучить влияние режимов инкубации на синхронизацию и вывод цыплят;
- изучить ритмичное воздействие температуры на эмбрион сельскохозяйственной птицы по периодичности, равной циркадианным ритмам;

– разработать дифференцированный режим инкубации, учитывающий биологические ритмы эмбрионов.

Материал и методы исследований. Предметом исследований стали циркадианные ритмы в инкубации яиц сельскохозяйственной птицы. В качестве объекта служили инкубационные яйца кур кросса Росс-308, отобранные на 3-и сутки после снесения. Исследования проводились на кафедре разведения сельскохозяйственных животных и зоотехнологий Кубанского ГАУ.

Для проведения исследований было сформировано 2 группы: в контрольной группе применяли дифференцированный режим инкубации, использующийся в хозяйствах (таблица 1), опытной – яйца инкубировали при режиме, учитывающего биологические ритмы (таблица 2). В каждую группу отобрали по 150 штук яиц.

При проведении исследований учитывали усушку яиц каждые 3-и сутки. Потерю влаги за период определяли по разности массы яиц. Влияние разных режимов инкубации на рост и развитие эмбрионов определяли путём выборочного вскрытия яиц каждые 3-и сутки.

При проведении исследований производили биоконтроль, определяя выводимость, оплодотворённость яиц и вывод цыплят, а также отходы инкубации.

Таблица 1

Дифференцированный режим инкубации

День инкубации	Температура в инкубаторе
1	38,0 °C
2	
3	
4	
5	
6	
7	37,6 °C
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	37,4 °C
15	
16	
17	
18	
19	37,2 °C
20	
21	

Таблица 2

Разработанный режим инкубации яиц мясных пород кур

День инкубации	Температура, °C
1	38,5
2	38,5
3	38,5
4	38,0
5	37,5
6	37,5
7	37,5
8	37,5
9	37,5
10	37,5
11	37,4 на каждые 6 часов 38,5
12	37,4 на каждые 2 часа 38,5
13	37,4 на каждые 2 часа 38,5
14	37,4 на каждые 2 часа 38,5
15	37,4
16	37,4
17	37,4
18	37,4
19	36,5
20	36,5
21	36,5

По результатам исследования определяли основные показатели инкубации яиц. По критериям, разработанными ВНИТИП, осуществляли оценку суточных цыплят по качеству.

Результаты исследований и их обсуждение. При разработке режима инкубации яиц кур учитывались суточные ритмы эпифиза (шишковидной железы) кур. По данным В.И. Щербатова (2019), ритмы секреции эпифиза составляют 23,25 часа. В то же время температура, являясь внешним сигналом, корректирует циркадианные ритмы эмбрионов.

В основу разработанного режима инкубации положены биологические ритмы работы эпифиза у птиц. Развитие эмбриона дискретно в своей непрерывности. Каждый этап развития характеризуется периодом интенсивного роста и меняющим его этапом депрессии, после чего происходит качественный скачок в развитии. Эмбрионы наиболее чувствительны в эти периоды к внешним воздействиям. Для эмбриона птицы, во всяком случае для куриных, в первой половине инкубации самым главным и единственным фактором внешней среды является температура [1], определяющим или влияющим на развитие эмбрионов и вывод цыплят. Для ускорения эмбрионального роста и развития птиц, а также для повышения вывода цыплят необходимо ритмичное воздействие высокой температурой на эмбрионы при инкубации, являющееся для эмбриона временным сигналом, при которых он реагирует сдвигом фазы активности. Данные вывода представлены в таблице 3.

Таблица 3

Инкубационные качества яиц при разных режимах инкубации

Показатели	Опыт		Контроль	
	шт.	%	шт.	%
Заложено, шт./%	150	100	150	100
РЭС, шт./%	-	-	-	-
Неоплодотворённое яйцо, шт./%	7	5,2	10	8,0
Кровяное кольцо, шт./%	2	1,6	2	1,6
Замершие, шт./%	5	3,7	8	6,3
Задохлики, шт./%	1	0,7	2	1,6
Вывод цыплят, шт./%	129	86,0	128	85,3
Выводимость яиц, шт./%	143	95,3	140	93,3

В обеих группах отмечалось одинаковое количество кровяных колец – 1,6 % (2 шт.). Контрольная группа превосходила опытную по количеству замерших на 2,6%, или на 3 шт., задохликам – на 1,3 %. Выводимость в опытной группе составляла 95,3 %, что выше чем в контроле на 2%.

При дифференцированном режиме вывод насчитывал 85,3%, а при дифференцированном режиме инкубации согласно биологическим ритмам – 86,0% (рисунок 1).

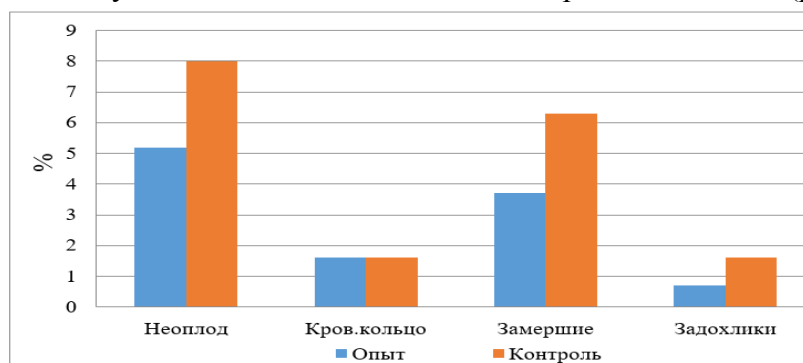


Рисунок 1. Категории инкубационного брака при разных режимах

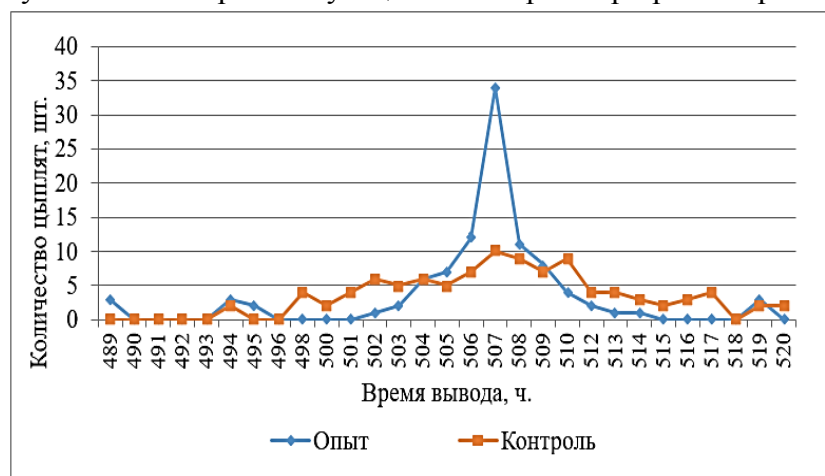


Рисунок 2. Динамика вывода цыплят

В опытной группе с 489 по 515 час вылупилось 95% всех цыплят. Пик вывода, в который вывелось 65 % цыплят, пришелся в период с 504 до 508 часа – продолжительность составила 11 часов. В контрольной группе вывод продолжался с 494 по 520 час. Пик вывода пришелся с 507 по 512 час, продолжительность составила 22 часа. В этот период вывелось 39 % цыплят.

Важным учитываемым показателем во время инкубации считается потеря влаги или усушка яиц (таблица 4).

Влажность воздуха в инкубаторе имеет большое значение для нормального развития зародыша, оказывая влияние на испарение воды из яиц и их теплоотдачу. Как избыточная, так и недостаточная влажность воздуха при инкубации приводит к нарушениям эмбрионального развития.

Таблица 4

Период инкубации, сутки	Опыт			Контроль		
	масса яиц, г	потеря влаги яиц, г	усушка яиц, %	масса яиц, г	потеря влаги яиц, г	усушка яиц, %
	63,6±0,74			64,5±0,73		
3	61,9±0,72	1,7	2,7	63,0±0,72	1,5	2,3
6	60,5±0,70	3,1	4,9	61,9±0,72	2,6	4,0
9	58,9±0,69	4,7	7,4	60,5±0,70	4,0	6,2
12	57,5±0,65	6,1	9,6	59,4±0,69	5,1	7,9
15	56,2±0,60	7,4	11,6	58,1±0,69	6,4	9,9
18	54,7±0,54	8,9	14,0	57,0±0,65	7,5	11,6

Влажность воздуха в инкубаторе зависит от ряда факторов: насыщения водяными парами, скорости движения воздуха (вентиляции) и температуры.

Уровень влажности в инкубаторе считают нормальным, если яйца в течение первых 5-6 дней ежедневно теряют 0,5-0,6 % своей массы [4]. Данный вывод подтверждают и наши исследования (рисунок 3).

В опытной группе потеря влаги колебалась от 1,3 до 1,7 г и во все возрастные периоды превосходила контрольную группу. В контроле потеря влаги варьировала в пределах 0,9–1,5 г. На 18-е сутки потеря влаги яиц в опытной группе опережала контроль на 1,4 г, или 2,4%.

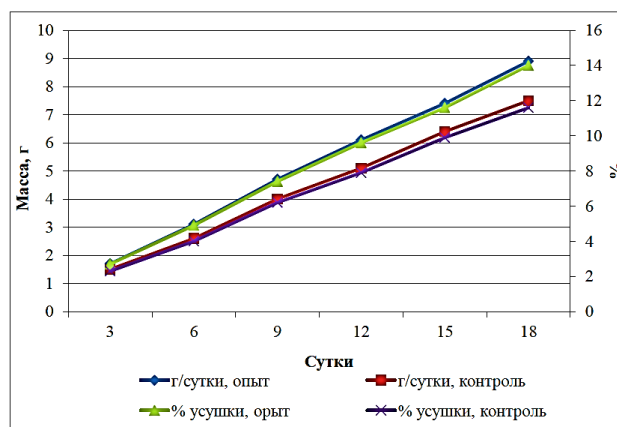


Рисунок 3. Суточная потеря влаги куриных яиц при разных режимах инкубации

К моменту вывода цыплят по мере инкубации потеря влаги возрастала в обеих группах. Увеличение потери влаги перед наклёвом свидетельствует о переходе эмбриона на лёгочное дыхание.

Заключение. Установлено, что при сравнении дифференцированного режима по биологическим ритмам с дифференцированным режимом инкубации мясных кроссов кур, применяемым в хозяйствах, получены высокие показатели вывода цыплят. Дифференцированный режим инкубации по биологическим ритмам способствует синхронизации массового вывода цыплят и повышению эмбриональной жизнеспособности эмбрионов при сокращении времени эмбриогенеза на 10 часов. Пик массового вывода цыплят составляет по продолжительности не более 4 часов.

Список источников

1. Щербатов В.И., Шкуро О.А. Биологические ритмы в инкубации яиц сельскохозяйственной птицы // Птицеводство. 2019. №1. С. 22–25. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-1-22-25.
2. Щербатов В.И., Шкуро О.А., Шкуро А.Г. Влияние режимов инкубации на качество суточного молодняка // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. №78. С. 178–182. DOI: 10.21515/1999-1703-78-178-182.
3. Shcherbatov V. I., Sidorenko L. I., Koshchaev A. G. [et al.] Chicken hatching synchronization for artificial incubation // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. Vol. 10, No. 1. P. 148-151. EDNXXLZWX.
4. Дядичкина Л. Инкубация – главное звено в цепи воспроизводства // Птицеводство. 2018. № 1. С. 21.
5. Зотов А.А., Мелехина Т.А., Салеева И.П. [и др.] Качество инкубационных яиц в зависимости от режима хранения // Птицеводство. 2018. № 11-12. С. 8–11. EDN YREQST.
6. Дедкова А. И., Сергеева Н.Н. Влияние режима инкубации и массы яиц на продуктивность цыплят-бройлеров // Вестник аграрной науки. 2022. № 5(98). С. 22–27. – DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.5.22. EDN DTVKYO.
7. Кочиш И.И., Мясникова О.В., Галкин В.А. Повышение вывода цыплят-бройлеров путем контроля «окна вывода» и корректировки срока инкубации // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2018. № 3. С. 43–47. EDN XQBWFV.
8. Шешенин Д.В. Влияние сроков хранения инкубационных яиц на выводимость и постэмбриональное развитие цыплят-бройлеров // Птица и птицепродукты. 2018. № 4. С. 57–59.
9. Баюров Л.И. Влияние температуры на вывод цыплят // Птицеводство. 2018. №10. С. 8–12. EDN YNJUXR.
10. Хорошевская Л.В., Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Рудковская А.В., Струк Е.А., Абраменко Е.Г., Панин И.А. Современные подходы к повышению качества суточного молодняка, полученного из яиц мясных кур в конце продуктивного периода и при длительном сроке их хранения // Птицеводство. 2023. № 4. С. 60–66. DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-4-60-66.
11. Хорошевская Л.В., Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Мосолов А.А., Абраменко Е.Г., Панин И.А. Влияние возраста родительского стада и длительности хранения инкубационных яиц на качество суточных бройлеров и их продуктивность в процессе откорма // Птицеводство. 2023. № 2. С. 52–57. DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-2-52-57.

12. Емануйлова Ж.В., Ефимов Д.Н., Тучемский Л.И., Егорова А.В. Критерии повышения выхода инкубационных яиц мясных кур // Птицеводство. 2018. № 3. С. 2–6. EDN XPMBZB.
13. Егорова А.В. Основные направления работы с мясными курами родительского стада бройлеров // Птицеводство. 2017. № 3. С. 16–21. EDN YLKCFR.
14. Кузьмина Т.Н., Зотов А.А. Современные системы автоматического контроля физических параметров инкубации яиц // Птица и птицепродукты. 2020. № 2. С. 19–23. DOI: 10.30975/2073-4999-2020-22-2-19-23.
15. Баталова А. В. Соблюдение инкубационных технологий - важный фактор успеха птицефабрики // Птицеводство. 2021. № 10. С. 35–40. EDN KAVQGP.

References

1. Shcherbatov V.I., Shkuro O.A. Biological rhythms in the incubation of farm poultry eggs // Poultry farming. 2019. No. 1. pp. 22-25. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-1-22-25.
2. Shcherbatov V.I., Shkuro O.A., Shkuro A.G., The influence of incubation regimes on the quality of day-old young birds // Works of the Kuban State Agrarian University. 2019. No. 78. pp. 178-182. DOI: 10.21515/1999-1703-78-178-182.
3. Shcherbatov V. I., Sidorenko L. I., Koshchaev A. G. [et al.] Chicken hatching synchronization for artificial incubation // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. Vol. 10, No. 1. P. 148-151. EDN XXLZWX.
4. Diadichkina L. Incubation is the main link in the reproduction chain // Poultry farming. 2018. No. 1. P. 21.
5. Zotov A.A., Melekhina T.A., Saleeva I.P. [et al.] The quality of hatching eggs depending on the storage conditions // Poultry farming. 2018. No. 11-12. pp. 8-11. EDN YPEQST.
6. Dedkova A.I., Sergeeva N.N. The influence of incubation mode and egg weight on the productivity of broiler chickens // Bulletin of Agrarian Science. 2022. No. 5(98). pp. 22-27. – DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.5.22. EDN DTVKYO.
7. Kochish I.I., Miasnikova O.V., Galkin V.A. Increasing the hatchability rate of broiler chickens by controlling the “hatch window” and adjusting the incubation period // Veterinary, zootechnics and biotechnology. 2018. No. 3. pp. 43-47. EDN XQBWFV.
8. Sheshenin D.V. The influence of storage time of hatching eggs on hatchability and post-embryonic development of broiler chickens // Poultry and poultry products. 2018. No. 4. pp. 57-59.
9. Baiurov L.I. The influence of temperature on the hatching of chickens // Poultry farming. 2018. No. 10. pp. 8-12. EDN YNJUXR.
10. Khoroshevskaya L.V., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Rudkovskaya A.V., Struk E.A., Abramenko E.G., Panin I.A. Modern approaches to improving the quality of day-old young birds obtained from meat chicken eggs at the end of the productive period and with a long storing // Poultry farming. 2023. No. 4. pp. 60-66. – DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-4-60-66.
11. Khoroshevskaya L.V., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Mosolov A.A., Abramenko E.G., Panin I.A. Influence of the age of the parent flock and the duration of storage of hatching eggs on the quality of day-old broilers and their productivity during the

- fattening process // Poultry farming. 2023. No. 2. pp. 52-57. – DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-2-52-57.
12. Emanuilova Zh.V., Efimov D.N., Tuchemskii L.I., Egorova A.V. Criteria for increasing the yield of hatching eggs of meat chickens // Poultry farming. 2018. No. 3. pp. 2-6. EDN XPMBZB.
 13. Egorova A.V. Main aspects of work with meat chickens of broiler parent flock // Poultry farming. 2017. No. 3. pp. 16-21. EDN YLKCFR.
 14. Kuzmina T.N., Zotov A.A. Modern systems of automatic control of physical parameters of eggs incubation // Poultry and poultry products. 2020. No. 2. pp. 19-23. DOI: 10.30975/2073-4999-2020-22-2-19-23.
 15. Batalova A.V. Incubation technologies compliance is an important factor in the success of a poultry farm // Poultry farming. 2021. No. 10. pp. 35-40. EDNKAVQGP.

Сведения об авторах

Ольга Аркадьевна Шкуро, ассистент кафедры разведения с.-х. животных и зоотехнологий, Россия, г. Краснодар, Тел: 8-938-498-39-80, e-mail: shkuro.olga93@mail.ru, ORCID <https://orcid.org/0009-0000-1578-7625>.

Вячеслав Иванович Щербатов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой разведения с.-х. животных и зоотехнологий, Россия, г. Краснодар, Тел: 8-961-500-16-78, e-mail: scherbatov023@mail.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9813-3909>.

Information about the authors

O.A. Shkuro, Assistant of the Department of Livestock Breeding and Zootechnologies, Russia, Krasnodar, Tel: 8-938-498-39-80, e-mail: shkuro.olga93@mail.ru, ORCID <https://orcid.org/0009-0000-1578-7625>

V. I. Shcherbatov, Doctor of Agricultural Science, Professor, Head of the Department of Livestock Breeding and Zootechnologies, Russia, Krasnodar, Tel: 8-961-500-16-78, e-mail: scherbatov023@mail.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9813-3909>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 13.11.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 13.11.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.

СОДЕРЖАНИЕ**АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

Айсанов Т.С., Бычкова Е. В. Эффективность применения различных доз биогумуса в технологии производства посадочного материала ягодных культур в условиях Центрального Предкавказья	4
Галушко Н. А., Соколенко Н. И., Крайнева Я. С., Батагова Е.А. Урожайность и качество зерна новых сортов мягкой озимой пшеницы селекции «Северо-Кавказский ФНАЦ»	12
Голубь А. С., Чухлебowa Н. С., Донец И.А., Исикова Л. А. Изучение коллекционных образцов донника белого однолетнего как источника исходного материала для селекции кормовых трав	23
Калашникова А. А., Симатин Т. В., Оганян Л. Р., Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г Экономическая эффективность применения предпосевной обработки семян озимой пшеницы полифункциональными препаратами	34
Котляров В. В., Котляров Д. В. Биологизированная защита зерновых колосовых культур в системе прямого посева	44
Сорокина С. Ю. Эффективность способов внесения удобрений в формировании урожая и повышении устойчивости к болезням фасоли	54

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Авраменко М.В., Чекрышева В. В. Анализ показателей крови коров при послеродовом гнойно-катаральном эндометрите	64
Айбазов А.-М. М. Усовершенствование технологии множественной овуляции с целью получения датированных эмбрионов у овец	76
Гаджиев З. К., Погодаев В. А., Суржикова Е. С., Евлагина Д. Д. Полиморфизм гена КАР 1.3 у овец разных пород	86
Евлагина Д. Д., Гаджиев З. К., Погодаев В. А., Суржикова Е. С., Онищенко О. Н., Кононова Л.В. Полиморфизм гена гормона роста (<i>LEU127VAL</i>) у крупного рогатого скота молочного и мясного направления продуктивности (обзор)	96
Евлагина Е. Г., Евлагин В. Г., Лейнвебер Е. Ф., Костадинов М. Г. Влияние аэроионизации на продуктивность тутового шелкопряда	108
Ковалева Г. П., Лапина М. Н., Сулыга Н. В., Витол В. А. Результаты оценки мясной продуктивности животных казахской белоголовой породы	118
Комаров В. Ю., Иванова А. О. Анализ действия приманок с разным содержанием действующего вещества бромидиолон в отношении домашних мышей	130
Косилов В. И., Жаймышева С. С., Герасимова Т. Г., Бакаева Л. Н. Гистологическое строение кожи бычков симментальской породы и помесей с красным степным и чёрно-пестрым скотом	143
Криворучко А. Ю., Сафарян Е. Ю., Каниболоцкая А. А., Степаненко В. А. Гены-кандидаты, связанные с шириной груди у овец породы российский мясной меринос	153
Шевхужев А. Ф., Каниболоцкая А. А., Скорых Л. Н., Кононова Л. В., Вольный Д. Н. Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в генах <i>LEP</i> , <i>SCD</i> , <i>FABP4</i> с живой массой у мясного скота калмыцкой породы	165
Шевченко А. Н. Изучение токсичности кормовой добавки АА-50 на лабораторных животных	179
Шкуро О. А., Щербатов В. И. Циркадианные ритмы в инкубации яиц мясных кроссов кур	189

CONTENT

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER INDUSTRY

Aisanov Timur S., Bychkova Elizaveta V. Effectiveness of using various doses of vermicompost in the production technology of planting material of berry crops in the conditions of the central ciscaucasia	4
Galushko Natalia A., Sokolenko Nina I., Kraineva Yana S., Batagova Elena A. Grain yield and quality of new soft winter wheat varieties of the selective breeding of “north caucasus federal agricultural research centre”	12
Golub Anna S., Chukhlebova Nina S., Donets Inna A., Isikova Lolita A. Study of collection samples of annual white sweet clover as a source of parent material for breeding forage grasses	23
Kalashnikova Anastasia A., Simatin Tikhon V., Oganian Lusine R., Eroshenko Fedor V., Storchak Irina G. Economical effectiveness of the pre-sowing seed treatment of winter wheat with polyfunctional agents	34
Kotliarov Vladimir V., Kotliarov Denis V. Biologized protection of spiked cereals in the system of direct sowing	44
Sorokina Svetlana Yu. Effectiveness of fertilizer application methods in yield formation and improving disease resistance of common bean	54

ZOOTECHNY AND VETERINARY SCIENCE

Avramenko Mariia V., Chekrysheva Viktoriia V. Analysis of blood parameters of cows with postpartum purulent-catarrhal endometritis	64
Aibazov Ali-Magomet M. Improvement of multiple ovulation technology for the purpose of obtaining dated embryos in sheep	76
Gadzhiev Zakir K., Pogodaev Vladimir A., Surzhikova Evgeniia S., Evlagina Daria D. Polymorphism of the kap 1.3 gene in sheep of different breeds	86
Evlagina Daria D., Gadzhiev Zakir K., Pogodaev Vladimir A., Surzhikova Evgeniia S., Onishchenko Olga N., Kononova Lidiia V. Growth hormone gene polymorphism (<i>leu127val</i>) in dairy and beef cattle (review)	96
Evlagina Elena G., Evlagin Viktor G., Leinveber Evdokiia F., Kostadinov Maksim G. Effect of aeroionization on the productivity of the silkworm	108
Kovaleva Galina P., Lapina Marina N., Sulyga Natalia V., Vitol Vladimir A. Results of beef productivity assessment of the kazakh whiteheaded animals	118
Komarov Vladimir Yu., Ivanova Anna O. Analysis of the effect of baits with different content of bromadiolone as an active substance in relation to House mice	130
Kosilov Vladimir I., Zhaimysheva Saule S., Gerasimova Tatiana G., Bakaeva Larisa N. Histological structure of the skin of simmental bull calves and crossbreeds with red steppe and black pied cattle	143
Krivoruchko Aleksandr Y., Safarian Elena Y., Kanibolotskaia Anastasiia A., Stepanenko Valeriia A. Candidate genes associated with chest width in the russian meat merino sheep	153
Shevkhuzhev Anatoly F., Kanibolotskaia Anastasia A., Skorykh Larisa N., Kononova Lidiia V., Volnyi Dmitriy N. Association of single nucleotide polymorphism in <i>lep</i> , <i>scd</i> , <i>fabp4</i> genes with live weight in beef cattle of the kalmyk breed	165
Shevchenko Aleksandr N. Study of the toxicity of aa-50 feed additive on laboratory animals	179
Shkuro Olga A., Shcherbatov Viacheslav I. Circadian rhythms in egg incubation of meat chicken crosses	189

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
№4(16), 2023**

ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

Теоретический
и научно-практический журнал

Заказ № . Подп. к печ. 19.12.2023 г. Дата выхода в свет 25.12.2023 г.
Формат 60x84-1/8 Тираж 300 экз. Объем 12,6 печ. л.

Цех оперативной полиграфии «Северо-Кавказский ФНАЦ»,
г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 15

